



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MESSINA

DIPARTIMENTO DI SCIENZE COGNITIVE, PSICOLOGICHE, PEDAGOGICHE E DEGLI STUDI CULTURALI

**DOTTORATO DI RICERCA IN FILOSOFIA**

XXXII CICLO

2016-2019

---

## **IL RAZIONALISMO «INDUTTIVO» DI GASTON BACHELARD**

---

Tesi di Dottorato di

**Maria Rita Abramo**

Tutor

Prof.ssa **Giuliana Gregorio**

Coordinatori

Ch.mo Prof. **Giuseppe Gembillo**

Prof.ssa **Annamaria Anselmo**

## INDICE

<b>NOTA INTRODUTTIVA</b>	... 1
<b>CAPITOLO PRIMO</b>	
<i>Disarmonie e affinità (storico-teoretiche) alla radice del Valore induttivo della relatività</i>	... 4
1.1 <i>Contro Meyerson ovvero spunti per una polemica (per alcuni) concordataria</i>	... 6
1.2 <i>Con Brunschvicg sul valore critico del relativismo einsteiniano</i>	...18
1.3 <i>In controluce, Rey e il realismo delle relazioni</i>	... 27
<b>CAPITOLO SECONDO</b>	
<i>L'induzione da tecnica a metodo</i>	... 45
2.1 <i>Alla voce «induzione matematica» leggere di rêverie</i>	... 45
2.2 <i>Bachelard e il valore «transazionale» dell'induzione</i>	... 69
<hr/>	
<b>APPENDICE</b> <i>La valeur inductive de la Relativité</i>	... 89
<b>INTRODUZIONE</b>	
<i>La Relatività, una rivoluzione di pensiero</i>	... 89
<hr/>	
<b>LE RECENSIONI</b>	...142
<i>Gaston Rabeau</i> , "Revue des Sciences Philosophiques et Théologiques", 18, n. 3, 1929, pp.476-478	
<i>A.B.C.</i> , "Revue Scientifique", 11/1929, 67° année, 8 juin 1929, p.352	
<i>Anonym/e</i> , "Revue de Métaphysique et de Morale", 37° année, Supplément n.4, octobre-décembre 1930, pp.6-7	
<i>Hélène Metzger</i> , "Archeion", vol.12, n.2/1930, pp.218-220	
<i>Albert Spaier</i> , "Recherches Philosophiques", 1, 1931-1932, Boivin & C <sup>ie</sup> , Paris, pp.368-376	
<hr/>	
<b>TRADUZIONE</b>	...149
<i>Gaston Bachelard</i> , <i>Il valore induttivo della Relatività</i>	
<hr/>	
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	...265
<hr/>	

Come procede il pensiero quando fa scienza? Che cosa s'intende per *verità scientifica*? È forse una mera costruzione del pensiero cui sfugge l'*in sé* del reale nella sua complessità? Oppure non c'è da interrogarsi su alcun *in sé*? In che termini parlare di *oggettività* scientifica in un'epoca in cui il virtuale ha preso la realtà del reale e il reale, in tante sue forme, non è che un reale razio-realizzato? In un mondo in cui il pensiero brucia le tappe verso la concretizzazione dell'astratto, come va posto il problema del *metodo* della conoscenza?

Questi interrogativi, alla base della riflessione di Gaston Bachelard, non sono certo una novità per la storia del pensiero. Perché allora rievocarli qui e con quali finalità e aspettative? Ma soprattutto, perché proporsi di sostare sui *contorni originari* (è l'intenzione di questo lavoro!) del pensiero di un epistemologo del Novecento, sulla cui produzione tanto finora si è scritto?

Consacrare a Bachelard un ulteriore lavoro potrebbe sembrare oggi un compito al tempo stesso inutile e ridondante [...]. In verità, il complesso della produzione (e in particolare la sua filosofia della scienza) è ben lontana dall'aver esaurito tutte le sue risorse: leggere Bachelard, studio difficile, preciso e rigoroso, esige molte *riletture*<sup>2</sup>.

Molti gli studi fin qui condotti su un pensatore il cui tratto *singolare* si deve anche alla sua volontà di confrontarsi con tutte le tappe della *rivoluzione scientifica* del Novecento (dalla relatività einsteiniana alla meccanica quantistica nelle versioni heisenberghiana e ondulatoria), dedicando, a ciascuna di esse, opere distinte della sua produzione epistemologica<sup>3</sup>. Contributi che hanno fatto emergere la specificità dell'interpretazione di Bachelard rispetto ai più autorevoli studiosi delle rivoluzioni scientifiche suoi contemporanei.

Nel 2014, in Francia, viene ristampato, per la prima volta dal 1929, lo scritto di Bachelard dedicato alla relatività di Einstein: *La valeur inductive de la relativité*, con una prefazione a cura di Daniel Parrochia.

Per una felice iniziativa delle edizioni Vrin, *La valeur inductive de la relativité* [...] riappare oggi. Questa coraggiosa riedizione trasgredisce molti divieti: né Gaston Bachelard in persona, né sua figlia Suzanne, e nemmeno Georges Canguilhem desideravano che il libro fosse ripubblicato.

[...] Sulla copia in possesso dell'editore, mentre Étienne Gilson aveva segnato di suo pugno: «non lasciare che si esaurisca», Canguilhem aveva scritto: «lasciar perdere»<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> G. Bachelard, *Étude sur l'évolution d'un problème de physique: la propagation thermique dans les solides*, Vrin, Paris 1973<sup>2</sup>, p.157.

<sup>2</sup> C. Alunni, *Spectres de Bachelard. Gaston Bachelard et l'École surrationaliste*, Hermann, Paris 2018, pp.5-6 [la tr. è ns.].

<sup>3</sup> In particolare: *La valeur inductive de la Relativité* (Vrin, Paris 1929; 2014), *L'esperienza dello spazio nella fisica contemporanea* (Alcan, Paris 1937; tr.it. a cura di M.R.Abramo, Armando Siciliano Ed., Messina 2002), *L'attività razionalista della fisica contemporanea* (Puf, Paris 1951; 1965<sup>2</sup>; tr. di C.Maggioni, a cura di F.Bonicalzi, Jaca Book, Milano 1987).

<sup>4</sup> D. Parrochia, *Préface*, in G. Bachelard, *La valeur inductive de la relativité*, Vrin, Paris 2014, pp.7-60; 7-8; 8 n.1. Inoltre, Gerardo Ienna, nella sua *Presentazione* introduttiva a *Metafisica della matematica*, precisa quanto segue: "Questo breve testo fa parte di quell'alveo di contributi bachelardiani (così come *La valeur inductive de la relativité*) di cui l'autore ha impedito, durante tutta la sua vita, la ristampa sia su riviste sia all'interno di raccolte. Inoltre, dopo aver lasciato precise indicazioni alla sua erede naturale Suzanne Bachelard e al suo erede filosofico Georges Canguilhem, la stessa interdizione editoriale si è riprodotta anche dopo la sua morte. Una cospicua parte di inediti dell'autore è tra l'altro ancora sconosciuta alla comunità scientifica a causa di questioni ereditarie, ancora in corso, che impediscono la costituzione di un fondo dedicato a Bachelard all'interno delle istituzioni culturali e universitarie francesi" (G. Ienna, *Gaston Bachelard, ancora e ancora*, in G. Bachelard, *Metafisica della matematica*, a cura di C. Alunni - G. Ienna, Lit ed. Srl - Castelvechi, Roma 2016, pp.19-39; 5 [il grass. è ns.].

Già nel 1999, Charles Alunni avvertiva:

*La Valeur inductive de la relativité* è senza dubbio il testo meno conosciuto di tutta l'opera di Gaston Bachelard. Di fronte al silenzio quasi totale, all'assenza di letture, non si trovano che delle interpretazioni di «primo genere», basate su alcuni «sentiti dire» discorsivi, che assumono l'autorità di pseudostandard<sup>5</sup>.

E nel 2005, Frédéric Fruteau de Laelos, scriveva:

La *valeur inductive de la relativité* è un libro [...] raramente studiato [...], un libro essenziale, non solo per comprendere le condizioni della ricezione francese della teoria della relatività, ma anche per cogliere il senso dell'evoluzione intellettuale del giovane epistemologo Bachelard<sup>6</sup>.

La ristampa del volume, in un contesto francese dov'era in atto una specie di *renaissance* di studi su Meyerson e una conseguente ripresa del confronto con Bachelard, non ha mancato di suscitare reazioni tra gli studiosi, anche tra gli specialisti del pensiero bachelardiano. Come ribadisce lo stesso Alunni, nel saggio dal titolo *La Valeur inductive de la relativité contre la Phénoménotecnique. L'étrange dispositif de Daniel Parrocchia* (2017),

la riedizione di un testo centrale dell'opera bachelardiana, 85 anni dopo la sua pubblicazione, è cosa sufficientemente rilevante per attirare tutta la nostra attenzione. Affronteremo qui in particolare un'analisi dettagliata della Prefazione del suo curatore, Daniel Parrocchia<sup>7</sup>.

In effetti, la prefazione di Parrocchia basterebbe da sola a riaprire il discorso sull'interpretazione che Bachelard fa del metodo dello *spirito scientifico* nella costruzione relativistica.

La questione del metodo resta di primario interesse. Sta alla base delle considerazioni che in questo studio tenteremo di svolgere seguendo essenzialmente due nodi concettuali: il primo riguarda la questione del 'peso' che andrebbe riconosciuto allo scritto del '29, all'interno della produzione di Bachelard, e alle ragioni (variamente interpretate), per le quali Bachelard espresse il desiderio che si rinunciassero alla ristampa. Inevitabile il riferimento a Meyerson (al suo realismo deduttivista) e ai co-direttori delle tesi di dottorato di Bachelard, cioè a Brunschvicg (al suo idealismo critico) e Rey (al suo realismo delle relazioni)<sup>8</sup>. Il secondo nodo tocca il significato e il ruolo del concetto di *induzione*, la sua dimensione, per così dire, *creativa* in quanto induzione 'razional-matematica', che realizza costrutti scientifici, e la sua dimensione *generativa* come induzione '*elettromagnetica*' ravvisabile in modo elettivo nell'ontopoietica germinativa delle immagini di *rêverie*. Un percorso che potrebbe condurre a riconoscere nell'induzione, di cui parla Bachelard fin dai suoi primi scritti, aspetti aurorali del più maturo concetto di *fenomenotecnica*.

In Appendice, la versione integrale de *La valeur inductive de la relativité*, finora mai pubblicata in

---

<sup>5</sup> C. Alunni, *Relativités et puissances spectrales chez Gaston Bachelard*, in "Revue de Synthèse", 4<sup>e</sup>S. n.1, janv.-mars 1999, pp.73-110. Questo contributo è stato ulteriormente rielaborato dall'autore nel saggio che ne ha conservato il titolo originario e che è incluso in C. Alunni, *Spectres de Bachelard. Gaston Bachelard et l'École surrationaliste*, cit., pp.12-70.

<sup>6</sup> F. Fruteau de Laelos, *Bachelard et la valeur réaliste de la Relativité*, "Bulletin de l'Association des Amis de Gaston Bachelard", n.7/2005, pp.47-67; 47 [la tr. è ns.].

<sup>7</sup> C. Alunni, *La Valeur inductive de la relativité contre la Phénoménotecnique. L'étrange dispositif de Daniel Parrocchia*, in P. Donatiello - F. Galofaro - G. Ienna (a cura di), *Il senso della tecnica. Saggi su Bachelard*, Società Editrice Esculapio, Bologna 2017, pp.59-76; 60 [la tr. è ns.]. Questo contributo è incluso anche in C. Alunni, *Spectres de Bachelard. Gaston Bachelard et l'École surrationaliste*, cit., pp.71-89.

<sup>8</sup> Bachelard, com'è noto, consegue il dottorato nel 1927 con una tesi diretta dal filosofo Léon Brunschvicg: *Essai sur la connaissance approchée*, dedicata ad Abel Rey (Direttore dell'Istituto di Storia delle scienze) e pubblicata nel '28 (da Vrin, Paris; tr.di E. Castelli Gattinara, Mimesis, Milano-Udine 2016) insieme alla dissertazione complementare: *Étude sur l'évolution d'un problème de physique: la propagation thermique dans les solides* (dedicata a Léon Brunschvicg).

edizione italiana completa<sup>9</sup>, corredata da una nota introduttiva e dalle cinque recensioni (due anonime) che tra il 1929 e il 1932 accolsero l'uscita dell'opera.

---

Il presente lavoro costituisce un'ulteriore tappa di riflessione all'interno di un percorso di studi maturato negli anni a partire dalla tesi di laurea. Intendo qui ringraziare, per le occasioni di confronto e di sostegno, il gruppo di ricerca del Centro studi di Filosofia della Complessità «Edgar Morin», il neo-coordinatore del Corso di Dottorato, prof.ssa Annamaria Anselmo, il mio tutor prof.ssa Giuliana Gregorio per il suo aiuto e i preziosi consigli, i miei amici e colleghi Lucia Oliveri e Matteo Bozzon, Francesco Crapanzano, Luigi Tonoli, Lucia Triolo.

Un grazie speciale al prof. Giuseppe Gembillo per la fiducia con cui ha accolto e favorito questo progetto, per il suo insostituibile *ottimismo razionale* con cui ha pazientemente esorcizzato timori, esitazioni e scoraggiamenti in corso d'opera. A mia madre, infine, un pensiero di affettuosa riconoscenza.

Da attribuire a me soltanto la responsabilità di oscurità e inesattezze eventualmente presenti nel testo.

---

<sup>9</sup> De *La valeur inductive de la relativité* sono state, fin qui, pubblicate pagine scelte tradotte in italiano a cura di: Giuseppe Sertoli, *La ragione scientifica*, Bertani, Verona 1974, pp.241-244; Franco Lo Piparo in D.Lecourt, *Epistemologia*, tr. di F.Lo Piparo, Laterza, Roma-Bari 1975, pp.29-34; Gaspere Polizzi, *Einstein e i filosofi*, Medusa, Milano 2009, pp.41-64.

In Italia, già pubblicate le traduzioni di scritti di filosofi con cui il Bachelard de *Il valore induttivo della relatività* direttamente o indirettamente si confronta: nel 1998, a cura di Carlo Vinti, la prima traduzione italiana completa de *La deduzione relativistica* di Meyerson per gli Istituti Editoriali e Poligrafici Internazionali, Pisa-Roma; nel 1997, a cura di Paolo Taroni, la prima traduzione italiana di *Durata e simultaneità (a proposito della teoria di Einstein)* di Bergson per Pitagora Editrice Bologna, riedita, nel 2004, con traduzione di Fabio Polidori, per i tipi di Raffaello Cortina, Milano. Ancora prima, nel 1977, per l'editore Feltrinelli, Milano, la prima traduzione italiana di H. Reichenbach, *Filosofia dello spazio e del tempo* a cura di Adriano Carugo, con prefazione di Ludovico Geymonat. Al 2015 risale la prima edizione ebook de *La teoria della relatività di Einstein* di Ernst Cassirer a cura di Nicola Zippel, con prefazione di Giulio Giorello per Lit Edizioni Srl – Castelvechi, Roma (il testo, in versione cartacea, era stato già pubblicato in traduzione italiana nel 1973 a cura di Gian Antonio De Toni presso La Nuova Italia, Firenze). Nel 2008 pubblicato in ed.italiana il contributo di Henri Bouasse, *La questione preliminare contro la teoria di Einstein [1923]*, in S. Linguerrì – R. Simili (a cura di), *Einstein parla italiano. Itinerari e polemiche*, Pendragon, Bologna 2008, pp.267-278; ad esso Bachelard polemicamente si riferisce a più riprese nelle pagine de *La valeur inductive de la relativité*. Nel 2016 per la collana *Epistemologia* delle edizioni Mimesis, Milano-Udine, è uscita la prima traduzione italiana completa dell'*Essai sur la connaissance approchée* di Gaston Bachelard (Vrin, Paris, 1928; 1981) a cura di Enrico Castelli Gattinara. A distanza di 67 anni dalla prima traduzione del 1951 e di 40 anni dalla seconda del 1978, nel luglio 2018 esce *Il nuovo spirito scientifico* con traduzione rivista e aggiornata da Aurosa Alison.

Sempre nel 2016, viene pubblicata a cura di Charles Alunni e Gerardo Ienna, con la collaborazione del Laboratorio disciplinare *Pensée des sciences* (ENS, Paris-Università del Salento), per le edizioni Lit Srl Castelvechi di Roma, la traduzione italiana della trascrizione di un intervento, dall'originario titolo di *Fisica e microfisica*, che Bachelard tiene nel 1932 in Olanda, in occasione di un convegno organizzato dalla *Societas Spinoziana* per la ricorrenza del terzo centenario della nascita di Spinoza. La versione italiana, che modifica (motivandone la scelta) il titolo originario della comunicazione in *Metafisica della matematica*, è corredata da una *Presentazione* a cura di Gerardo Ienna e da una introduzione di Charles Alunni (G. Bachelard, *Metafisica della matematica*, cit.).

**Disarmonie e affinità (storico-teoretiche) alla radice del Valore induttivo della relatività**

Nella *Prefazione* alla ristampa de *La valeur inductive de la relativité*, Daniel Parrochia, riferendosi all'«interdizione editoriale»<sup>11</sup> del testo in questione, scrive:

Perché tale opposizione? Tra le ragioni che si possono invocare – al di là del fatto (sul quale ritorneremo) che la filosofia di Bachelard è cambiata – figurano ancora gli ostacoli che il lettore dovrà superare per penetrare veramente nel cuore dell'opera e coglierne la straordinaria novità<sup>12</sup>.

Alunni ribatte:

[Parrochia] confessa di non sapere veramente quali furono le ragioni profonde e iniziali che potrebbero essere invocate per giustificare questa opposizione, se non perché [...] «la filosofia di Bachelard è cambiata». [C]onverrà vedere *dove, quando e come* tale cambiamento supposto all'origine del presunto veto; [...] mettere in questione ciò che per il commentatore giustifica, *malgrado tutto*, tale riedizione; così come [...] le affermazioni molto problematiche (per non dire le incoerenze filosofiche) dell'argomentazione presentata<sup>13</sup>.

Gli spunti di riflessione suggeriti anche da questa *disputa* ci hanno condotto a considerare alcune ipotesi interpretative sulla genesi dello scritto bachelardiano del '29 avanzate prima della ristampa del 2014. Che *La valeur inductive de la relativité* sia stata scritta “contro Meyerson” è cosa “su cui concordano la maggior parte dei commentatori”<sup>14</sup>:

[...] il titolo e il contenuto stesso di questo lavoro - estremamente polemico - si contrappongono punto per punto a quelli di un libro pubblicato quattro anni prima da Émile Meyerson<sup>15</sup>.

C'è, però, chi ha sostenuto che dietro la critica a Meyerson ci sarebbe la risposta netta di Bachelard ai rilievi teoretici sollevati da Léon Brunschvicg e a lui indirizzati in una recensione all'*Essai sur la connaissance approchée*, che com'è noto, è la tesi (principale) di dottorato di Bachelard, diretta dallo stesso Brunschvicg, dedicata ad Abel Rey e pubblicata nel 1928.

Scrive Fruteau de Laclos:

Per comprendere appieno le posizioni difese nel 1929 da Bachelard sulla relatività è necessario fare riferimento da un lato alle forze filosofiche presenti in campo francese, dall'altro alle tesi avanzate

<sup>10</sup> R. Guitart, *Le chiasme du vrai et du sens, à la lettre*, in <http://rene.guitart.pagesperso-orange.fr/textespreprints/rgcvsl03.pdf>, p.10.

<sup>11</sup> Peraltro confermata anche da Charles Alunni: “Si sa dall'editore che Suzanne, la figlia di Gaston Bachelard, metteva un veto alla riedizione di questo testo (così come a molti altri ad esso posteriori) col pretesto che suo padre in persona l'avrebbe sconfessato” (C. Alunni, *La Valeur inductive de la relativité contre la Phénoménotecnique. L'étrange dispositif de Daniel Parrochia*, cit., p.60).

<sup>12</sup> D. Parrochia, *Préface*, cit., p.8.

<sup>13</sup> C. Alunni, *La Valeur inductive de la relativité contre la Phénoménotecnique. L'étrange dispositif de Daniel Parrochia*, cit., p.61.

<sup>14</sup> G. Chazal, *Bachelard et la relativité*, “Cahiers Gaston Bachelard”, 12 (2012), *Sciences, imaginaire, représentation: le bachelardisme aujourd'hui*, Dijon, Université de Bourgogne, pp. 37-48; 39 [la tr. è ns.]. Come scrive Carlo Vinti: “È del '25 la pubblicazione della *Déduction* mentre con *La valeur inductive de la relativité* di Bachelard, pubblicata nel '29 come puntuale e critica risposta alle tesi sostenute da Meyerson, si chiude (ma come vedremo non definitivamente) un decennio di discussioni ricche di contributi interessanti anche se, in alcuni casi, discutibili [...]. Al culmine delle discussioni in Francia sul relativismo, nel '25, esce l'opera di Meyerson. Quattro anni più tardi, nel '29, Bachelard pubblica *La valeur inductive de la relativité* opera che, come già annunciato nel titolo, vuole essere una puntuale risposta a Meyerson, un vero e proprio rovesciamento delle sue tesi sulla relatività e più in generale, una critica severa alla idea della ragione identificatrice”(C.Vinti, *Introduzione: Meyerson e la relatività nell'epistemologia francese degli anni '20*, in É. Meyerson, *La deduzione relativistica* [1925], Gabay, Paris 1992 [rist.]; tr. di C. Vinti, Istituti Editoriali e Poligrafici Internazionali, Pisa-Roma 1998, pp. pp.3-78; 10; 39).

<sup>15</sup> D. Parrochia, *La lecture bachelardienne de la théorie de la relativité (Bachelard et Meyerson)*, in J.-J. Wunenburger (a cura di), *Bachelard et l'épistémologie française*, Puf, Paris 2003, pp.153-182; 153.

nell'*Essai* del 1927 dove si è espressa la prima filosofia di Bachelard, che lui stesso ha chiamato "approssimazionalismo"<sup>16</sup>.

A sua volta, Gérard Chazal,

Brunschvicg aveva manifestato alcune riserve sulle posizioni del suo allievo nel *compte rendu* che aveva fatto de *La connaissance approchée*, cercando di trainare il pensiero bachelardiano dal realismo verso l'idealismo<sup>17</sup>.

E ancora Fruteau de Laclos:

Nell'*Essai* [*Essai sur la connaissance approchée*], ci sono pochissime occorrenze sulle teorie di Einstein e il «problema della propagazione termica nei solidi» si riferisce a un periodo della storia della scienza molto anteriore alle rivoluzioni scientifiche del XX secolo. Più in generale, le tendenze epistemologiche di Bachelard, come appaiono nell'*Essai*, tentano di conciliare le prospettive realistiche di Meyerson con le posizioni idealistiche di Brunschvicg, dando spazio nelle scienze alla pretesa bergsoniana di tener conto della qualità.

Che l'*Essai* abbia potuto dar prova di tendenze meyersoniane nel 1927, questo ha di che stupire il lettore di Bachelard, abituato a veder uscire dalla sua penna frequenti e risoluti attacchi contro l'autore di *La déduction relativiste*. **Ma il fatto è che nel 1927, giustamente, Bachelard non ha ancora scelto il suo campo, come nota Léon Brunschvicg, in una recensione della tesi principale data alla *Revue philosophique de la France et de l'Étranger*. Il direttore della ricerca di Bachelard [Brunschvicg] deplora apertamente l'ambiguità dei principi concettuali del giovane pensatore. A volte Bachelard tende all'idealismo, a volte cerca di fare ancora spazio al realismo. La sua propria posizione si trova all'intersezione di queste due linee di pensiero?** Non si deve piuttosto sperare che, nella trattazione di questi problemi sui quali Bachelard getta nuova luce, vi sia ancora come una frangia di indecisione, come una sfocatura nella percezione, che il prosieguo necessariamente correggerà? Per Brunschvicg, se Bachelard fosse coerente, dovrebbe privilegiare l'ispirazione idealistica che sottende i suoi sviluppi più giusti. Insistiamo su questo punto, perché la successiva lettura di Bachelard sulla teoria della relatività dipenderà essenzialmente dal suo convergere su Brunschvicg e dalla sua critica correlativa di Meyerson<sup>18</sup>.

Dunque,

l'interpretazione bachelardiana della relatività è stata [...] presentata, ancora tutta permeata dell'idealismo critico di Brunschvicg, come una sorta di concessione al maestro in seguito al *compte rendu* fatto da Brunschvicg dell'*Essai sur la connaissance approchée* **percepito [da Bachelard] come una vera e propria ingiunzione**<sup>19</sup>.

Dietro la manifesta presa di posizione da parte Bachelard contro Meyerson ne *La valeur inductive de la relativité* ci sarebbe, quindi, l'"injonction brunschvicgienne"<sup>20</sup> e il conseguente "allineamento" di Bachelard ovvero la sua intenzione di convergere sulle posizioni brunschvicgiane di *idealismo critico*. Così egli avrebbe tolto di mezzo ogni possibilità di equivoco di realismo, posizione che, nell'*Essai*, era sembrato a tratti caldeggiare. Secondo questa stessa ipotesi, Bachelard, dopo il '29 avrebbe però, avuto "difficoltà a mantenere un idealismo relativistico conforme alle esigenze di Brunschvicg"<sup>21</sup> e ciò

<sup>16</sup> F. Fruteau de Laclos, *Bachelard et la valeur réaliste de la Relativité*, cit., p.47.

<sup>17</sup> G. Chazal, *Bachelard et la relativité*, cit., p.39.

<sup>18</sup> F. Fruteau de Laclos, *Bachelard et la valeur réaliste de la Relativité*, cit., pp.52-53 [*il grass. è ns.*]. Si fa riferimento a L. Brunschvicg, *Revue Critiques – Compte Rendu de Gaston Bachelard, Essai sur la connaissance approchée*, "Revue Philosophique de la France et de l'Étranger", janvier-juin 1929, année 54, t.107, pp.95-101.

F. Fruteau de Laclos parla esplicitamente di «*La valeur inductive de la relativité ou le ralliement de Bachelard à l'idéalisme critique*» in F.Fruteau de Laclos, *Bachelard et la valeur réaliste de la Relativité*, cit., p.59 sgg.

<sup>19</sup> G. Chazal, *Bachelard et la relativité*, cit., p.46 [*il grass. è ns.*]. Chazal precisa: "È la tesi sviluppata, ad esempio, da Frédéric Fruteau de Laclos che, per questo, vede delle ambiguità nel pensiero del giovane Bachelard". E aggiunge: "Altri [...] percepiscono nell'opera di Bachelard una sorta di movimento filosofico che va da un idealismo vicino a quello di Brunschvicg verso dei materialismi locali. Infine, Pascal Nouvel vede nella filosofia di Bachelard, tra i testi sulla relatività e i due lavori del 1938, *La formation de l'esprit scientifique* e *La psychanalyse du feu*, un «riorientamento completo dell'attenzione filosofica», rilevando che «il progetto di una filosofia della matematica delineato nel 1932 nel *Pluralisme cohérent de la chimie moderne* non vedrà mai la luce» (*ibidem*).

<sup>20</sup> F. Fruteau de Laclos, *Bachelard et la valeur réaliste de la Relativité*, cit., p.55.

<sup>21</sup> Ivi, p.67.

potrebbe spiegare la sua silente ma tenace presa di distanza (ammesso che davvero vi sia stata!) da *La valeur inductive de la relativité*.

A fronte di questa ricostruzione, c'è poi chi sostiene che a voler far rientrare l'epistemologia bachelardiana in una cornice preconstituita, divisa tra realismo *à la Meyerson* e idealismo critico *à la Brunschvicg*, si rischia di lasciarsi sfuggire il *proprio* di Bachelard o, più precisamente, la "novità" della sua posizione ermeneutica sul metodo della scienza, in particolare sulla relatività einsteiniana, per cogliere la quale andrebbe, invece, rivolta tutta l'attenzione all'uso che egli fa del concetto di *induzione*.

A questo punto c'è da chiedersi se il realismo che Bachelard evoca nell'*Essai* sia riconducibile proprio alla posizione sostenuta da Meyerson o che sia un realismo di ben altra natura. Quanto poi all'"idealismo" rintracciabile ne *La valeur inductive* – se di idealismo (e di quale idealismo?) si può parlare – c'è da vedere se sia ricalcato su quello di Brunschvicg, riconducibile del tutto alla sua prospettiva, oppure se sia tutta un'altra cosa. Infine, occorre riflettere sulla opportunità che in tutto ciò sia anche tenuto in debito conto il "realismo delle relazioni" di Abel Rey cui peraltro l'*Essai* di Bachelard è dedicato.

Partiamo, dunque, da Meyerson seguendo un filo argomentativo che ci fa ripercorrere l'incontro storico con Einstein alla *Société Française de Philosophie* nel '22, quindi l'elogio di Einstein a Meyerson e la critica a Brunschvicg.

### 1.1 *Contro Meyerson ovvero spunti di una polemica (per alcuni) concordataria*<sup>22</sup>

È un lavoro di Maria Adalgisa Denti, pubblicato nel 1940, *Scienza e filosofia in Meyerson*<sup>23</sup>, "la prima esposizione che sia stata fatta in Italia dell'epistemologia bachelardiana"<sup>24</sup>. Uno scritto, dunque, dedicato a Meyerson, in cui l'autrice, al fine di definire "con maggior chiarezza"<sup>25</sup> la posizione di Meyerson, in un paragrafo intitolato *Le nuove tendenze della fisica e l'epistemologia «non-cartesiana»*, tracciava un profilo del pensiero di Bachelard realizzando di fatto un confronto tra le due prospettive epistemologiche<sup>26</sup>.

---

<sup>22</sup> Il termine "concordataria" lo assumiamo da Georges Canguilhem (G. Canguilhem, *Sur une épistémologie concordataire*, in AA.VV., *Hommage à G. Bachelard*, Puf, Paris 1957, pp.3-11) ma lo usiamo *arbitrariamente* e fuori dal contesto da cui lo abbiamo mutuato, per designare il tratto di una dialettica le cui posizioni lascerebbero intravedere motivi di convergenza in una polemica non divisiva che si svolge senza irreversibili strappi e chiusure.

<sup>23</sup> M.A. Denti, *Scienza e filosofia in Meyerson*, La Nuova Italia, Firenze 1940. Le pagine del quarto capitolo di *Scienza e filosofia in Meyerson*, dedicato a *La scienza attuale e la concezione del Meyerson*, e in particolare il paragrafo su *Le nuove tendenze della fisica e l'epistemologia «non-cartesiana»* (pp.162-192), dove la Denti, allieva di Antonio Banfi, fa riferimento a Bachelard, offrono delle considerazioni che ci appaiono interessanti per Bachelard, anche per quei concetti – si pensi ad esempio al quello di fenomenotecnica – che Bachelard avrebbe col tempo affinato e sui quali, fino a quella data (1940), non si era ancora espresso in modo, per così dire, del tutto compiuto. Ci permettiamo a tal proposito, di rimandare al *ns. Une des premières interprétations de la philosophie de Gaston Bachelard en Italie*, "Cahiers Gaston Bachelard", n.2 (1999), Éditions Universitaires de Dijon, pp.65-70.

Occorre, comunque, ricordare che già, nel 1931, L. Geymonat, ne *Il problema della conoscenza del positivismo*, Bocca, Torino 1931, pp.100-101, si era riferito a Bachelard come ad "uno dei più grandi rappresentanti del pensiero francese contemporaneo".

Come scrive C.Vinti, "al suo sorgere e per tutti gli anni '30, l'epistemologia bachelardiana connotata di caratteri essenzialmente teoreticistici, pareva situarsi per intero nell'alveo della tradizione spiritualistica e idealistica francese al pari di quella di Le Roy, Lalande e Brunschvicg [...]. [T]ra gli anni '40 e '50 il dominante clima fenomenologico ed esistenzialistico aveva finito per emarginare ancora di più in Francia la ricerca epistemologica in generale, quella di Bachelard in particolare, ferocemente critica verso ogni filosofia che pretendeva di ridurre la conoscenza scientifica ad ultimo residuo, se pur il più radicale, del pensiero moderno e della sua potenza di alienazione [...]. [Con] l'avvento dello strutturalismo e con l'irruzione del fenomeno Althusser e della sua scuola si lascia intravedere l'importanza del pensiero bachelardiano e ciò in modo molto più esplicito che non durante la vita dello stesso Bachelard" (C. Vinti, *Il soggetto qualunque. Bachelard fenomenologo della soggettività epistemica*, ESI, Napoli 1997, p.21).

<sup>24</sup> G. Sertoli, *Le immagini e la realtà. Saggio su G.Bachelard*, La Nuova Italia, Firenze 1972, p.37. Secondo G. Sertoli, è "la prima esposizione che sia stata fatta in Italia dell'epistemologia bachelardiana (basata prevalentemente su *Le nouvel esprit scientifique*)".

<sup>25</sup> M.A. Denti, *Scienza e filosofia in Meyerson*, cit., p.164.

<sup>26</sup> Oltre che *Le nouvel esprit scientifique* [1934], Denti cita, di Bachelard, anche *La formation de l'esprit scientifique: contribution à une psychanalyse de la connaissance objective* [1938]. All'epoca *Le nouvel esprit scientifique* non era stato



La posizione di Meyerson, secondo Denti, era “affatto isolata nel pensiero francese, riscuotendo conferme più nel campo degli scienziati che in quello dei filosofi”.

Il significato nettamente tradizionale che Emilio Meyerson attribuisce alla teoria di Einstein rientra in quella che, nel campo strettamente scientifico, possiamo considerare come l’interpretazione ufficiale. Malgrado il carattere così nuovo e quasi rivoluzionario delle concezioni einsteiniane, si può dire, scrive De Broglie, che la teoria della relatività sia il «coronamento della fisica classica» [...].

Riferendosi in particolare alla teoria di Einstein, il Meyerson stesso poteva affermare: «Sono riuscito al punto che s’è potuto dire scherzando che Einstein avesse inventato la teoria della Relatività per dare una giustificazione attuale alle mie dottrine» [...].

Al relativismo il Meyerson dedica uno studio speciale in *La Déduction Relativiste*<sup>27</sup>.

La tendenza allora dominante dell’epistemologia guardava già altrove, verso il *razionalismo aperto*, verso l’*epistemologia non-cartesiana* di Gaston Bachelard.

Se Emilio Meyerson tende a giustificare la problematicità del pensiero scientifico, riportandola all’inattuabilità del razionale, l’epistemologia contemporanea è, in generale, diretta a ritrovare nel divenire della scienza il divenire della ragione stessa. L’aspetto rivoluzionario, che il progresso del sapere scientifico ha assunto nell’età nostra, sembra tradursi sul piano filosofico nella necessità della ragione di modificare i propri schemi, di allargare e complicare i propri quadri, rinnovando se stessa. È questo il significato di quel *razionalismo aperto* che, secondo Gastone Bachelard, deve costituire il fondamento della nuova epistemologia, la quale preciserà appunto questi suoi caratteri di novità col definirsi *non-cartesiana* [...]. E ciò sottintende una trasformazione essenziale nella metodologia scientifica, nella struttura stessa della ragione. In senso diametralmente opposto alla interpretazione di Emilio Meyerson, l’epistemologia contemporanea tende a ritrovare, nell’aspetto contraddittorio del reale scientifico, meno la presenza di un irrazionale, che la necessità di una modificazione sostanziale dello spirito scientifico. L’idea di una irrazionalità fondamentale del reale sa di uno scetticismo, nei riguardi della ragione, troppo facile e comodo. È vano prendersela colle cose, scrive Leone Brunschvicg, quando lo spirito dovrebbe invece prendersela con se stesso, colla propria pigrizia ed ignoranza.

Ed ancora:

Il concetto di razionalismo aperto ci impone, non solo di parlare di un’evoluzione, di una storia della ragione, ma, di più, di una struttura stratigrafica [...]. Le conseguenze che questa riforma radicale della struttura del pensiero scientifico provoca, nel campo della interpretazione filosofica, assumono proporzioni tali da giustificare la qualifica di paradossali. Nella modificazione della ragione si riflette, infatti, un vero e proprio sconvolgimento dei principi e fondamenti della scienza classica, dal quale il senso stesso della ricerca scientifica viene sensibilmente trasformato, anzi potremmo dire invertito. Si tratta, non solo di dinamizzare e complicare la ragione, ma di abbandonare il concetto stesso tradizionale di oggettività e realtà scientifica [...]. La scienza non è, dunque, il prolungamento del senso comune: al contrario l’esperienza *scientifica* è un’esperienza che contraddice quella *comune* [...]. Il dibattito non si svolge più sul piano del realismo [...].

Possiamo, dunque, fissare la direzione dell’epistemologia contemporanea in una forma di positivismo critico, per il quale, il progresso della scienza attuale viene ad esprimersi nel passaggio dal «realismo statico», cui l’epistemologia di ispirazione cartesiana, come il positivismo tradizionale, rimanevano legati, all’«idealismo dinamico» [...]. L’epistemologia contemporanea tende, infatti, a portare la scienza verso l’idealismo. Dobbiamo però tener presente che questa direzione idealista non sottintende una posizione di sfiducia sul valore della scienza di fronte al reale<sup>28</sup>.

---

ancora tradotto in Italia, dato che, com’è noto, la prima traduzione italiana, che si deve a Fortuna Albergamo (con introduzione di Francesco Albergamo), risale al 1951.

<sup>27</sup> M.A. Denti, *Scienza e filosofia in Meyerson*, cit., pp.162; 144-145. A pag.144, Denti cita Fred Lefèvre, *Une heure avec Émile Meyerson*, “Les Nouvelles littéraires”, 6 nov. 1926, p.1 [ritroviamo questa stessa citazione in C. Alunni, *Relativités et puissances spectrales chez Gaston Bachelard*, “Revue de Synthèse”, 4<sup>e</sup> série, 1 (janvier-mars 1999), pp.73-110, 80 n.18].

<sup>28</sup> M.A. Denti, *Scienza e filosofia in Meyerson*, cit., pp.178,179-180,182-183, 185-186.

Come scrive Giuseppe Perri, “La dimensione fondamentale del senso comune consiste, a giudizio di Meyerson, nella reificazione della sensazione [...]. La scienza appoggia le sue basi sulla reificazione operata dal senso comune, sulla vasta «realtà» che esso inconsciamente costituisce. Il fisico parte dai dati del senso comune e li modifica progressivamente, ampliando la iniziale nozione di realtà esterna. «Il senso comune, l’uso più elementare dell’intelletto umano, ha quindi un’anima metafisica, un esito ontologico, che poi trasmette alla scienza. Astenerci da *ogni* metafisica, è questa una pretesa

Così, negli anni '40 del Novecento, con l'intento di parlare di Meyerson, Denti interpretava Bachelard. Un'operazione che *incrociava* le posizioni teoriche dei due epistemologi (allora nel segno di una contrapposizione) che, con le dovute consistenti differenze, si è, per così dire, piuttosto di recente ripresentata. Soprattutto in quest'ultimo decennio<sup>29</sup>, in Francia, un'attenzione rinnovata al pensiero di Meyerson, anche per ciò che concerne i suoi rapporti con l'epistemologia bachelardiana, ha contestualmente sollecitato alcuni studiosi<sup>30</sup> a rileggere *il primo Bachelard*, considerato, dall'interpretazione corrente, critico di Meyerson già fin dagli inizi della sua produzione, con particolare riferimento a *La valeur inductive de la relativité* del 1929, opera che già nel titolo porta, riconoscibile, la reazione di Bachelard alle tesi sostenute da Meyerson ne *La déduction relativiste* del 1925. Una rilettura, che considerato il modo in cui Bachelard (quello dell'*Essai*) si rapporta al realismo, propende verso la possibilità di scorgere *in filigrana* tra i due epistemologi i tratti di una polemica (per alcuni) originariamente *concordataria* al punto che si arriva a discutere su un "*Bachelard, meyersoniano suo malgrado?*"<sup>31</sup>.

[I]l giovane Bachelard approvava il realismo di Meyerson [...], ma in seguito sembra costruire il suo proprio razionalismo in reazione a Meyerson, che non smette di criticare. Si scatena contro di lui quando propugna un razionalismo tonico e polemico ne *Le rationalisme appliqué*<sup>32</sup>.

Nei suoi primi passi sui sentieri filosofici, il giovane Bachelard, ancora isolato a Bar-sur-Aube, si riferisce a Meyerson. Nel 1927, lo cita nella sua tesi *Essai sur la connaissance approchée*. Invia le sue due tesi a Meyerson precisando che sarebbe «felice che (possa) giudicarle favorevolmente». Si sente confortato dalla simpatia espressa in risposta e conclude le sue lettere con sentimenti devoti e rispettosi. Negli anni successivi, invece, Bachelard si avvicina a Brunschvicg e sviluppa la propria epistemologia in uno spirito di polemica con Meyerson, al punto di dichiarare che intende «polverizzarlo».

Così dedica un libro alla teoria della relatività che appare apertamente con il suo titolo *La Valeur inductive de la relativité* (1929) come una risposta a *La Déduction relativiste* di Meyerson<sup>33</sup>.

---

del tutto vana. La metafisica permea l'intera scienza, per la semplice ragione che essa è contenuta nel suo punto di partenza» (G. Perri, *Crescita della conoscenza e complessità*, ESI, Napoli 1996, p.132). Sulla ricezione del pensiero di Meyerson cfr. A. Rey, *Études Critiques. Identité et Réalité par É. Meyerson* [1909], "Revue de Métaphysique et de Morale", 17<sup>ème</sup> année, 1909, pp.552-565; A. Lalande, *L'épistémologie de M.Meyerson et sa portée philosophique*, "Revue philosophique de la France et de l'Étranger", 47<sup>ème</sup> année, t.94, juillet-décembre 1922, pp. 259-280; L. Brunschvicg, *La philosophie d'Émile Meyerson* [1926], in Id., *Écrits philosophiques*, t.3, Puf, Paris 1958 éd. Electronique, ([http://classiques.uqac.ca/classiques/brunschvicg\\_leon/ecrits\\_philosophiques\\_t3/ecrits\\_philosophiques\\_t3.pdf](http://classiques.uqac.ca/classiques/brunschvicg_leon/ecrits_philosophiques_t3/ecrits_philosophiques_t3.pdf)), pp.200-224; D. Levy, *Émile Meyerson*, in M. Bitbol & J. Gayon (dir.), *L'épistémologie française, 1830-1970*, Éd. Matériologiques, Paris 2015, pp.327-342.

<sup>29</sup>Potremmo dire che questa specie di *renaissance meyersonienne* (se così la si può intendere) si sia avviata forse anche grazie alla fioritura di studi in occasione dei cento anni della Relatività di Einstein. Tra le tante celebrazioni del 2005 desideriamo almeno ricordare il Convegno internazionale "*Einstein e la Relatività cent'anni dopo*", organizzato a Messina dal Centro Studi di Filosofia della Complessità "Edgar Morin" e dalla Società Filosofica Italiana (3-5 marzo 2005), i cui atti sono stati raccolti nel volume *Einstein e la Relatività cent'anni dopo* a cura di Annamaria Anselmo, pubblicato presso Armando Siciliano Editore, Messina 2007; e le Colloque "*Einstein chez les philosophes*": *la réception philosophique de la Relativité* (9-10 novembre 2005), organizzato dall'École Normale Supérieure de la rue d'Ulm (CIEPFC) e l'Université Paris-Sorbonne-Paris IV (per l'occasione Frédéric Fruteau de Laclós presenta una comunicazione su *Valeur déductive et valeur inductive de la relativité: le "relativisme" de Meyerson, Brunschvicg et Bachelard*).

<sup>30</sup>Mi riferisco in particolare agli studi di Bernadette Bensaude Vincent e Frédéric Fruteau de Laclós. Interamente dedicato a Émile Meyerson è l'intero numero 58/2010 della "Revue de la philosophie" a cura di Bernadette Bensaude-Vincent (con contributi di Anne Fagot-Largeault, Sophie Roux, François Pépin, Françoise Balibar, Michel Bitbol, Eva Telkes-Klein, Philippe Oriol, Stéphan Soulié, Peter Schöttler, Dominique Merlié, Frédéric Keck, Jean Seidengart, Noemi Pizarroso, Sarah Terquem, Élie During, Anastasios Brenner, Frédéric Fruteau De Laclós, Isabelle Stengers). Inoltre, cfr. B. Bensaude Vincent, *Meyerson rationaliste?*, "Revue de la philosophie", Fayard, 2011, pp.255-274 (disponibile in <https://hal-paris1.archives-ouvertes.fr/hal-00939874/document>); B. Bensaude-Vincent, E. Telkes-Klein, *Les identités multiples d'Émile Meyerson*, Champion, Paris 2016 (disponibile in <https://philosophie.ens.fr/IMG/pdf/BBV-ETK1-Les-Identitees-multiples-Emile-Meyerson.pdf>); F. Fruteau de Laclós, *Émile Meyerson*, Les Belles Lettres, Paris 2014; Id., *Émile Meyerson et les sciences humaines*, "Archives de Philosophie", Centre Sèvres, 2007/3, t.70, pp.355-358 (disponibile in <https://www.cairn.info/revue-archives-de-philosophie-2007-3-page-355.htm>); S. Roux, *Histoire de la physique classique et historicité des sciences chez Meyerson. L'histoire et la philosophie des sciences françaises à la lumière de l'oeuvre d'Émile Meyerson (1859-1933)*, Champion, Paris 2010.

<sup>31</sup> Titolo di un paragrafo di F.Fruteau de Laclós, *Émile Meyerson*, cit., p.110.

<sup>32</sup> B. Bensaude-Vincent, *Meyerson rationaliste?*, cit., p.5

<sup>33</sup> B. Bensaude-Vincent, E. Telkes-Klein, *Les identités multiples d'Émile Meyerson*, cit., p.149. In nota, B. Bensaude-Vincent precisa quel «au point de déclarer qu'il entend le «pulvériser»: "Dichiarazione resa in occasione della seduta di

La nostra ipotesi è che la discussione di Bachelard sul continuismo meyersoniano sia eccessivamente determinata dalla sua critica della continuità bergsoniana<sup>34</sup>.

E ancora,

Bachelard scrive sulla relatività dopo Henri Bergson, la cui *Durée et simultanéité* appare nel 1922, dopo Léon Brunschvicg, che nello stesso anno fa conoscere la sua propria interpretazione delle teorie di Einstein ne *L'expérience humaine et la causalité physique*, infine dopo Émile Meyerson, che nel 1925 dedica un intero volume all'esposizione della «deduzione relativistica»<sup>35</sup>.

*La valeur inductive de la relativité*, arriva, dunque, nel 1929, quando il dibattito filosofico è ben avviato [...]. Così Paul Langevin pubblica nel 1922 *Le principe de relativité*, lo stesso anno Émile Borel *L'espace et le temps*. Ancora lo stesso anno, quello che corrisponde alla visita di Einstein a Parigi, Jean Becquerel fa un libro che riprende le sue lezioni all'École Polytechnique, *Le principe de la relativité et la gravitation*. È noto che lo stesso Einstein vi parteciperà [all'incontro a Parigi], **schierandosi più sulle posizioni di Meyerson che su quella di Brunschvicg che contesterà**<sup>36</sup>.

Allo storico incontro del 1922<sup>37</sup>, Meyerson era intervenuto di persona. Una seduta memorabile, con un pubblico d'eccezione: fisici (Langevin, Becquerel, Perrin, Becquerel), matematici (Cartan, Hadamard, Painlevé), psicologi (Pieron), filosofi (Bergson, Brunschvicg, Le Roy), per citarne solo alcuni, i più famosi<sup>38</sup>.

---

commemorazione di Meyerson e Milhaud alla Société française de philosophie, del 26 novembre 1960, secondo la testimonianza di André Metz, riportata da Catherine Ardouin, nipote minore di Meyerson" (*ibidem* n.922).

Fruteau de Laclos annota che "1927: Gaston Bachelard, che ha appena sostenuto due tesi di filosofia della scienza, scrive a Meyerson per «trarre vantaggio dai [suoi] consigli». Meyerson lo supporta prontamente: lo cita e ne discute nel suo ultimo grande libro, *Du cheminement de la pensée* (1931)" (F. Fruteau de Laclos, *Émile Meyerson*, cit., p.14).

Così legge nello scritto di Bensaude-Vincent: "Sulla fisica quantistica, Bachelard va di nuovo contro l'interpretazione di Meyerson: sostiene ne *Le Nouvel esprit scientifique* (1934) che i quanti esigono una riforma dello spirito scientifico, un'algebrizzazione del reale vicina alla teoria di Copenaghen che Meyerson considerava «cattiva filosofia». Le sue opere seguenti insistono sul discontinuismo delle teorie successive lottando contro il continuismo attribuito a Meyerson come a Duhem. E lungi dal diminuire, l'ardore polemico di Bachelard sembra raddoppiare negli anni quaranta e cinquanta, molto tempo dopo la morte dell'interlocutore. Ne *Le Rationalisme appliqué* (1949) Bachelard definisce il proprio razionalismo in contrasto con quello di Meyerson [...]. Lungi dal ridurre la ricchezza del diverso all' identico, il razionalismo è per Bachelard una filosofia induttiva e inventiva: non un pensiero di riduzione ma un pensiero di produzione. Infine, attacca l'intimo legame stabilito da Meyerson tra conoscenza comune e razionalismo scientifico [...].

Così l'epistemologia bachelardiana si è — parzialmente almeno — costituita in un gioco di risposte a Meyerson, che [Bachelard] usa come bersaglio per valorizzare la novità e l'originalità del suo stesso pensiero [...]. L'evoluzione dell'epistemologia bachelardiana è tale da alimentare l'antimeyersonismo nella Francia della seconda metà del XX secolo [...]. Da un lato, Meyerson scompare dalla scena: nessun lavoro universitario sulla sua opera per decenni; più nessun riferimento (anche critico) ai suoi lavori negli scritti degli epistemologi francesi. Canguilhem, per esempio, quasi non cita Meyerson [...]. Quindi Meyerson — come del resto Brunschvicg — scompare dai libri di testo e antologie che prendono il sopravvento negli anni '70, quando l'epistemologia è ridotta al bachelardismo. E fino ai primi anni 2000, nel *Dictionnaire d'histoire et de philosophie des sciences*, diretto da Dominique Lecourt, Meyerson figura solo come bersaglio degli attacchi di Bachelard. Dall'altro lato, mentre i bachelardiani stanno sotto i riflettori [letteralmente "occupano la cima del marciapiede" (*le haut du pavé*)], il pensiero di Meyerson percola discretamente su strade secondarie" (B.Bensaude-Vincent, E.Telkes-Klein, *Les identités multiples d'Émile Meyerson*, cit., pp.149-150).

<sup>34</sup> F. Fruteau de Laclos, *Émile Meyerson*, cit., p.115.

<sup>35</sup> F. Fruteau de Laclos, *Bachelard et la valeur réaliste de la Relativité*, cit., p.47.

<sup>36</sup> G. Chazal, *Bachelard et la relativité*, cit., p. 38 [il grass. è ns.].

<sup>37</sup> "1922. Un incontro storico": l'espressione è di B. Bensaude-Vincent in B. Bensaude-Vincent, E. Telkes-Klein, *Les identités multiples d'Émile Meyerson*, cit., p.115.

<sup>38</sup> *La teoria della relatività nel dibattito della Société française de Philosophie (6 aprile 1922)*, in G. Polizzi, *Einstein e i filosofi*, cit., pp.67-102 [cfr. anche p.99 n. 2].

Per il testo integrale francese cfr. "Bulletin de la SFP", n. 1922, 22, 3, éd. A. Colin, pp.349-370, si rimanda a [https://s3.archive-host.com/membres/up/784571560/GrandesConfPhiloSciences/philosc13\\_einstein\\_1922.pdf](https://s3.archive-host.com/membres/up/784571560/GrandesConfPhiloSciences/philosc13_einstein_1922.pdf).

Della visita di Einstein a Parigi riferisce anche Abraham Pais nella sua celebre biografia di Einstein (A.Pais, *Sottile è il Signore... La vita e la scienza di A.Einstein*, tr. di T. Cannillo, Boringhieri, Torino 1986, p.178 sgg.). Inoltre, Carlo Vinti nel saggio introduttivo all'ed.italiana de *La deduzione relativistica* di Meyerson, da lui curata, fornisce ampi riferimenti bibliografici e una rilevante ricostruzione storica. "La seduta – scrive Vinti – riveste un significato storico e culturale veramente notevole, anche perché è la prima occasione in cui Einstein accetta di discutere con esponenti della cultura, non solo scientifica, ma anche filosofica quella che intanto Reichenbach [...] aveva chiamato «la signification philosophique de la théorie de la Relativité» (C.Vinti, *Introduzione: Meyerson e la relatività nell'epistemologia francese degli anni '20*, in É. Meyerson, *La deduzione relativistica*, cit., pp.3-78; 8).

Alla *Société française de Philosophie* il 6 aprile 1922, Einstein si confronta con le interpretazioni della sua teoria da parte di tre filosofi Bergson, Brunschvicg e Meyerson. Mentre prende le distanze dai punti di vista espressi dai primi due, avvia un dialogo positivo con l'ultimo<sup>39</sup>.

La seduta si chiude sulla convergenza di vedute tra il filosofo realista e l'inventore della relatività.

Bachelard ha assistito a questo dibattito? Non lo sappiamo.

Una cosa, però, è certa, non può non averne sentito parlare.

Molti degli argomenti scambiati il 6 aprile 1922 furono ripresi, prolungati, discussi nel corso degli anni '20. Nel 1928, Einstein fece pubblicare in francese un *compte rendu* elogiativo di *La déduction relativiste* nella *Revue philosophique de la France et de l'Étranger*: il relativista non cerca di relativizzare teoria ed esperienza, né di moltiplicare matematicamente i corpi di postulati. Intende, invece, identificare il reale<sup>40</sup>.

Nel suo intervento, Meyerson chiede ad Einstein di chiarire il suo pensiero su due punti, marcando la distanza tra Mach e Einstein<sup>41</sup>.

---

<sup>39</sup> F. Fruteau de Laclos, *Émile Meyerson*, cit. p.95]. "Più tardi" – continua Fruteau de Laclos – "si sarebbe confidato con l'autore di un libro sull'epistemologia di Meyerson, il generale André Metz, politecnico che ha introdotto la teoria della relatività in Francia, in questi termini: «Ehi, quel genio maligno [*démon*] della spiegazione che avevo notato in Cartesio e in tanti altri e che mi era parso così tanto bizzarro, quel demone, insomma ne sono posseduto anch'io? Ecco, una cosa che ero ben lungi dal sospettare. Bene, ho letto il vostro libro [su Meyerson] e lo ammetto, ne sono convinto" (*ibidem*).

<sup>40</sup> F. Fruteau de Laclos, *Bachelard et la valeur réaliste de la Relativité*, cit., p.51. Ancora, Fruteau de Laclos: "i filosofi francesi da tempo si interessavano alla teoria della relatività nella sua forma ristretta e nella sua forma generalizzata. Paul Langevin, fin dal 1911, ha avuto l'occasione, al Congresso di Bologna, di esporre le opinioni di Einstein alla presenza di Bergson" (ivi, p.48). L'incontro del '22 segnava l'inizio del dialogo, anzi di un "doppio monologo" – per dirla con André Robinet [cit. in P. Taroni, *Introduzione*, in H. Bergson, *Durata e simultaneità*, tr. di P. Taroni, Pitagora, Bologna 1997, pp.XIII-XXXIII; XN] – tra Einstein e Bergson che avrebbe, com'è noto, condotto lo stesso Bergson a pubblicare, alcuni mesi più tardi, la sua *Durée et simultanéité (à propos de la théorie d'Einstein)*. Su Bergson e il dibattito con Einstein cfr. H. Bergson, *I tempi fittizi e il tempo reale* [1924], in Id., *Durata e simultaneità*, cit., pp.179-194; H. Bergson, *Lettera al direttore della «Revue de Philosophie»* [1924] e *Nota della Direzione della «Revue de Philosophie»* [1924], in Id., *Durata e simultaneità*, cit., pp.195;197; H. Bergson, *Nota 1 alla Introduzione-seconda parte (1922-1923) al volume La pensée et le mouvant*, in Id., *Durata e simultaneità*, cit., pp.199-202.

Sulle conferenze bolognesi di Einstein nell'ottobre 1921 cfr. S. Linguerrì-R. Simili (a cura di), *Einstein parla italiano. Itinerari e polemiche*, cit.. Tale volume, il cui progetto – come scrivono i curatori – "trae origine dagli esiti dell'allestimento della rassegna *Einstein a Bologna* (11 novembre 2005–8 gennaio 2006)", racchiude i testi delle conferenze bolognesi di Einstein, il discorso di accoglienza (*Parole di presentazione*) di Federigo Enriques, pagine dal carteggio di Einstein con Enriques e con altri intellettuali, amici e scienziati italiani (Levi-Civita, Marcolongo, Straneo, Croce, Marangoni), alcuni scritti sulla relatività dal 1907 al 1914 (Einstein, Abraham, Bouasse, Castelnuovo, Corbino) e documenti sull'inchiesta degli anni Venti fra filo e anti-relativisti già pubblicati su "Scientia", la rivista internazionale fondata da Enriques e Rignano nel 1907.

<sup>41</sup> Più volte Einstein ha riconosciuto il ruolo decisivo avuto da Mach nella sua formazione, fino ad affermare che lo stesso Mach "avrebbe potuto scoprire la teoria della relatività, se il problema della costanza della velocità della luce avesse agitato i fisici quando la sua mente era ancora giovane" (cit. in G. Gembillo, *La fisica del Novecento nel carteggio Einstein-Besso*, in G. Gembillo (a cura di), *Albert Einstein: Corrispondenza con Michele Besso*, tr. di G. Gregorio e M. F. Davì Trimarchi, Guida, Napoli 1995, p.10). Pur avendo assunto da Mach il presupposto teorico secondo cui per il fisico ha senso scientifico solo ciò che è osservabile sperimentalmente ed avendolo utilizzato nella ridefinizione dei concetti di spazio e di tempo, attraverso la critica del concetto di *simultaneità*, Einstein via via se ne allontana sempre più consapevolmente, finendo per imputare a Mach di non aver messo "nella giusta luce la natura essenzialmente costruttiva e speculativa del pensiero, e più particolarmente del pensiero scientifico" (A. Einstein, *Note Autobiografiche*, in P.-A. Schilpp (a cura di), *Albert Einstein, scienziato e filosofo*, cit., p.12). All'amico Michele Besso che nel 1917 (Zurigo, 5.V.1917) gli scrive: "Quanto al cavallino di Mach, non inguriamolo; non ci ha assistito nel viaggio infernale tra le due relatività? E chissà se non continua a portare anche attraverso i malvagi quanti il cavaliere Don Chisciotte della Einsta!", egli replica (Berlino, 13.V.1917): "Io non insulto il cavallino di Mach [...]. Ma esso non può partorire niente di vivo, bensì solo eliminare ciò che vi è di marcio". E nel 1948, sempre in risposta ad una considerazione di Besso sul ruolo di Mach nella storia della scienza, così Einstein scrive: "Per quanto concerne ora l'influenza di Mach sulla mia evoluzione, essa è stata certamente molto profonda. Ricordo perfettamente che fosti proprio tu a indirizzarmi alla sua meccanica e alla sua teoria del calore durante i miei primi anni di studio, e che entrambi i libri hanno esercitato su di me una grande impressione. Fino a che punto essi abbiano influito sul mio proprio lavoro non mi è, per essere franco, molto chiaro. Nella misura in cui io stesso posso esserne consapevole, l'influenza diretta di D. Hume su di me è stata maggiore" (in G. Gembillo (a cura di), *Albert Einstein: Corrispondenza con Michele Besso*, cit., p.168, lettera 33; p.171, lettera 35; p.363, lettera 153). A tal proposito cfr. G. Gembillo, *Albert Einstein*, in G. Gembillo - M. Galzigna, *Scienziati e nuove immagini del mondo*, Marzorati, Settimo Milanese 1994, pp.29-31. Su Ernst Mach cfr. G. Gembillo, *Neostoricismo complesso*, ESI, Napoli 1999, in particolare pp.59-64: "[Mach] segna un vero e proprio punto di svolta nell'epistemologia della scienza. Per la prima volta con lui la storia diventa parte integrante della gnoseologia della scienza, nel senso che diventa indispensabile per comprendere il metodo e gli sviluppi della scienza stessa" (ivi, p.59); G. Giordano, *Tra Einstein ed Eddington. La filosofia degli scienziati contemporanei*, Armando Siciliano Editore, Messina 2000 (in particolare, Cap.II: *La presenza di Mach nel carteggio Einstein-Besso*, pp.54-69).

Vorrei domandare a Einstein dei chiarimenti su due punti particolari [...]. Così sentiamo spesso parlare dell'universo a quattro dimensioni in termini che lasciano supporre che queste quattro dimensioni sono di natura analoga [...]. Questa non è per nulla l'opinione di Einstein, il cui universo è, come sapete, «cilindrico», ovvero tale da comportare una curvatura per le tre dimensioni spaziali, mentre la quarta dimensione, quella del tempo, ne è esente [...]. Ci muoviamo nel tempo in modo del tutto diverso rispetto a come facciamo nello spazio [...]. «Non si può telegrafare nel passato», ci dice molto giustamente Einstein [...]. In ogni caso, sembra indicato evitare ogni equivoco [...] e parlare non di un universo di quattro dimensioni, ma piuttosto di 3 + 1 dimensioni, come ha fatto del resto Weyl, ma ricordandosi che questa divergenza [...] è legata [...], anche soprattutto, a questo fatto dell'irreversibilità [...]. Il nostro illustre invitato ci ha ingiunto lui stesso a considerare, al di là dei simboli, le realtà fisiche. Si tratta qui di una realtà di prim'ordine, perché né nell'impero di Einstein, né in quello di Newton cammineremo all'indietro, né digeriremo prima di aver mangiato. La seconda domanda è un po' più complessa. Si rappresenta molto generalmente la teoria della relatività come se fosse il compimento, in qualche modo la concretizzazione, del programma tracciato da Mach [...]. Mach è [...] innanzitutto un continuatore di Auguste Comte. Per lui, come per il fondatore del positivismo, la scienza è una raccolta di regole, di leggi. Essa conosce e deve cercare di precisare i rapporti, le relazioni tra le cose e deve risolutamente scartare tutto ciò che mira alla conoscenza, delle cose stesse, conoscenza che si dichiara come «metafisica». Sapete, d'altra parte, che il positivismo [...] si è spesso sforzato di entrare in rapporto stretto con un idealismo estremo [...], legando la non-ricerca della cosa alla sua non-esistenza al di fuori della coscienza. Non bisogna dunque stupirsi – visto l'aiuto che porta la confusione che favorisce l'impiego del termine un poco ambiguo di *relatività* – di vedere i partigiani di questa dottrina cercare di appoggiarsi sulle concezioni di Einstein, proclamando che la relatività dello spazio prova quella della nostra conoscenza in ogni ordine di idee e ci mostra, di conseguenza, come sarebbe vano voler penetrare all'interno delle cose, come pretendono di fare le teorie atomiche. È questo infatti il vero punto cruciale dell'intera questione [...]. Mi limiterò a constatare che tra le concezioni di Mach in questo ordine di idee e la teoria di Einstein non sembra esserci alcun legame veramente intimo né necessario. Si può essere partigiani della relatività dello spazio ed essere nondimeno convinti, come aveva già stabilito Malebranche, che nessuna scienza è possibile senza porre, preliminarmente, l'oggetto che rimane al di fuori della coscienza, e che, di conseguenza, la scienza non si saprebbe dispensare dal precisare come essa concepisce questo oggetto, attraverso le modificazioni imposte a questa immagine dal progresso del nostro sapere. Mi sembra, peraltro, che l'attitudine dello stesso Einstein conferma questa maniera di vedere [...]. Non credo dunque di avventurarmi troppo supponendo che lo stesso Einstein è lontano dal condividere, in questo campo, le opinioni di Mach<sup>42</sup>.

Per Meyerson, la teoria della relatività di Einstein rappresentava una tappa avanzata del processo di

---

Va ricordato, inoltre, quanto scrive Mario Castellana: “A questo proposito Bachelard nel primo capitolo di *L'Activité rationaliste de la physique contemporaine*, dal significativo titolo *Les récurrences historiques. Épistémologie et histoire des sciences. La dialectique onde-corpuscule dans son développement historique*, sta utilizzando euristicamente alcune considerazioni di Mach sulla storia della meccanica per sviluppare la sua idea di ‘ricorrenze storiche’ e cfr. Bachelard 1951, cap. I. Manca ancora nella letteratura critica uno studio che approfondisca questa particolare lettura di Mach da parte dell'epistemologo francese e nello stesso tempo anche l'impatto della sua metodologia storico-critica nello sviluppo della cosiddetta epistemologia storica francese nel suo complesso; ricordiamo che la traduzione francese della sua opera principale, *La meccanica nel suo sviluppo storico-critico*, avvenne nel 1904 quando comunque nel paese d'oltralpe vi era già una tradizione orientata in tal senso a partire da Comte sino ai lavori di Paul Tannery, Gaston Milhaud, Pierre Duhem e Abel Rey dei primi anni del secolo, fatto che spiega la diversa ricezione del pensiero machiano, rispetto a quella di poco posteriore letteratura neoempirista. Sulla necessità dell'approccio storico e sulla sua indispensabilità anche per lo scienziato di professione insisteva negli stessi anni lo stesso Henri Poincaré: «la storia della scienza deve essere la nostra prima guida» (M.Castellana, *Il pluralismo coerente della fenomenotecnica contemporanea*, in *Gaston Bachelard*, in P. Donatiello-F. Galofaro- G.Ienna (a cura di), *Il senso della tecnica. Saggi su Bachelard*, cit., pp.37-58; 42 n.64).

<sup>42</sup> *La teoria della relatività nel dibattito della Société française de Philosophie (6 aprile 1922)*, in G. Polizzi, *Einstein e i filosofi*, cit., pp.67-102; 90; 91; 92; 93; 94-96.

La risposta di Einstein all'intervento di Meyerson è la seguente: “Nel continuo a quattro dimensioni è certo che tutte le direzioni non sono equivalenti. D'altra parte non sembrerebbe esserci una grande relazione dal punto di vista logico tra la teoria della relatività e la teoria di Mach. Per Mach vi sono due punti da distinguere: da una parte, vi sono cose alle quali non possiamo arrivare: i dati immediati dell'esperienza; dall'altra parte, concetti che possiamo modificare. Il sistema di Mach studia le relazioni che esistono tra i dati dell'esperienza; l'insieme di queste relazioni è, per Mach, la scienza. È questo un cattivo punto di vista; insomma, Mach ha fatto un catalogo e non un sistema. Tanto Mach è stato un buon meccanico, quanto è stato un deplorabile filosofo. Questa vista corta sulla scienza lo condusse a rigettare l'esistenza degli atomi. È probabile che se Mach vivesse ancora oggi, muterebbe opinione. Tengo tuttavia a dire che su questo punto, sul fatto che i concetti possono cambiare, sono in completo accordo con Mach” (ivi, p.96).

*identificazione*, “un prodotto normale dello spirito scientifico”<sup>43</sup>, che “non ha fatto altro che sviluppare delle possibilità di comprensione che la nostra ragione, a nostra stessa insaputa, racchiudeva allo stato di potenza”<sup>44</sup>. L’attività razionalistica, per Meyerson, è essenzialmente attività di *identificazione* e per *identificazione* egli intende “non solamente l’atto per mezzo del quale noi riconosciamo l’identico laddove esso esiste, ma anche l’atto per mezzo del quale noi riconduciamo all’identico ciò che, sulle prime, ci è parso non esser tale”<sup>45</sup>. Spiegare un fenomeno vuol dire “rendere manifesto ciò che era involupato (*enveloppé*)”<sup>46</sup> e trovare il legame necessario tra il *prima* e il *dopo* dell’esplicato e cioè la *causa*<sup>47</sup>, ciò per cui il conseguente è, con necessità, deducibile dall’antecedente. Spiegare, pertanto, vuol dire dedurre, cioè trovare la causa, rendere ragione. Per rendere ragione della natura bisogna anzitutto sopporla almeno “fino a un certo punto adeguata alla nostra ragione”<sup>48</sup>, supporre che vi sia una certa *conformità tra la ragione e la natura*<sup>49</sup>. Mediante un processo di progressive identificazioni ovvero di sistemazioni causali, la ragione arriverebbe all’assoluta identità, se non ci fosse un fattore, assolutamente necessario, l’*irrazionale*, un limite che la scienza non potrà mai eliminare e che è la condizione stessa del conoscere. La ragione, sempre all’opera, costantemente si scontra con le resistenze irrazionali del reale, nello sforzo, mai, peraltro, pienamente soddisfatto, di ricondurlo a sé e di renderlo intelligibile, dopo avere via via scartato tutto ciò che del reale e delle sue possibilità le risulta superfluo.

Come scrive Carlo Vinti, nella sua *Introduzione* all’edizione italiana de *La deduzione relativistica* di Meyerson: “nella *Déduction*, Meyerson non si allontana da queste tesi, mira anzi a ricondurre le concezioni relativistiche all’interno delle procedure tipiche della ragione scientifica e della conoscenza in generale, cioè all’interno delle procedure di identificazione che la stessa relatività, a suo avviso, contribuisce a sviluppare in modo decisivo”<sup>50</sup>.

<sup>43</sup> É. Meyerson, *Du cheminement de la pensée*, Vol. I, Alcan, Paris 1931, p.67 [la tr. è ns.].

<sup>44</sup> É. Meyerson, *De l’explication dans les sciences*, [1921], Payot, Paris 1927<sup>2</sup>, pp.698; 695-696 [la tr. è ns.].

Ci permettiamo di rimandare al ns. *Einstein per Meyerson e Bachelard*, in AA.VV., *Einstein e la Relatività cent’anni dopo*, a cura di A. Anselmo, Armando Siciliano Editore, Messina 2007, pp.15-48.

<sup>45</sup> É. Meyerson, *De l’explication dans les sciences*, cit., p.154.

<sup>46</sup> Ivi, p.67.

<sup>47</sup> Meyerson parla di “sinonimia reale tra i termini *cause* e *explication*” (ivi, p.77).

<sup>48</sup> Ivi, p.98.

<sup>49</sup> Ivi, p.99.

<sup>50</sup> C.Vinti, *Introduzione: Meyerson e la relatività nell’epistemologia francese degli anni ‘20*, cit., p.50.

Meyerson comincia il primo capitolo de *La deduzione relativistica* con queste parole: “Come indica il titolo del presente lavoro, ci occuperemo della teoria della relatività in quanto costituisce un insieme di deduzioni. Queste deduzioni – tutti lo sanno – si realizzano, nel relativismo, per via matematica”, più avanti aggiunge: “Capire, spiegare, lo sappiamo, vuol dire in fisica: dedurre. Una deduzione che comprende un certo numero di fatti si chiama teoria, e non c’è dubbio che da questo punto di vista quella della relatività merita pienamente il suo nome, poiché afferma che una volta posti i suoi fondamenti, ne deriva completamente un insieme di osservazioni sperimentali”. Ma ciò che soprattutto egli metteva in evidenza in essa era il processo, che a suo parere essa accelerava, verso una sempre più netta considerazione della realtà. Richiamandosi infatti espressamente a Max Planck, Meyerson concordava in tutto con lui nella rivendicazione di un’immagine del mondo nella quale il soggetto non avesse nessun ruolo attivo. Scrive espressamente in proposito: “Planck ha osservato, con molta perspicacia, che uno dei tratti che caratterizzano con più forza e con più costanza i progressi della fisica, è precisamente il fatto che essa, nel suo cammino, si allontana sempre più da quelle che chiama ‘considerazioni antropomorfiche’, cioè da quelle in cui interviene la persona dell’osservatore, cioè, da ciò che si riferisce all’io” (É.Meyerson, *La deduzione relativistica*, cit., pp.85; 133; 106). Come nota Vinti: “All’interno di questo dibattito Meyerson difende una posizione di limpido realismo della teoria: il relativismo, come del resto ogni teoria scientifica, ha, per lui, una valenza ontologica e realistica, postula cioè una realtà oggettiva autonoma e indipendente rispetto alle stesse condizioni concettuali della conoscenza, all’osservatore, al soggetto della conoscenza. Il realismo meyerersoniano è ugualmente distante da una posizione empiristica che riconduce il senso della teoria alla sua base meramente percettiva, che da una posizione positivista che risolve la funzione della teoria nei suoi elementi legalistici, convenzionalistici e pragmatistici. L’insistenza di Meyerson, anche nella *Déduction*, nella critica al positivismo, il suo richiamo alle prese di posizione anti-machiane di Einstein stesso, non ci pare senza significato polemico soprattutto nei confronti di quei filosofi, come Bergson e Maritain che, pur non partendo da posizioni positivistiche, per i presupposti metafisici che li guidavano, erano approdati ad una definizione del sapere scientifico, quindi del relativismo, in senso chiaramente convenzionale e pragmatico [...]. Anche la teoria della relatività, come del resto la meccanica quantistica, conferma lo schema di una ragione identificatrice e spazializzante: «il processo di pensiero, cui obbediscono i relativisti», è «conforme alla regola eterna dell’intelletto umano, che ha costituito non solo la *scienza* ma prima di essa il mondo del senso comune»” (C.Vinti, *Introduzione: Meyerson e la relatività nell’epistemologia francese degli anni ‘20*, cit., pp.68; 50).

Per Einstein, secondo Chazal,

le leggi della fisica non fanno che render conto in modo più o meno adeguato della struttura dell'universo materiale che ci circonda. Questo universo non è né caotico né informe, ma organizzato da leggi fondamentali [*lois sous-jacentes*] che lo scienziato si sforza di aggiornare e formulare, in particolare con l'ausilio della matematica. Presentata molto schematicamente, questa è la posizione difesa da Meyerson contro le posizioni positiviste che rifiutano di decidere [*trancher*] sulla realtà ontologica del mondo e vogliono limitare l'impresa scientifica alla formulazione di leggi che sono una messa in forma logica e rigorosa delle nostre percezioni [...]. L'ordine è nella sostanza, e se l'immagine astratta che ne danno le strutture matematiche è adeguata, allora il movimento del pensiero scientifico è una deduzione formale che si svolge nell'ambito della fisica assiomatica. Da qui il titolo dell'opera di Meyerson: *La déduction relativiste*, scritta per difendere, contro il positivismo, la posizione realista. Questo spiega il *compte rendu* elogiativo che Einstein ha fatto di questo libro [...]. Per Einstein, come per molti fisici, esiste un mondo indipendente dalla coscienza che ne possiamo avere e che è il riferimento di ogni teoria scientifica<sup>51</sup>.

Nella sua recensione a *La déduction relativiste*, Einstein parla di Meyerson come di un uomo che ha saputo percorrere i sentieri della fisica moderna con una solida conoscenza della storia della filosofia e delle scienze esatte, soprattutto di uno che, con “ *finesse da logico, istinto da psicologo, vasto sapere, semplicità d'espressione felicemente uniti*”, ha colto che “*il problema principale era quello delle relazioni tra la conoscenza scientifica e il contenuto dei fatti di esperienza: in quale misura si può parlare di un metodo induttivo, in quale misura di un metodo deduttivo nelle scienze?*”.

Ne riportiamo, di seguito, un ampio passaggio, tratto dalla *Revue philosophique de la France et de l'Étranger* del 1928.

Gli eventi e i fatti di esperienza sono alla base di ogni scienza, ma non sono loro a formarne il contenuto, l'essenza stessa; costituiscono solo i dati che sono oggetto di questa scienza [...]. Infatti, prima di tutto, i legami di ordine generale, che si esprimono nelle nostre «leggi della natura», non sono semplici osservazioni della nostra esperienza, perché possono essere formulati e dedotti solo a partire da costruzioni razionali che non possono derivare unicamente dall'esperienza in quanto tale. Inoltre, la scienza non si accontenta di formulare leggi di esperienza, ma cerca piuttosto di costruire un sistema logico, basato su un minimo di premesse, e comprendente nelle sue conseguenze tutte le leggi della natura. Questo sistema, o piuttosto l'insieme dei concetti da esso evidenziati, è coordinato con gli oggetti dell'esperienza

D'altra parte, questo sistema, che la ragione ricerca in conformità con la totalità dei fatti dell'esperienza o di ciò che sperimentiamo, deve corrispondere all'universo delle cose reali della concezione prescientifica. Ogni scienza è dunque fondata su un sistema filosofico realista. E la riduzione di tutte le leggi sperimentali a proposizioni che possono essere logicamente dedotte è, secondo Meyerson, lo scopo ultimo di ogni ricerca scientifica, scopo verso il quale noi tendiamo sempre, pur essendo vagamente persuasi che possiamo raggiungerlo solo parzialmente. Da questo punto di vista, Meyerson è un razionalista e non un empirista. Tuttavia, egli si separa dall'idealismo critico in senso kantiano. Non vi è, infatti, alcun tratto, alcun punto di questo sistema che costituisce l'oggetto della ricerca, di cui possiamo sapere *a priori* che deve necessariamente far parte di esso per via della natura stessa del nostro pensiero. E questo vale anche per ciò che concerne le forme della logica e della causalità. Non abbiamo il diritto di domandarci come il sistema scientifico *deve* essere costruito ma solo come *è stato* effettivamente costruito, nelle fasi già compiute della sua evoluzione. I suoi fondamenti logici come anche la sua struttura interna sono dunque «convenzionali», dal punto di vista della logica; essi trovano la loro giustificazione unicamente nel rendimento del sistema dinanzi ai fatti, nella sua unità di pensiero e nel piccolo numero di premesse che esso richiede.

Meyerson designa col nome di «Relativismo» il sistema di una «teoria geometrica» dell'universo. Qui bisogna fare attenzione a non prendere questo sistema per un modo di pensare nuovo, distinto da quello dell'antica fisica (come potrebbero suggerire alcuni passaggi del libro). La teoria della relatività non ha mai avuto simili pretese.

[...] L'importante per Meyerson è che l'edificio intellettuale della fisica acquisisca, ad un grado finora sconosciuto, con il suo adattamento al principio di relatività, il carattere di un sistema strettamente logico e deduttivo [...]. [In] questo carattere deduttivo e eminentemente astratto [...] vede un'applicazione della tendenza generale che la storia dello sviluppo delle scienze esatte manifesta [...]. Questo carattere deduttivo e costruttivo permette a Meyerson un confronto estremamente ingegnoso della relatività con i sistemi di Hegel e

---

<sup>51</sup> G. Chazal, *Bachelard et la relativité*, cit., pp.38-39.

di Cartesio [...]. Lo spirito umano non si accontenta di stabilire relazioni, vuole *comprendere*; e la superiorità della Relatività sulle due concezioni precedenti sarebbe dovuta, secondo Meyerson, alla sua precisione quantitativa e al suo adattamento a numerosi fatti sperimentali. Vede un altro punto comune alle teorie di Cartesio e dei relativisti nell'assimilazione dei concetti della fisica a concetti spaziali, cioè geometrici. D'altronde, nella Relatività questo non potrebbe essere completamente realizzato se non dopo la riduzione del campo elettromagnetico secondo le teorie di Weyl e Eddington. Anche in questo caso c'è una confusione da evitare nell'interpretazione di alcune affermazioni di Meyerson, e in particolare di questa: «la Relatività riporta la fisica alla geometria». È esatto che, con questa teoria, la geometria (metrica), considerata distinta dalle discipline finora classificate sotto il titolo «fisica», ha perso la sua esistenza indipendente. E Meyerson è in grado di citare un passaggio di Eddington dove si parla di una «teoria geometrica» dell'universo. Anche prima della Teoria della Relatività, il fatto di considerare la geometria, opposta alla fisica, come una scienza *a priori*, era ingiustificato: coloro che adottavano questo punto di vista dimenticavano che la geometria è la scienza delle possibilità di spostamento dei corpi solidi. Secondo la teoria della Relatività Generalizzata, il tensore metrico definisce il comportamento dei regoli e degli orologi, così come il movimento dei solidi liberamente mobili, in assenza di effetti elettromagnetici. Questo tensore è chiamato «geometrico», perché la corrispondente forma matematica è apparsa dapprima nella scienza designata con il nome di «geometria». Ciò non basta del resto a giustificare l'applicazione del nome di geometria a qualsiasi scienza in cui questa forma svolge un ruolo, anche quando, per illustrarla per mezzo di comparazioni, ci si serve di rappresentazioni a cui la geometria ci ha abituato. Una simile argomentazione avrebbe permesso a Maxwell e a Hertz di qualificare come «geometriche» le equazioni dell'elettromagnetismo nel vuoto, perché il concetto geometrico di vettore appare in queste equazioni. D'altra parte l'essenziale delle teorie di Weyl e di Eddington per la rappresentazione del campo elettromagnetico non è nell'annessione di questo campo alla geometria, ma nel fatto che esse mostrino un percorso possibile per arrivare a rappresentare sotto un unico aspetto la gravitazione e l'elettromagnetismo, mentre i due campi corrispondenti entravano fino ad allora nella teoria in forme logicamente indipendenti l'una dall'altra. Così sono dell'avviso che il termine «geometrico», impiegato in quest'ordine d'idee è interamente vuoto di senso. Del resto, l'analogia che Meyerson fa valere tra la fisica relativista e la geometria è ben più profonda. Esaminando, dal punto di vista filosofico, la rivoluzione prodotta dalle nuove teorie, egli vi vede la manifestazione di una tendenza già segnata dai progressi scientifici precedenti, ma qui ancora più visibile, tendenza alla riduzione del «diverso» alla sua più semplice espressione, cioè alla sua dissoluzione nello *spazio*. Che questa riduzione completa – che era il sogno di Cartesio – sia in realtà impossibile, questo è ciò che mostra Meyerson nella teoria della Relatività stessa [...].

Il libro di Meyerson è – ne sono convinto – uno dei più notevoli che siano stati scritti sulla teoria della Relatività dal punto di vista della teoria della conoscenza. Mi spiace soltanto che sembra ignorare i lavori di Schlick e Reichenbach, di cui avrebbe certamente saputo apprezzare il valore<sup>52</sup>.

Come scrive Alunni, i sostenitori del pensiero di Meyerson “rinviano sistematicamente a questo «riconoscimento ufficiale» da parte di Einstein”, senza però considerare “il lungo assedio psicologico” a cui Meyerson avrebbe sottoposto Einstein “nella sua corrispondenza con lui”.

Einstein ci avrà messo quasi due anni per rispondere alla pressante richiesta di Meyerson.

Quanto allo «stile» meyersoniano, è sufficiente citare questo passaggio di una lettera del 20 luglio 1927: «Infine, un'ultima preghiera: nell'ultimo paragrafo del Suo resoconto, lei dice del mio libro che è uno dei più interessanti, e così via. Si tratta, detto da lei [*dans votre bouche*], di un complimento estremamente elogiativo. Ma sembra anche significare implicitamente che altre opere filosofiche sono, per così dire, *ex aequo* con la mia in questa competizione. Non me n'ero mai preoccupato prima, anche perché quello che Le avevo sentito dire qui, o quello che mi avevano riferito alcuni conoscenti che Le avevano parlato, mi portava a pensare che ritenesse il mio lavoro come il migliore (sul terreno della teoria della conoscenza). Ma ora vorrei studiare bene questi concorrenti per imparare da loro. Mi

<sup>52</sup> A. Einstein, *À propos de La déduction relativiste de M. Émile Meyerson*, tr.fr. di André Metz, “Revue philosophique de la France et de l'Étranger”, 53<sup>ème</sup> année, t.105 (janvier-juin 1928), pp.161-166 [la tr. è ns.]; cfr.: *Review by Albert Einstein*, Appendix 1, in É. Meyerson, *The Relativistic Deduction*, tr. by David A. and Mary-Alice Sipfle, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht 1985, pp.252-256. Inoltre, cfr. Appendix 2. *Einstein - Meyerson Exchange*, 6 April 1922, in É. Meyerson, *The Relativistic Deduction*, cit., pp.257-261; F. Fruteau de Laclous, *Émile Meyerson*, cit., p.96 sgg.; M.Giovanelli, ‘*Physics Is a Kind of Metaphysics*’: *Émile Meyerson and Einstein’s Late Rationalistic Realism*, “Rivista europea per la filosofia della scienza”, 2018 (<http://philsci-archive.pitt.edu/14855/1/meyersonrevised.pdf>); H. Barreau, *Les théories philosophiques de la connaissance face à la relativité d’Einstein*, “Communications L’espace perdu et le temps retrouvé”, 41, 1985, pp.95-110; R. Cavailles, *Einstein et les philosophes*, “Séminaire de Philosophie et Mathématiques”, 1985, fascicule 5, pp.1-27 (consultabile in [http://www.numdam.org/article/SPHM\\_1985\\_\\_5\\_A1\\_0.pdf](http://www.numdam.org/article/SPHM_1985__5_A1_0.pdf)).



farebbe il favore di darmi nomi e titoli? Credo che si tratti in primo luogo di Schlick, e naturalmente mi procurerò il libro il più presto possibile. Ma non se ne devono citare altri?»<sup>53</sup>.

Come si fa, del resto, a non ricordare che Gaston Bachelard era stato l'unico rappresentante francese ad essere invitato a partecipare, con un suo saggio, al volume dedicato ad Einstein in occasione del suo settantesimo compleanno, pubblicato nel 1949 con il titolo di *Albert Einstein, scienziato e filosofo*, nella collana dei "Filosofi Viventi". Progetto nato, grazie all'iniziativa di Paul Arthur Schilpp, dalla collaborazione di venticinque autorevoli studiosi, filosofi e fisici, tra i quali ben sei premi Nobel per la scienza<sup>54</sup>.

Dunque, *deduzione relativistica vs. valore induttivo della Relatività*<sup>55</sup>.

Se confrontiamo queste due letture o interpretazioni della Relatività, possiamo dire sommariamente che nel 1925, Meyerson ci presenta un Einstein classico, che ripete un approccio di pensiero che era quello dei suoi predecessori e che nel 1929, Bachelard ci propone un Einstein innovativo, rivoluzionario per la sua considerazione dei possibili sistemi. Perché? Perché Bachelard lettore di Einstein, e a differenza di Meyerson, non ha (e non avrà mai) una teoria della conoscenza «a portata di mano» o nella manica. Non proietta un sistema di pensiero sulla fisica di Einstein. La sua filosofia (il sistema), egli la scopre in questa stessa fisica. Va notato a questo proposito l'uso frequente dell'espressione «il sistema di Einstein»<sup>56</sup>.

Eppure nell'*Essai sur la connaissance approchée*, lo stesso Bachelard si era riferito a Meyerson con tono nient'affatto polemico.

Per chiarire le condizioni del progresso epistemologico, l'idealismo si rivela dunque un'ipotesi di lavoro infeconda e molte volte speciosa. Al contrario, Meyerson ne ha fornito la prova, la scienza di solito postula una realtà. Dal nostro punto di vista questa realtà, nel suo essere inesauribilmente sempre ancora da conoscere, presenta un carattere particolarmente adatto a suscitare una ricerca senza fine. Tutto il suo essere risiede nella sua resistenza alla conoscenza. Considereremo quindi l'incompiutezza fondamentale della conoscenza come un postulato dell'epistemologia<sup>57</sup>.

Dietro i toni di dura polemica con Meyerson che hanno caratterizzato gli scritti bachelardiani successivi, potrebbero, dunque, sorprendentemente celarsi tratti di prospettive epistemologiche (almeno originariamente) convergenti sul realismo e perciò concordi sull'idea di conoscenza?

Come scrive Jean-Claude Pariente in *Rationalisme et ontologie chez Gaston Bachelard*,

Si può, dunque, dire che il primo Bachelard non è razionalista: non sono i temi razionalistici che strutturano la sua filosofia iniziale [...]. Non sorprenderà vedere che [Brunschvicg] si sia mostrato sensibile alle esitazioni dell'*Essai sur la connaissance approchée* fra idealismo e realismo. Anche se

<sup>53</sup> C. Alunni, *Relativités et puissances spectrales chez Gaston Bachelard*, cit. pp.79-80.

<sup>54</sup> Bachelard vi partecipa con il saggio dal titolo *La dialettica filosofica dei concetti della Relatività*, in P.-A. Schilpp (a cura di), *Albert Einstein, scienziato e filosofo*, tr.di A. Gamba, Einaudi, Torino 1958, pp.511-526; successivamente incluso in versione francese nella raccolta *L'engagement rationaliste* (Puf, Paris 1972 [post.], pp.120-136); tradotto in italiano e pubblicato per i tipi Jaca Book a cura di Francesca Bonicalzi col titolo *La dialettica filosofica delle nozioni della Relatività* (in *L'impegno razionalista*, a cura di F.Bonicalzi, tr. di E.Sergio, Jaca Book, Milano 2003, pp.131-145). Il volume dedicato ad *Einstein scienziato e filosofo* e pubblicato nella collana dei "Filosofi Viventi" comprendeva anche la replica di Einstein ai saggi a lui diretti. In realtà Einstein non rispose a tutti gli autori, ma solamente agli scritti a lui pervenuti alla fine del gennaio del '49. Il saggio di Bachelard – insieme a pochi altri – fu incluso nella raccolta dopo la redazione della replica di Einstein. Pertanto non ebbe risposta, conobbe, forse solo per tale contingenza, la sorte di un monologo e tra i due fu un'occasione di dialogo mancata. Lo ricorda Alunni in *Relativités et puissances spectrales chez Gaston Bachelard* (p.80), dove peraltro stigmatizza a buon diritto "lo strano silenzio di Michel Paty nella sua nota bibliografica che, tuttavia, si riferisce all'opera collettiva edita da Arthur P. Schilpp" (*ibidem*). Piuttosto Jean Largeault intitolava *Émile Meyerson philosophe oublié* un suo contributo apparso in "Revue Philosophique de la France et de l'Étranger" n.3/1992, pp.273-293 in cui si legge: "I contributi di Meyerson alle discussioni sulle nuove teorie fisiche sono stati apprezzati da Einstein e de Broglie. Questa grande stima, condivisa da Koyré e Levy-Bruhl, è unanime, con l'eccezione di Bachelard". Largeault citava, quindi, Höffding: "L'epistemologia di Bachelard ha cancellato quella di Meyerson, che contava una serie di riflessioni più vicine alla verità sulla fisica, al tempo in cui la filosofia francese era considerata «la più attiva al mondo»" (J. Largeault, *Émile Meyerson philosophe oublié*, cit., pp.273-274; cit. anche in C. Alunni, *Relativités et puissances spectrales chez Gaston Bachelard*, cit. pp.85-87).

<sup>55</sup> Riferendosi a *La valeur inductive de la relativité*, Alunni scrive: "Il costruttivismo bachelardiano è ovunque emergente ed è permanentemente operativo in questo lavoro. Sarà definitivamente ricorrente nell'opera" (C. Alunni, *Relativités et puissances spectrales chez Gaston Bachelard*, cit., p.92 n.57).

<sup>56</sup> C. Alunni, *Relativités et puissances spectrales chez Gaston Bachelard*, cit., p.96.

<sup>57</sup> G. Bachelard, *Saggio sulla conoscenza approssimata*, cit., p.46.

alla fine ammette che Bachelard è dalla parte giusta, non ha torto nel rilevare le tracce di realismo presenti nell'*Essai*. L'*Essai* è effettivamente, a mia conoscenza, l'unico testo di Bachelard che contiene una valutazione positiva del pensiero di Émile Meyerson [...]. Quanto all'idealismo, esso s'impone ogni volta che Bachelard torna a quello che chiama «il dinamismo intimo della conoscenza», e restituisce il primato all'idea di rettificazione [...]. Ma ciò che gli impedisce di dare piena adesione all'idealismo è l'esistenza dell'errore, «l'esistenza innegabile di un errore che non può per natura essere completamente eliminato [...]. La conclusione stessa dell'*Essai* non può [...] che essere dialettica, dialettica, in particolare, della rettificazione idealistica come conquista dell'oggettività e dell'approssimazione realistica come conquista della realtà [...]. L'ultimo capitolo proponeva [...] di considerare la rettificazione come un processo inscritto nella realtà stessa. Bachelard era infatti obbligato, come ha osservato Georges Canguilhem, a prendere le distanze dalle tesi di André Lalande, per poter dare un fondamento reale all'indispensabile conciliazione tra il lato realista e il lato idealista dell'*Essai*. «Il compito della conoscenza e quello della creazione seguono un medesimo piano, e sono entrambe incompiute»: questa duplice incompiutezza lascia spazio all'errore e consente a un idealismo che lo accettasse di accostarsi alle condizioni effettive del pensiero umano. Questo idealismo che integra la possibilità dell'errore è anche quello che Bachelard [...] chiama «un realismo senza sostanza». Concepire l'idealismo in modo che non escluda l'errore è, infatti, versare sul suo conto la funzione dell'idea di sostanza nel realismo, impedendo alla conoscenza di porsi mai come compiuta. **Ma allora, non sarebbe più semplice accontentarsi del realismo? Ciò che allontana Bachelard da esso è soprattutto il fatto che la garanzia dell'oggettività del sapere non può essere trovata nella realtà [...].** Il realismo non può fornire il suo principio alla conoscenza. Così Bachelard avanza verso una formula filosofica cui dà il nome di «approssimazionalismo» o ancora «filosofia dell'inesatto», e che gli sembra [...] dice, «cautelarsi da ogni parte». Troppo idealista per porre un oggetto estraneo al pensiero, essa è troppo realista per accontentarsi di forme *a priori* inadatte a informare il reale<sup>58</sup>.

Secondo Castelli Gattinara, «Bachelard voleva mostrare [...] come l'approssimazionalismo potesse costituire l'epistemologia appropriata a tutta la conoscenza scientifica, capace di rendere conto tanto della razionalità della conoscenza stessa quanto delle sue trasformazioni storiche, e superando l'ideale realista o quello idealista della pura esattezza intendeva ridefinire le categorie concettuali indispensabili a pensare in modo nuovo le scienze nella loro dinamica. Questo era ormai possibile senza lasciarsi sedurre da facili ontologismi, e soprattutto senza porre limiti metafisici o stabilire ambiti d'appartenenza o di competenza oltre i quali la conoscenza non avrebbe potuto o dovuto spingersi [...]. Fin dai primi capitoli Bachelard prende le distanze dalle filosofie che gli erano contemporanee (il positivismo, il pragmatismo, il meyeronismo, la fenomenologia, oppure l'intuizionismo bergsoniano), in nome di quella vettorializzazione che rende il pensiero una dinamica di fronte alla quale il processo conoscitivo non è più interpretabile in termini di «coincidenza» fra pensiero e realtà (che definiva appunto «mostruosità epistemologica»)»<sup>59</sup>.

Difficile credere che il *primo* Bachelard sia stato un realista *à la Meyerson*.

Ma soprattutto, per dirla con Chazal,

a voler far rientrare l'epistemologia bachelardiana nelle grandi categorie della metafisica si rischia di condannarsi a lasciar sfuggire la dimensione essenziale di questa epistemologia. Infatti, il realismo de *La connaissance approchée*, l'induttivismo de *La valeur inductive de la Relativité*, come più tardi il razionalismo del *Rationalisme appliqué* o il materialismo del *Materialisme rationnel* sono essenzialmente concetti epistemologici operativi che interverranno nella definizione dei profili epistemologici piuttosto che nella costruzione di una metafisica dogmatica. Bachelard lo precisava scrivendo ne *La valeur inductive de la Relativité*, che «si tratta, beninteso, non di una metafisica ontologica, ma piuttosto di una metafisica del metodo, di un criticismo matematico»<sup>60</sup>.

<sup>58</sup> J.-C. Pariente, *Rationalisme et ontologie chez Gaston Bachelard* [1984], in M. Bitbol & J. Gayon (dir.), *L'épistémologie française, 1830-1970*, cit., pp.235-263; 237-239; 240, [tr. e grass. sono ns.]; già in Bulletin de la Société française de Philosophie, A. Colin, Paris n.1 janvier-mars, 1985/79, riprodotto in G. Lafrance (dir.), *Gaston Bachelard profils épistémologiques*, Presses de l'Université d'Ottawa 1987, pp.25-46; 26; 27; 28. Pariente aggiunge: «Bachelard non ignora nel 1928 ciò che chiamerà più tardi il valore induttivo della matematica» (*ibidem*).

<sup>59</sup> E. Castelli Gattinara, *Introduzione. Bachelard: un filosofo venuto dal nulla per una filosofia dell'inesatto*, in G. Bachelard, *Saggio sulla conoscenza approssimata*, cit., pp.20; 22.

<sup>60</sup> G. Chazal, *Bachelard et la relativité*, cit., p.40.

Più tardi (ma – si dirà – siamo ben oltre il *primo* Bachelard!), nel saggio per il volume del '49 dedicato ad Einstein, Bachelard scriveva:

È poco istruttivo affermare frettolosamente, come ha fatto Meyerson, che Einstein è un *realista*. Senza dubbio, Einstein, si sottomette all'esperienza, al «reale». Tuttavia, non occorre chiedere subito: a quale esperienza? a quale realtà? Quella dell'infima cifra decimale in cui si gioca l'esperienza di Michelson, o piuttosto, quella solida del numero intero, della verifica solida, consueta, comune, grossolana? Sembra che il filosofo che segue gli insegnamenti della relatività debba perlomeno considerare una *nuova realtà*. E questa gli intima di *considerare altrimenti* la realtà.

[...] è nella direzione razionalismo → realismo che avanzano i pensieri efficaci<sup>61</sup>.

Parlando di razionalismo, nella seduta del 25 marzo 1950 della *Société Française de Philosophie*, così egli ricordava i suoi inizi di studioso di “approssimazioni”:

Ho cominciato la mia vita di filosofo studiando le approssimazioni, nella filosofia come nella scienza. Non c'è dubbio che la grande certezza della scienza risiede nei suoi primi criteri di approssimazione. Quando si studia l'applicazione di una funzione a un fenomeno, si è certi di ottenere rapidamente una legge generale. Scavando più a fondo, cercando una seconda approssimazione si comincia a trovare il razionalismo primario.

Nelle prime forme del sistema di Tolomeo c'era un'organizzazione magnifica dei fenomeni astronomici. Non si vedono gli epicicli, non appaiono! C'era di conseguenza un'organizzazione del cielo che aveva esattamente i suoi criteri perché si potessero seguire con evidenza i movimenti dei pianeti. Vedete dunque che sono completamente d'accordo con voi [si rivolge in particolare a Fréchet] circa le costituzioni progressive e solide, dal punto di vista storico, delle diverse tappe del razionalismo; si tratta precisamente di tappe<sup>62</sup>.

---

<sup>61</sup> G. Bachelard, *La dialettica filosofica delle nozioni della Relatività*, ed. it. Jaca Book, Milano 2003, cit., pp.133;143. Sul realismo di Bachelard cfr. M.-E. Martin, *Les réalismes épistémologiques de Gaston Bachelard*, Thèse de doctorat en Philosophie 2010, *Épistémologie, histoire des sciences et des techniques*, Université de Nantes, sous la direction de André Stanguennec (Université de Nantes); *Président*: Vincent Jullien (Université de Nantes); *Rapporteurs*: Jean Gayon (Université de Paris 1) et Daniel Parrochia (Université de Lyon 3).

In *L'esperienza dello spazio nella fisica contemporanea*, si legge che la filosofia realista, rispecchiando le convinzioni del senso comune, fonda il *realismo delle cose* sul *realismo dell'estensione* (ed. it. Armando Siciliano, Messina 2002, p.3): poco importa se non si sa cosa sia l'oggetto; se esso c'è è perché è localizzabile, lo si può trovare in una regione ben precisa dello spazio: “Ciò che importa è il *qui* dell'oggetto, il *qui* che lo aggancia all'esistenza geometrica”. La filosofia realista ha fatto della “localizzazione [...] la sola vera radice della sostanzializzazione”. Questo realismo dell'estensione (o – come pure Bachelard lo chiama – «*realismo ingenuo delle proprietà spaziali*» o «conoscenza ingenua dello spazio») ha costituito il fondamento della fisica classica. Quella prima rappresentazione geometrica, fondata su un *realismo ingenuo delle proprietà spaziali* è stata superata dallo sviluppo dello spirito scientifico che si è spinto fino agli “spazi delle configurazioni”.

Il ruolo della matematica nella fisica contemporanea ha superato la semplice descrizione geometrica. “Il matematismo – scrive Bachelard ne *La formazione dello spirito scientifico* – non è più descrittivo ma formativo. La scienza della realtà non si accontenta più del *come* fenomenologico; ma essa cerca il *perché* matematico [...]. Se si riflette sull'evoluzione dello spirito scientifico [...] si può subito riconoscere uno slancio che va dal geometrico più o meno visivo all'astrazione completa” (G. Bachelard, *La formazione dello spirito scientifico, La formazione dello spirito scientifico. Contributo a una psicoanalisi della conoscenza oggettiva*, tr. di E. Castelli Gattinara, R. Cortina, Milano 1995, pp.1-2).

Dunque, fino alla Relatività inclusa, la fisica matematica sembra evolvere “a senso unico, dal concreto all'astratto” (G. Bachelard, *L'esperienza dello spazio nella fisica contemporanea*, cit., p.68). La *concretizzazione dell'astratto* è un carattere tutto nuovo dell'epistemologia contemporanea.

<sup>62</sup> G. Bachelard, *De la nature du rationalisme* [1950], “Bulletin de la Société française de Philosophie” (séance du samedi 25 mars 1950, exposé: Gaston Bachelard - Discussion: R. Bayer, J. Beaufret, G. Bénézé, G. Bouligand, E. Bréhier, M. Fréchet, R. Lenoble, St. Lupasco, E. Minkowski, Mourre, E. Souriau, J. Ullmo, E. Wolff), 44, n.2, éd.A. Colin, Paris; rist. in *L'engagement rationaliste*, cit., pp.45-88; tr. it *Sulla natura del razionalismo*, in *L'impegno razionalista*, cit., pp.63-102; 95.

## 1.2 Con Brunschvicg sul valore critico del relativismo einsteiniano

Come si legge nel *Bollettino della Société Française de Philosophie*, nell'incontro del '22, Einstein, aveva preso le distanze dall'intervento di Brunschvicg. Così lo aveva, per così dire, liquidato:

A proposito della filosofia di Kant, credo che ogni filosofia ha il suo proprio Kant [ ... ]. Io non credo, da parte mia, che la mia teoria concordi su tutti i punti col pensiero di Kant, quale esso mi appare. Mi sembra più importante nella filosofia di Kant il fatto che vi si parli di concetti *a priori* per edificare la scienza. Si possono opporre due punti di vista: *l'apriorismo* di Kant, nel quale certi concetti preesistono nella nostra coscienza e il convenzionalismo di Poincaré. Questi due punti di vista si accordano sul punto che la scienza ha bisogno, per essere edificata, di concetti arbitrari; quanto a sapere se questi concetti sono dati *a priori* o convenzioni arbitrarie, non posso dir niente<sup>63</sup>.

Meyerson ricordava l'episodio ne *La déduction relativiste*.

L'abbiamo noi stessi ascoltato – durante la seduta della *Société française de Philosophie* – formulare delle riserve molto nette mentre rispondeva ad una tesi espressa da Léon Brunschvicg il quale, proprio a proposito del relativismo, aveva richiamato il filosofo di Königsberg<sup>64</sup>.

Ma la cosa più sorprendente è che dopo circa trent'anni, nel 1954, ancora in una seduta della *Société française de Philosophie*, convocata questa volta in occasione del decimo anniversario della morte di Brunschvicg, ci fosse ancora qualcuno, nella fattispecie André Metz (si direbbe quasi facente le veci di Meyerson), pronto pubblicamente a dichiarare che Brunschvicg avesse capito poco o nulla della relatività di Einstein.

**ANDRÉ METZ.** – È certo che Brunschvicg ha studiato tutte le teorie scientifiche. Ma credo che, molto spesso, non le abbia comprese profondamente, dal di dentro. Del resto, ebbe a citare frasi tratte da testi divulgativi. In Einstein, per esempio, ci sono frasi che egli non ha compreso veramente, credo, perché si è basato su un lavoro che è un piccolo libro di divulgazione, e io mi ricordo benissimo che ha fatto il seguente rilievo: «Si è passati – dice – da considerazioni sulle definizioni della simultaneità degli avvenimenti o dall'eguaglianza dei tempi a speculazioni sull'evoluzione degli enti reali». In realtà non è questo che pensa Einstein, ma, per capirlo, avrebbe dovuto leggere le vere memorie di Einstein, comprenderle, leggere i suoi tratti e non soltanto questo piccolo libro divulgativo che non è stato fatto per i filosofi [...].

Questo è semplicemente un esempio che tende a mostrare che in fondo la comprensione da parte di Brunschvicg delle teorie scientifiche forse non è stata sempre così profonda come si è voluto dire.

**MARTIAL GUEROULT.** – Brunschvicg si era avviato alla matematica sotto la direzione dell'eccellente matematico Pierre Boutroux [...], [e] si era abbastanza avviato per non restare senza contatto vero con «l'*esprit* della scienza contemporanea».

**GASTON BACHELARD** [vice-presidente della *Société française de Philosophie*]. – È anche la mia impressione... La mia profonda impressione è che Brunschvicg ha compreso la quintessenza del movimento einsteiniano. Beninteso, la questione, per un filosofo come lui, non era quella di entrare nel dettaglio dei calcoli di Einstein<sup>65</sup>.

Ci chiediamo se l'interpretazione della Relatività che Brunschvicg aveva espresso nel corso della *storica seduta* fosse, dal punto di vista epistemologico, così carente di profondità concettuale da restare scollata dalle autentiche originarie intenzioni dello scienziato. Torniamo, dunque, all'incontro con Einstein del '22.

<sup>63</sup> *La teoria della relatività nel dibattito della Société française de Philosophie* (6 aprile 1922), cit., pp.81-82.

<sup>64</sup> É.Meyerson, *La deduzione relativistica*, cit., pp.255-256.

Scrivono Vinti: "L'interpretazione anti-realistica e concettualistica della relatività di Brunschvicg, successivamente apprezzata da Bachelard, non è [...] condivisa da Meyerson, anche se nella *Déduction* essa viene più volte richiamata in quanto si condivide l'idea della relatività, e quindi della scienza in generale, come *progressiva matematizzazione* della realtà" (C.Vinti, *Introduzione: Meyerson e la relatività nell'epistemologia francese degli anni '20*, cit., p.21).

<sup>65</sup> *Brunschvicg et l'Histoire de la Civilisation, Commémoration du X<sup>e</sup> anniversaire de la mort de Léon Brunschvicg*, "Bulletin de la Société française de la Philosophie", séance du 30 janvier 1954, 48/1, éd. A. Colin, Paris 1954 (exposé: Martial Guerot. Discussion: G. Bachelard, J. Hyppolite, R. Lenoir, A. Metz, J. Wahl, E. Wolff), pp.1-36; 33; 34.

Brunschvicg interviene rivolgendosi all'illustre ospite parole di saluto di valore non occasionale, andando oltre la formalità dell'eccezionale circostanza.

Al fine di ottenere questa precisazione mi è stato chiesto di prendere qui la parola. Ed è per me l'occasione di esprimere, semplicemente, forse brutalmente, la mia emozione nel salutare tra noi un uomo che, con la sua opera di scienziato e di filosofo (e anche per altre ragioni sulle quali non insisto, ma alle quali egli sa bene che pensiamo), ingrandisce la nostra idea di umanità. Il nome di Einstein ha già assunto il rango di quelli dei geni che ci permettono di trasformare secondo l'immagine platonica, qui particolarmente opportuna, la luce sensibile in luce intelligibile<sup>66</sup>.

Ebbene, quella certa idea di "umanità" accresciuta dal progresso della conoscenza fa venire alla mente Bachelard quando scriveva: "il valore della cultura scientifica può essere dato come un grande valore umano, come il valore dell'uomo, il valore dell'umanità"<sup>67</sup>. E aggiungeva:

Il sapere è in sé un *fattore di vita*. Una specie d'**induzione dinamica** anima una cultura scientifica [...]. La cultura scientifica, lungo tutto il suo sviluppo, si accompagna a una coscienza di creatività, a una speranza sostenuta e invincibile di creatività. Una tale coscienza di possibilità di creazione, una tale esigenza di creazione, accresce la primitiva coscienza dell'*homo faber* [...]. La scienza moderna è un *umanismo*<sup>68</sup>.

Ma tornando a Brunshvicg, in quell'occasione egli diceva di voler prendere "per base di riferimento il mondo kantiano" per "tentare di definire [...] qual è, per i filosofi, la portata della trasformazione operata dalla scoperta del mondo einsteiniano"<sup>69</sup>.

La fisica einsteiniana è [...], a giudizio di Brunshvicg, la migliore espressione dell'attività sintetica della scienza<sup>70</sup>.

Per Brunshvicg, "l'«elemento dominante» dell'eredità kantiana"<sup>71</sup> era "il primato della coscienza trascendentale" che "attesta, nell'uomo, una potenza creatrice di verità"<sup>72</sup>, era la scoperta di una "capacità di invenzione intellettuale, di creazione scientifica"<sup>73</sup>. L'*apriorismo* era "l'aspetto più esteriore, più superficiale e il meno fecondo"<sup>74</sup>, "decisamente caduco"<sup>75</sup> della dottrina kantiana, quello che costituiva la "fragilità sistematica del kantismo"<sup>76</sup> ed era evidente che Kant aveva "perseguito uno scopo chimerico basandosi sull'immutabilità della geometria o della meccanica per arrestare la «lista ufficiale» delle forme e delle categorie": si trattava di "una imperfezione innegabile del sistema kantiano"<sup>77</sup>. Dunque, "inevitabilmente" la coscienza legislatrice "si trova raggiunta dai progressi della scienza positiva che hanno mandato in rovina la necessità e l'universalità di queste forme e di queste categorie"<sup>78</sup>. Secondo Brunshvicg, "l'originalità della critica kantiana consiste nel giustificare l'*oggettività* della conoscenza fisica, rompendo l'alternativa secolare di un fenomenismo a tendenza scettica e di un razionalismo a pretesa dogmatica"<sup>79</sup>. La conclusione a cui Hume era giunto, si sa, era di estrema gravità per il destino della scienza e Kant si rivolgeva "alla coscienza razionale dell'uomo [...], non più alla ragione assoluta in Dio, per chiederle di supportare l'insieme della legislazione

<sup>66</sup> *La teoria della relatività nel dibattito della Société française de Philosophie* (6 aprile 1922), cit., p.78.

<sup>67</sup> G. Bachelard, *La vocation scientifique et l'âme humaine* [1952], in AA.VV., *L'homme devant la science*, Éd. de la Baconnière, Neuchâtel 1952, pp.11-29; 29.

<sup>68</sup> Ivi, pp.18; 20; 25; 26 [il grass. è ns.].

<sup>69</sup> *La teoria della relatività nel dibattito della Société française de Philosophie* (6 aprile 1922), cit., p.79.

<sup>70</sup> G. Perri, *Crescita della conoscenza e complessità*, cit., p. 111.

<sup>71</sup> L. Brunshvicg, *L'idée critique et le système kantien*, "Revue de Métaphysique et de Morale", 1924, pp.133-203, 159.

<sup>72</sup> Ivi, p. 151.

<sup>73</sup> Ivi, p. 159.

<sup>74</sup> L. Brunshvicg, *L'expérience humaine et la causalité physique* [1922], Puf, Paris 1949<sup>3</sup>, p.VI. Da ricordare che lo scritto *Relatività e conoscenza a priori* di H. Reichenbach, sul problema dell' *a priori* kantiano, era stato pubblicato nel 1920.

<sup>75</sup> L. Brunshvicg, *L'idée critique et le système kantien*, cit., p.153.

<sup>76</sup> Ivi, p.157.

<sup>77</sup> Ivi, p. 153.

<sup>78</sup> Ivi, p. 152.

<sup>79</sup> L. Brunshvicg, *Le progrès de la conscience dans la philosophie occidentale*, Alcan, Paris, 1927, t.I, p.306 § 149. Nel capitolo VI dedicato a Descartes (pp.139-161), Brunshvicg qualifica come "evento capitale della storia" il "passaggio dal realismo delle qualità alla fisica matematica"(p.149).

scientifica”<sup>80</sup>. Si compiva così la rottura (Brunschvicg letteralmente dice: “*détachement*”) con il dogmatismo teologico attraverso “lo sforzo di una riflessione sincera, paziente e scrupolosa per dare infine all’uomo l’idea esatta della sua condizione”<sup>81</sup>. La rottura con la tradizione era, perciò, già nell’invenzione di “un tipo inedito di esistenza” per lo spazio e il tempo, che non sono “cose, in Dio o dinanzi agli uomini, né immagini generiche tratte dalle cose” e che “per il loro carattere *a priori* [sono] indipendenti dal contenuto particolare [dei] dati [sensibili]. Kant ha aperto un nuovo registro di stato civile, dove ha iscritto lo spazio unico e universale, il tempo unico e universale; e di fatto, la scienza del XVIII sec. così com’era, non aveva nient’altro da mettervi”<sup>82</sup>. Con Kant si era realizzata una rivoluzione in sede gnoseologica. Einstein – come avrebbe sostenuto poi anche Bachelard – ha attuato una nuova ‘rivoluzione copernicana’ dell’oggettività scientifica<sup>83</sup>.

Il mondo kantiano – dice Brunschvicg – ha, da un lato, un *contenente*: lo spazio e il tempo; dall’altro, un *contenuto*: la materia e la forza. Vi sono dunque due tipi di questioni da studiare successivamente: problemi di *contenente* [...]; problemi di *contenuto* [...]. I primi concernono la matematica; i secondi la fisica. Questi ultimi non potranno essere affrontati se non quando saranno risolti i primi. Il mondo einsteiniano si caratterizza per il fatto che esso non permette di separare contenente e contenuto. Non si ha più a che fare con lo spazio di Kant, norma dell’intelligibile e ricettacolo del reale, che si costituirà per sé, si chiuderà su di sé, attendendo che le cose lo riempiano, ancor meno con il *tempo aritmetico*, concepito come vuoto e omogeneo, per analogia con uno spazio esso stesso vuoto e omogeneo. E ancor meno vi è un universo del fisico che si definirà per il suo contenuto, indipendentemente dalle forme spaziali e temporali nelle quali esso prende posto. Nessun problema dunque che riguardi la materia considerata come sostanza in sé, o la forza considerata come causa in sé. Una sola parola permette di comprendere che questa trasformazione provoca presso il filosofo un’intensa gioia intellettuale. La concezione kantiana ci gettava nelle *antinomie*; la concezione einsteiniana ce ne libera<sup>84</sup>.

Le parole di Brunschvicg riecheggiano nell’esplicito richiamo che ne fa Bachelard ne *La richesse d’inférence de la physique mathématique*:

È impossibile vedere senza prevedere. L’esperienza, senza il pensiero matematico, non ha valore analitico; al pari dell’intuizione che ne è, del resto, solo un riflesso, l’esperienza realizza sempre, per certi aspetti, una sintesi, una sintesi vaga in cui le condizioni geometriche non sono rese trasparenti. Abbandonata alle sue abitudini, l’esperienza, se così ci si può esprimere, «degeometrizza» il fenomeno; in ogni caso non risulta sufficiente a fissare un programma di maggiore precisione. Si può essere precisi solo nel linguaggio matematico, per mezzo degli strumenti del geometra. Brunschvicg mostra che un carattere filosofico importante delle dottrine einsteiniane consiste nel fatto che tali dottrine chiedono che non si separino più, nel problema dello spazio, *contenente* e *contenuto*, e che si venga così risparmiati dalle antinomie kantiane<sup>85</sup>.

Riferirsi a Kant per parlare di relatività einsteiniana non significava, certo, tentar di ricondurre alla vecchia filosofia la nuova scienza, voler per forza trovare ad Einstein il suo proprio Kant di riferimento (magari ripensando il kantismo nel segno di un ‘kantismo *ouvert*’). Brunschvicg intendeva, piuttosto, mettere in luce il tratto, per così dire, kantianamente rivoluzionario delle nuove idee di Einstein. Cosa che pure Bachelard avrebbe fatto, più tardi, ne *La dialettica filosofica delle nozioni della Relatività* del ‘49, dove scrive che la filosofia che la Relatività insegna (e che è un *realismo* elaborato e non ingenuo) è “una filosofia critica più flessibile e più sintetica di quanto sia stata la filosofia kantiana rispetto alla scienza newtoniana”, un criticismo più rivoluzionario di quello

---

<sup>80</sup> L. Brunschvicg, *L’idée critique et le système kantien*, cit., p. 151.

<sup>81</sup> Ivi, p.150.

<sup>82</sup> Ivi, p.154.

<sup>83</sup> G. Bachelard, *La dialettica filosofica delle nozioni della Relatività*, ed. it. Jaca Book, Milano 2003, cit., p.133.

<sup>84</sup> *La teoria della relatività nel dibattito della Société française de Philosophie* (6 aprile 1922), cit., pp.79-80.

<sup>85</sup> G. Bachelard, *La richesse d’inférence de la physique mathématique* [1928], “Scientia”- Revue internationale de Synthèse scientifique, n.8, Bologna, 1931; rist.in *L’engagement rationaliste* cit., pp.109-119; 116 (ed.it.a cura di F.Bonicalzi, *La ricchezza inferenziale della fisica matematica*, in G.Bachelard, *L’impegno razionalista*, cit., pp.121-130; 127).

Sul rapporto tra Bachelard e Brunschvicg cfr. F. Dagognet, *Brunschvicg et Bachelard*, “Revue de Métaphysique et de Morale” 1, 1965, pp. 43-54; G. Bachelard, *La philosophie scientifique de Léon Brunschvicg* [1945], “Revue de Métaphysique et de Morale”, 50, janvier-avril 1945, pp.77-84; rist.in *L’engagement rationaliste*, cit., pp.169-177 (ed. it. *La filosofia scientifica di Léon Brunschvicg*, in Id., *L’impegno razionalista*, cit., pp.177-184).

kantiano, anzi “più geniale”<sup>86</sup>. Kant aveva fatto ruotare il mondo intorno alla mente umana e reso soggetto conoscente e oggetto conosciuto relativi l’uno all’altro. Ma una tale Relatività restava “simbolica”.

Niente è cambiato nel dettaglio delle conoscenze più che nei principi di coerenza della conoscenza. L’empirismo e il razionalismo restano l’uno di fronte all’altro senza poter davvero cooperare filosoficamente, senza potersi arricchire reciprocamente<sup>87</sup>.

Con la Relatività, una *filosofia dialettica* dello spazio, nata dalla sintesi del razionale e dell’empirico, si contrapponeva sia alla filosofia del realismo ingenuo sia al criticismo kantiano. La nuova sintesi *a priori* che era alla base della nozione di spazio-tempo, quale prodotto dell’organizzazione matematica di un’esperienza fisica, risultava, dal punto di vista dello scienziato, più ‘concreta’ delle due nozioni separate di spazio e di tempo, tanto care al senso comune. Nel sacrificio di tutto ciò che dava certezza alla concezione classica della realtà, attraverso una trasmutazione razionale dei concetti di spazio assoluto, tempo assoluto, velocità assoluta, nulla era andato perduto: la dialettica tra meccanica classica e meccanica relativistica è, infatti, una dialettica comprensiva (*dialectique d’enveloppement*)<sup>88</sup>. Con la scienza einsteiniana si apriva la possibilità di realizzare un razionalismo ‘istruito’, ‘differenziatore’, ‘dialettico’. “Coloro che hanno compreso l’organizzazione matematica della relatività – notava Bachelard – non hanno bisogno di *esempi*. Si insediano nell’*algebrismo* chiaro e sicuro della dottrina”<sup>89</sup>.

Essenziale, dunque il confronto con Kant, già nell’intervento di Brunschvicg (Einstein non lo avverte, non lo coglie affatto, ma è pur sempre uno scienziato – *Kant lo perdoni!* –. Sembrerebbe, però, che neppure Meyerson lo abbia colto a dovere), poi anche nelle riflessioni di Bachelard, per dire degli effetti filosofici del gran ‘terremoto concettuale’<sup>90</sup> prodotto dalla rivoluzione relativistica. Per dire, cioè, che il senso più profondo della *rivoluzione copernicana dell’oggettività* a partire da Kant si sarebbe realizzato pienamente nell’età del *nuovo spirito scientifico*.

Fisseremo con estrema precisione l’inizio dell’era del *nuovo spirito scientifico* nel 1905, quando la Relatività einsteiniana deforma alcuni concetti primordiali che si credevano ormai fissati per sempre. A partire da questa data, la ragione moltiplica le sue obiezioni, dissocia e ricongiunge nozioni fondamentali, tenta le astrazioni più audaci. Nell’arco di venticinque anni, segno di una stupefacente maturità spirituale, appaiono pensieri uno dei quali, da solo, sarebbe bastato a rendere illustre un secolo: la meccanica quantistica, quella ondulatoria di Louis de Broglie, la fisica delle matrici di Heisenberg, la meccanica di Dirac, le meccaniche astratte e ben presto le fisiche astratte che ordineranno tutte le possibilità dell’esperienza<sup>91</sup>.

Bachelard si riferisce a Kant anche quando pensa al problema dei limiti del sapere scientifico. Lo fa, per esempio, in *Critica preliminare del concetto di frontiera epistemologica*<sup>92</sup>, scritto in occasione dell’*VIII Congrès international de philosophie* (Praga, 2-7 settembre 1934), dove sostiene che “per lo spirito scientifico, *tracciare nettamente una frontiera significa già oltrepassarla*”<sup>93</sup>.

Contro le pretese dei “partigiani della limitazione metafisica del pensiero scientifico”, i quali si attribuiscono “il diritto di stabilire *a priori* dei limiti che non hanno alcun rapporto con il pensiero che essi limitano”<sup>94</sup>, e seguitano a rinfacciare allo scienziato l’assenza, nella struttura scientifica, dell’in sé

<sup>86</sup> G. Bachelard, *La dialettica filosofica delle nozioni della Relatività*, ed. it. Jaca Book, Milano 2003, cit., p.134.

<sup>87</sup> Ivi, p. 131.

<sup>88</sup> G. Bachelard, *La dialectique philosophique des notions de la Relativité*, p.131 (preferiamo in questo caso riferirci alla edizione francese dato che, in traduzione italiana per Jaca Book, Milano 2003, l’espressione *dialectique d’enveloppement* è resa come “dialettica d’aggiramento” - ivi, p.141. A. Gamba, invece, traduce *dialectique d’enveloppement* con *dialettica comprensiva*, in P.-A. Schilpp (a cura di), *Albert Einstein, scienziato e filosofo*, cit., p.522).

<sup>89</sup> G. Bachelard, *La dialettica filosofica delle nozioni della Relatività*, ed. it. Jaca Book, Milano 2003, cit., p.138.

<sup>90</sup> Ivi, p. 131.

<sup>91</sup> G. Bachelard, *La formazione dello spirito scientifico*, cit., p.3.

<sup>92</sup> G. Bachelard, *Critique préliminaire du concept de frontière épistémologique* in *Études* [post.], J. Vrin, Paris 1970, pp. 77-85 (ed.it. in G. Bachelard, *Studi di filosofia della scienza*, a cura di A. Cavazzini, Mimesis, Milano 2006, pp.101-107).

<sup>93</sup> G. Bachelard, *Critica preliminare del concetto di frontiera epistemologica*, in Id., *Studi di filosofia della scienza*, cit., pp.103-104.

<sup>94</sup> Ivi, p.102. Letteralmente: “le droit de poser *a priori* des bornes qui sont *sans rapport* avec la pensée qu’elles limitent” (G. Bachelard, *Critique préliminaire du concept de frontière épistémologique*, cit., p.78 [il grass. è ns.]).

significativo, Bachelard scrive che solo la scienza è abilitata a tracciare le proprie frontiere e, per lo spirito scientifico, la frontiera non è tanto un limite quanto “une zone de pensées particulièrement actives”<sup>95</sup>. Da qui la necessità di una revisione moderna del kantismo attraverso la negazione della rigidità e fissità dei principi concettuali dell’intelletto puro e di una sua risoluzione in un *razionalismo aperto*<sup>96</sup> che abbia in conto il pluriverso della realtà e della ragione scientifica ormai scossa e riorganizzata dalla crisi dei fondamenti del sapere scientifico tradizionale: la scienza non ha limiti nel ricercare i suoi limiti e il progresso scientifico è un progresso irreversibile cui l’incompiutezza è essenziale.

Tutto questo, per Bachelard, era già *dentro* la svolta di Einstein (si potrebbe dire, *malgrado Einstein*): la Relatività aveva, infatti, posto la matematica al centro dell’esperienza scientifica.

Il riferimento di Brunschvicg a Kant e l’accostamento da lui proposto al pensiero di Einstein, nell’incontro del ‘22, non era perciò roba da vecchi metafisici.

Piuttosto, nella teoria di Einstein – come scrive Carlo Vinti – Brunschvicg “vi vede realizzato nella sua forma più radicale, senza più residui metafisici, quel punto di vista gnoseologico che si basa sul rifiuto della realtà assoluta del soggetto e dell’oggetto e sul riconoscimento della intrinseca reciprocità di ragione e dato, teoria ed esperienza, spirito ed universo [...]. Einstein, secondo Brunschvicg, dopo e al di là di Kant, ha espresso l’idea della conoscenza come impegno del soggetto che nel suo «effort rationnel de coordination», nel suo sforzo concettualizzante supera ogni presupposto immediatamente intuitivo e realistico”<sup>97</sup>.

Così, ancora Brunschvicg di fronte ad Einstein nel ‘22:

Le dottrine della relatività non conoscono più il matematico puro, lo spazio considerato a parte rispetto a ciò che lo riempie, il tempo considerato a parte rispetto a ciò che accade, in una parola il sistema della misura che sarebbe definito in quanto *misurante*. L’operazione di misura consiste nel mettere il procedimento di misura e la cosa da misurare in una relazione così stretta che non si potrebbero determinare i caratteri dell’uno senza riferimento alle proprietà, intrinseche e oggettive, dell’altra. Non vi è più un problema filosofico che si pone riguardo allo spazio *prima della materia*, o alla materia *dopo lo spazio* – *a fortiori* non vi è nessun problema riguardo a un’entità di tempo, che si trascina penosamente a rimorchio dello spazio. Il mondo, secondo Einstein, è senza diritto e senza rovescio; esso si costituisce tutto d’un pezzo per la correlazione progressiva del matematico e del fisico, che non lascia, in nessun momento del lavoro intellettuale, sussistere uno *hiatus*, che non implica alcuna fessura, tra la posizione del *continuum spazio-temporale* e la realtà che ne determina le caratteristiche. Da questo punto di vista l’avvento della relatività segna bene una rivoluzione – ma nel senso letterale della metafora, come compimento del processo di pensiero – che si vede tracciata con il relativismo kantiano, in cui lo spazio, in ragione del paradosso degli oggetti simmetrici, è una forma di intuizione che richiama un contenuto e in cui la causa reclama l’esperienza di un tempo irreversibile. Già con Kant il parallelismo delle idee e delle cose si muta in connessione, in reciprocità; con Einstein, questa connessione, questa reciprocità, acquista una profondità insospettata, perché la relatività fa apparire più astratta l’espressione della realtà fisica, nello stesso tempo in cui essa precisa il significato del puro strumento di lavoro, che appartiene al matematico. Se è inevitabile che parliamo da matematici, dobbiamo pensare da fisici<sup>98</sup>.

Dunque, “«non c’è da una parte la rivoluzione della fisica e dall’altra una rivoluzione della matematica, ma una rivoluzione della fisica matematica. La teoria della relatività è fisica

<sup>95</sup> G. Bachelard, *Critique préliminaire du concept de frontière épistémologique*, cit., p.80 (“un’area di pensieri particolarmente attivi”, ed. it. cit., p.104).

<sup>96</sup> G. Bachelard, *De la nature du rationalisme*, in *L’engagement rationaliste*, cit., p.52 (ed.it.a cura di F.Bonicalzi, *Sulla natura del razionalismo* [1950], in Id., *L’impegno razionalista*, cit., pp.63-102; 69).

<sup>97</sup> C. Vinti, *Introduzione: Meyerson e la relatività nell’epistemologia francese degli anni ‘20*, cit., pp.21-22; 23. “In Brunschvicg il mondo della relatività, così come il mondo della scienza in generale, - scrive ancora Vinti- si costituisce nella «séparation radicale» dal mondo dell’intuizione immediata e del senso comune; esso è un mondo di *oggetti razionali*, «un monde de chiffres», cioè di concetti che «ne supposent avant eux ni une vérité *a priori* comme la condition de leur signification formelle ni une image intuitive comme condition de leur signification physique»; les «chiffres» non sono mere astrazioni formali o finzioni, sono piuttosto schemi concettuali, «ils correspondent à des coefficients que la réalité fournit» (ivi, p.24).

<sup>98</sup> *La teoria della relatività nel dibattito della Société française de Philosophie* (6 aprile 1922), cit., pp.80-81.



matematica..., idea fondamentale compresa dal pensiero francese»<sup>99</sup>. Come osserva Perri, “la fisica einsteiniana è [...], a giudizio di Brunschvicg, la migliore espressione della attività sintetica della scienza”<sup>100</sup>.

La costituzione di una fisica matematica – scrive Brunschvicg – segna l’avvento del pensiero moderno [...]. Con le teorie contemporanee della relatività, la crisi di semiscetticismo scientifico che era scoppiata nella generazione precedente è stata superata, perché il ruolo dei fattori, *all’interno della fisica matematica*, è apparso *invertito*. Un relativismo *a base propriamente fisica* si è sostituito al relativismo *d’essenza matematica*. Prima di Einstein la misura fisica aveva la funzione di applicare nel dominio dell’esperienza procedimenti di cui la teoria pura rendeva sufficientemente conto; poiché la misura si otteneva con lo spazio ideale, col tempo unico, del matematico. La scienza contemporanea non conosce più la dualità dei momenti, da un lato la teoria matematica, dall’altro l’applicazione fisica. La misura è *interamente* un’operazione fisica, effettuandosi nella natura reale, disponendo di strumenti che non si riducono a ideali matematici, a concetti perfetti. *Misurante* e *misurato* sono entrambi cose vere: essi posseggono proprietà che non avrebbero potuto essere previste dal ragionamento deduttivo, che non sono svelate che dall’esperienza [...]. Il problema della fisica matematica ha definitivamente e radicalmente cambiato direzione: si tratterà, non più di *imporre al mondo la forma apodittica della geometria*, ma di *adattare un certo tipo di geometria alle indicazioni che l’universo fornisce per proprio conto*<sup>101</sup>.

Come scrive Castellana, “Brunschvicg è dentro quella “tradizione di ricerca orientata già in senso razionalista, il cui nucleo originale sul piano teorico [...] è dato appunto dall’importanza accordata alla cruciale questione dei rapporti fra matematiche e fisica, dalla concezione delle matematiche come pensiero [...]. Non è d’altronde un caso se Brunschvicg è stato uno dei primi ad usare espressamente il termine «philosophie mathématique» tipicamente francese, proprio per fare emergere lo specifico delle scienze, per cogliere il pensiero in esse implicito contro le filosofie normative [...]. La «filosofia matematica» deve [...] comprendere la specificità dei processi di astrazione e di generalizzazione che «l’intelligenza matematica» mette in atto nella sua storia senza obbedire a schemi logici predefiniti; essa deve essere in grado di approfondire la logica specifica della produttività del pensiero matematico nei suoi complessi «passaggi dallo psicologico all’oggettivo» e di comprendere la rigosità e le risorse dei propri specifici processi intuitivi, che Brunschvicg sulla scia di Galois e Riemann inserisce all’interno della «logica delle relazioni» per la sua capacità di connettere campi diversi fra di loro, di trovare le «analogie strutturali» fra settori lontani, ad esempio fra matematica e fisica [...]. Del resto è lo stesso Brunschvicg [...] a indicarci la direzione della sua proposta teoretica tesa alla comprensione dei legami fra matematiche e realtà, fra pensiero matematico e pensiero fisico, all’interno di un quadro epistemologico di impronta neorazionalista, frutto della presa di coscienza del «rinnovamento dei valori scientifici, che ha preso nella nostra generazione l’andamento di una rivoluzione cronica», da quando Einstein ci ha «suggerito di correggere e di complicare le linee del newtonianesimo, troppo semplici e troppo schematiche per andare d’accordo col reale» [...]. Brunschvicg coglie in tutta la sua complessità il problema della possibilità della fisica-matematica

---

<sup>99</sup> L. Geymonat cit. in M. Castellana, *Razionalismi senza dogmi. Per una epistemologia della fisica matematica*, Rubbettino, Soveria Mannelli 2004, p.98.

Come scrive Giuseppe Bentivegna, “La filosofia della matematica si fonda sull’idealità matematica e deve rifuggire il realismo metafisico, e l’intelligenza è la capacità indefinita di proporre assiomatiche nuove da sottoporre alla verifica sperimentale; in fondo si tratta di un *razionalismo operativo* che fonda i principi della fisico-matematica” (G. Bentivegna, *Per una rilettura di Léon Brunschvicg Note storico-filosofiche*, Bonanno Editore, Acireale-Roma 2010, pp.44-45. Il presente contributo è incluso come Appendice in Id., *Il razionalismo di Jean Ullmo*, Armando Siciliano Editore, Messina 2008, pp.129-177; cfr. Id., *L’intuizionismo nella storia della filosofia della matematica di Léon Brunschvicg*, in Léon Brunschvicg, *L’intelligenza matematica e la verità. La nozione moderna di intuizione*, a cura di G. Bentivegna, Bonanno Editore, Acireale-Roma 2016, pp.7-37).

<sup>100</sup> G. Perri, *Crescita della conoscenza e complessità*, cit., p. 111.

<sup>101</sup> L. Brunschvicg, *La relation entre le mathématique et le physique*, “Revue de métaphysique et de morale”, t.XXX, 1923, pp. 353-363, in *Écrits philosophiques*, t.3, Puf, Paris 1958 éd. Electronique ([http://classiques.uqac.ca/classiques/brunschvicg\\_leon/ecrits\\_philosophiques\\_t3/ecrits\\_philosophiques\\_t3.pdf](http://classiques.uqac.ca/classiques/brunschvicg_leon/ecrits_philosophiques_t3/ecrits_philosophiques_t3.pdf)), pp.137-147; 137; cit.in G. Perri, *Crescita della conoscenza e complessità*, cit., pp.111-112 e in M.Castellana, *Razionalismi senza dogmi. Per una epistemologia della fisica matematica*, Rubbettino, Soveria Mannelli 2004, p.96.

come sapere particolare e la sua importanza filosofica per il modo di rielaborare il classico problema del rapporto fra il reale e la capacità di affrontarlo con gli strumenti razionali; il suo itinerario concettuale, a partire da *Les étapes de la philosophie mathématique* sino a *L'expérience humaine et la causalité physique* (1922), si caratterizza essenzialmente per il tentativo di mettere da parte o almeno di ridimensionare, l'idea che le matematiche siano il «linguaggio della fisica» [...]. Brunschvicg sottolinea il fatto, riportando un'affermazione di Poincaré, che così come Maxwell era abituato «a pensare in vettori», anche Langevin «pensa in tensoriale», come del resto Einstein sulla scia di Riemann, Minkowski e Levi-Civita «pensa in equazioni metriche differenziali» in quanto il pensiero matematico organizza i quadri, «pensa» *a priori* le strutture del pensiero fisico [...]. La «svolta» neorazionalista è il quadro teorico di riferimento per questo processo di traduzione delle istanze conoscitive proprie della fisica-matematica e per comprenderne il salto qualitativo come scienza autonoma da Riemann a Einstein [...]. Brunschvicg, prima di Bachelard, ha cercato di dare un significato filosofico alle trasformazioni qualitative della fisica-matematica, nonostante egli appartenga ancora, secondo Jean Desanti, alla «categoria dei filosofi-lettori, dei filosofi che rivolgono il loro interesse verso la scienza per un interesse puramente teoretico e finalizzato al rinnovamento della ragione filosofica»<sup>102</sup>.

Ne *La valeur inductive de la Relativité*, Bachelard si era, del resto, esplicitamente riferito a Brunschvicg:

La teoria di Brunschvicg ci rafforza nella nostra ipotesi per cui non è l'oggetto la radice dell'oggettività. Presa al centro della sua forza, nel suo carattere spaziale, questa oggettività non comincia da un contatto con l'oggetto, ma si confonde dapprima con il piano geometrico della nostra azione, con uno schema motore o ancora, deformando leggermente un'espressione di Brunschvicg, con un tracciato-immagine. Più che la coscienza di una generalità, l'oggettivazione è un metodo di generalizzazione cosciente<sup>103</sup>.

Ma allora, – come scrive Chazal – “*La valeur inductive de la relativité* non è che un'espressione di fedeltà [*une forme d'allégeance*] all'idealismo critico di Brunschvicg? È un po' la tesi che difende per esempio Frédéric Fruteau de Laclos in un articolo apparso nel 2005 nel Bulletin de l'Association des amis de Gaston Bachelard; cosa che, tenuto conto di alcune osservazioni di Bachelard prese ne *La valeur inductive de la relativité*, nel *Nouvel esprit scientifique*, e qua o là in tutta l'opera epistemologica, lo obbliga a parlare di «ambiguità del giovane Bachelard» quando confronta il supposto «realismo» de *La connaissance approchée* col supposto idealismo de *La valeur inductive*”<sup>104</sup>. Per Fruteau de Laclos, dietro la critica di Bachelard a Meyerson ne *La valeur inductive de la Relativité* ci sarebbe la messa a fuoco (e la conseguente presa di distanza) del realismo dell'*Essai* al fine di motivare inequivocabilmente la propria piena adesione alle posizioni di Brunschvicg. Sarebbe questa la ragione principale della critica a Meyerson (insieme a quella, sottintesa quando non esplicita, del continuismo bergsonian).

Brunschvicg, bistrattato nel 1922, risponde ugualmente alla pubblicazione del libro di Meyerson [*La déduction relativiste*]. Prova a replicare ad Einstein attraverso una lettura critica dell'opera di Meyerson. In particolare, sostiene di non aver mai voluto innestare [*rabattre*] Einstein su Kant [...].

È in questo contesto che Bachelard prepara le sue due tesi [di dottorato]. Ma non avanza per proprio conto sull'interpretazione filosofica della teoria della relatività [...].

Per Brunschvicg, se Bachelard fosse coerente, dovrebbe privilegiare l'ispirazione idealista che sottende i suoi sviluppi più giusti. Insistiamo su questo punto, perché la lettura fatta successivamente da Bachelard della teoria della relatività dipenderà essenzialmente dal suo consenso [*ralliement*] a Brunschvicg e dalla sua critica correlativa di Meyerson<sup>105</sup>.

<sup>102</sup> M. Castellana, *Razionalismi senza dogmi. Per una epistemologia della fisica matematica*, cit., pp.81-82; 84-85; 86; 88; 92-93; 94;108 (cfr. in particolare il terzo capitolo interamente dedicato a *Léon Brunschvicg e la dimensione storico-filosofica della fisica-matematica*, pp.79-109).

<sup>103</sup> Brunschvicg è cit. in G.Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, cit., pp.256-258.

<sup>104</sup> G. Chazal, *Bachelard et la relativité*, cit., p.40.

<sup>105</sup> F. Fruteau de Laclos, *Bachelard et la valeur réaliste de la Relativité*, cit., pp.51; 52; 53.

Il riferimento è, evidentemente, alla recensione dell'*Essai* scritta da Brunschvicg e pubblicata nel '29 sulla *Revue Philosophique de la France et de l'Étranger*. Di seguito, un passaggio significativo:

Se l'orientamento generale del suo pensiero non sembra dubbio al suo lettore, resta il fatto che nelle espressioni dell'autore il pregiudizio del realismo iniziale e la scoperta del vero idealismo sembrano essi stessi interferire. Da lì una leggera nebbia che non è senza *charme*, che aggiunge anche a questa opera, del tutto astratta in apparenza e tutta teorica, un interesse avvincente. Volentieri diremmo che fa pensare ad un quadro di Carrière o a una *pièce* di Pirandello, ma a condizione di escludere da questi paragoni qualsiasi sospetto di critica indiretta. L'enigma che Bachelard ci invita a meditare è ben fondato sulla duplice natura delle cose e dello spirito; c'è una nobiltà rara nell'atteggiamento del filosofo che si mostra prima di tutto preoccupato di non superare, nella traduzione del suo pensiero, il punto esatto che ha potuto realmente raggiungere<sup>106</sup>.

Altrettanto significativa la riflessione di Castelli Gattinara, a proposito di questa recensione:

Per Brunschvicg l'articolazione conflittuale fra idealismo e realismo acquista una prospettiva nuova a partire da questa filosofia dell'inesatto che si basa sulle idee matematiche di Riemann e Klein, dove il valore della differenziazione e della vettorializzazione permettono di leggere in altro modo il lavoro dell'intelligenza umana sulla realtà. L'approssimazionalismo si rivela un'alternativa valida rispetto all'intuizionismo, incapace di render conto di una conoscenza scientifica sempre più efficace. Ma questo avviene a costo di un profondo cambiamento subito da alcune nozioni. Brunschvicg coglie quindi perfettamente quanto viene messo in discussione da Bachelard, soprattutto quanto alle nozioni di realtà, semplicità, generalità o verità, e ne sposa la causa. Riconoscendo i punti di riferimento bachelardiani (Riemann, Borel) e spiegando il percorso epistemologico dell'autore, mostra che la posta in gioco non è più né il realismo, né l'idealismo, né la concezione classica dell'intuizione, di cui Bergson era allora il teorico per eccellenza, né l'idea di libertà, fraintesa dal recensore della *Revue de métaphysique et de morale*: la posta in gioco è una nuova forma di razionalismo che pure Brunschvicg non riconosce del tutto, e insiste a chiamare ancora «idealismo» (ma così effettivamente la chiama ancora Bachelard nell'ultima pagina dell'ultimo capitolo), benché affermi si tratti di un idealismo di nuovo genere, del tutto estraneo a ogni forma di dogmatismo. In effetti, solo le opere che seguiranno permetteranno di capire meglio l'effettiva posta in gioco di Bachelard<sup>107</sup>.

Come scrive Chazal, “se l'influenza di Brunschvicg è innegabile nel lavoro di Bachelard del 1929, vi permane comunque una forma di realismo che non è quello di Meyerson, che non è quello delle sostanze, ma, come ha dimostrato Daniel Parrochia, un realismo della relazione apportato dalla potenza sintetica della matematica e, in particolare, del calcolo tensoriale. Detto ancora diversamente,

---

Così scrive Brunschvicg in una nota a piè di pagina del suo saggio del 1926 dedicato alla filosofia di Meyerson: “Perché non sembriamo contraddirci agli occhi dei lettori della *Déduction relativiste*, faremo le nostre riserve su un passaggio (D. R., 210) in cui l'autore avvicina la nostra posizione a quella di Cassirer. Abbiamo insistito su Kant il giorno in cui la *Société Française de Philosophie* ha avuto la fortuna di ricevere Einstein, poiché Einstein aveva chiesto che la conversazione filosofica fosse affrontata da questa angolazione; ma era, ovviamente, con l'intenzione di mettere in rilievo le differenze specifiche del relativismo kantiano e del relativismo einsteiniano» (L. Brunschvicg, *La philosophie d'Émile Meyerson* [1926], in Id., *Écrits philosophiques*, cit., pp. 200-224; 216). Come osserva Vinti, “Brunschvicg, [...], in un'ampia recensione alla *Déduction*, tenderà a differenziare la sua interpretazione della relatività da quella realistica di Meyerson, come rifiuterà l'identificazione meyersoniana, fatta a sue spese, di idealismo e soggettivismo [...]. Per Meyerson [...], la relatività, pur allontanandosi dal realismo del senso comune, non cessa di essere comunque realistica. In verità, ciò che divide Brunschvicg da Meyerson non è solo l'interpretazione del relativismo ma, più in generale, il modo di intendere la struttura e le funzioni della ragione scientifica” (C.Vinti, *Introduzione: Meyerson e la relatività nell'epistemologia francese degli anni '20*, cit., p.21).

<sup>106</sup> L. Brunschvicg, *Revue Critiques. Compte Rendu de Gaston Bachelard, Essai sur la connaissance approchée*, “Revue Philosophique de la France et de l'Étranger”, janvier-juin 1929, année 54, t.107, pp. 95-101;100; 101 [la tr. è ns.].

<sup>107</sup> E. Castelli Gattinara, *Introduzione. Bachelard: un filosofo venuto dal nulla per una filosofia dell'inesatto*, in Gaston Bachelard, *Saggio sulla conoscenza approssimata*, cit., pp.7-36; 33-34. “La recensione della *Revue Philosophique* – scrive Gattinara – porta la firma di Léon Brunschvicg, ed è fra tutte la più elaborata, lunga e articolata. È quella che probabilmente sancisce il valore di questo filosofo venuto fuori dal nulla, tacitando o almeno tranquillizzando coloro che avevano sollevato più di un severo sopracciglio davanti alle tesi sostenute [cfr. *Compte-rendu* di Henri Gouhier, in “Le nouvelles littéraires”, 10 marzo 1928, p.10]. Innanzitutto – ma c'era da aspettarselo – è la recensione che coglie meglio e comprende più a fondo, difendendole, le tesi di Bachelard. Per Brunschvicg il libro è una sorta di «autobiografia» in cui l'autore si presenta e traccia le linee del suo pensiero futuro, cioè l'apertura a una serie di lavori che sarebbero effettivamente arrivati. La competenza scientifica di Bachelard gli permette di considerare le scienze nei dettagli, a differenza di molti filosofi capaci solo di trattarne in generale, e questa vicinanza mette in risalto il duplice, importante significato dell'approssimazione: non solo incompletezza o inesattezza, ma anche appunto vicinanza (all'infinitesimale, per esempio)” (ivi, p.33).

Bachelard sostituisce al realismo dell'assoluto il realismo dell'invariante che mette in luce l'apparato matematico. [...] In realtà, Bachelard prende atto di un carattere molto particolare della teoria della relatività che, seppure la sua elaborazione in Einstein corrisponde a un'intuizione essenzialmente fisica, appare soprattutto come una costruzione matematica. [...] In un certo senso, in opposizione [all'] interpretazione molto convenzionale, quasi newtoniana, Bachelard aveva visto, dal 1929, la dimensione estremamente innovativa della relatività, ancor prima che il mondo dei fisici stessi ne prendesse pienamente coscienza. Sicuramente, alcuni fisici avevano perfettamente compreso la potenza della teoria einsteiniana, come Paul Langevin, che ne fu l'eminente difensore in Francia. Ma ci vollero tutti gli sviluppi della Cosmologia perché apparisse chiaramente il suo «valore induttivo»<sup>108</sup>.

---

<sup>108</sup> G. Chazal, *Bachelard et la relativité*, cit., pp. 40; 41; 42. Chazal fa quindi riferimento a Marie-Antoinette Tonnelat (noto fisico francese, che nel 1939 consegue un dottorato sotto la direzione di Louis de Broglie, conosciuta soprattutto per il suo lavoro legato alla teoria della relatività di Einstein) e alle sue posizioni critiche rispetto a Bachelard. Scrive: "Il realismo corretto che può indurre la relatività non consiste nel mettere troppa enfasi sulla relazione a discapito dell'invariante, come fa notare la riserva espressa da Marie-Antoinette Tonnelat: «Se la relativizzazione esige, come ha riconosciuto G. Bachelard, di annettere apertamente ed esplicitamente un riferimento lasciato troppo volentieri, fino a quel momento, dietro le quinte della teoria, noi non pensiamo, come lui, che essa intervenga per sostituire la relazione all'oggetto. L'oggetto e le sue caratteristiche sono *esplicitati* mediante il riferimento, ma non *costituiti* dal riferimento». L'abbandono dell'assoluto dello spazio e del tempo non equivale a rigettare la realtà dell'oggetto, ma, al contrario, a costituire l'oggetto in una oggettività superiore. E ancora, è basandosi su Bachelard che Marie-Antoinette Tonnelat, alla vigilia del suo capolavoro, che è *L'histoire du principe de relativité* può scrivere: «Il rifiuto degli assoluti non è un fine ma un mezzo. Essa [la relatività] permette l'edificazione di una fisica relativistica invariante. Così la riforma di Copernico ha indirettamente autorizzato la relatività galileiana e lo sviluppo della Meccanica classica. Come la fisica di Galileo, ma ad un livello più elaborato, la teoria di Einstein costituisce un'impresa profondamente realista che permette, al di là delle apparenze ma per mezzo dell'esperienza, di ridefinire nuove strutture che costituiscono l'oggetto». Questa citazione di M.A. Tonnelat fa eco a quello che dice Bachelard del reale ne *La valeur inductive de la relativité*: «Non soltanto non possiamo porlo [questo problema del realismo] che in termini di epistemologia, ma ancora non dobbiamo porlo se non in termini di *movimento epistemologico*; in altri termini, non rispondiamo alla domanda: dov'è il reale, ma soltanto alla domanda: in quale direzione e attraverso quale organizzazione di pensiero si può avere la sicurezza che ci si approssima al reale?» (ivi, p.41).

### 1.3 In controtuce, Rey e il realismo delle relazioni

“Riteniamo che non si possa prescindere dall’opera di Rey [...] nello studio della genesi dell’epistemologia storica contemporanea e di Bachelard in particolare”<sup>109</sup>, scrive Pietro Redondi. È anzitutto l’espressione «epistemologia storica»<sup>110</sup> a condurre direttamente a Rey, che la usa, molto prima di Canguilhem, e cioè ne *La théorie de la physique chez les physiciens contemporains* del 1907. Ma è soprattutto la questione del realismo, già sollevata in Bachelard, che ci porta a Rey<sup>111</sup>.

La vera verità scientifica è nella curva storica. Non è mai in un punto di questa curva<sup>112</sup>.

L’esperienza oggettiva non è qualcosa di esterno e indipendente dallo spirito. Esperienza oggettiva e spirito sono funzione l’una dell’altro, sono implicati l’una con l’altro, esistono solo l’una per l’altro [...]. La formula: *non conosciamo che relazioni* diventa esatta alla lettera. Gli elementi di ogni conoscenza sono relazioni [...]. L’esperienza è un sistema, una relazione di relazioni. La relazione, ecco dunque il dato. I termini tra i quali diamo la relazione non hanno che un’esistenza derivata,

<sup>109</sup> P. Redondi, *Epistemologia e storia della scienza. Le svolte teoriche da Duhem a Bachelard*, Feltrinelli, Milano 1978, p.88. “Se pervenne a una posizione filosofica non priva di debolezze e più polemicamente affermata contro il convenzionalismo che organicamente approfondita, nondimeno essa riuscì ad affermare chiaramente in senso realista l’oggettività della storia della scienza” – aggiunge Redondi (*ibidem*).

Cfr. M. Castellana, *Aspetti di un dibattito in Francia sulla natura del determinismo*, in [https://www.academia.edu/7874430/Aspetti\\_di\\_un\\_dibattito\\_in\\_Francia\\_sulla\\_natura\\_del\\_determinismo](https://www.academia.edu/7874430/Aspetti_di_un_dibattito_in_Francia_sulla_natura_del_determinismo).

<sup>110</sup> “Parlare dell’epistemologia storica di Abel Rey non significa ricorrere a un’espressione estranea alla sua opera. Questa espressione si trova nelle parole [*sous la plume*] di questo pensatore, fin dall’inizio del XX secolo, per indicare il suo cammino, come ha recentemente segnalato Jean-François Braunstein. Questo fatto è passato a lungo inosservato dai filosofi delle scienze, che riservavano generalmente questa forma di epistemologia a Georges Canguilhem e alla sua scuola [...]. Non è tanto la questione della priorità che conta, Rey formula un’epistemologia storica diversa da quella di Canguilhem. Per dirla in breve: è stato un interlocutore privilegiato del Circolo di Vienna, movimento di pensiero che è al centro della filosofia analitica. Il suo caso dimostra che il rapporto tra le due tradizioni non è necessariamente quello di un’opposizione irriducibile [...]. L’espressione «epistemologia storica» si è imposta per designare le varie forme di filosofie storiche delle scienze che sono state elaborate nel corso del tempo. Lecourt, ad esempio, l’ha estesa più recentemente ad altre dottrine oltre a quelle della scuola bachelardiana. La usa espressamente per caratterizzare le concezioni di Émile Meyerson e di Brunschvicg, pur sottolineando una prossimità con la storia epistemologica di Alexandre Koyré” (A. Brenner, *L’épistémologie historique d’Abel Rey*, “Revue de Métaphysique et de Morale”, 2016/2 n.90, Presses Universitaires de France, Paris (consultabile in <https://www.cairn.info/revue-de-metaphysique-et-de-morale-2016-2-page-159.htm>; pp.159-176; 159;160;169). Cfr. J.-F. Braunstein, *Abel Rey et les débuts de l’Institut d’histoire des sciences et des techniques (1932-1940)*, in M. Bitbol & J. Gayon (dir.), *L’épistémologie française, 1830-1970*, Éd. Matériologiques, Paris 2015, pp.163-180.

<sup>111</sup> Come nota Vagelli, “due sono le «metafisiche, naturali e convincenti, implicite e tenaci» che caratterizzano, con la loro opposizione, qualsiasi cultura scientifica secondo Bachelard: il realismo e il razionalismo (Bachelard 1934, p. 3). Più che riconciliare questi due estremi, l’intento della «filosofia scientifica» sviluppata da Bachelard è quello di riformulare i termini del dibattito. In che senso si può allora parlare di Bachelard come di un «realista scientifico»? Nel solco della critica di Brunschvicg all’idea di una dicotomia tra idee dello spinto e oggetti del mondo, Bachelard rigetta ogni realismo immediato, ingenuo, ogni *cosismo*. Alla filosofia del dato, Bachelard oppone una filosofia del costruito, dove quest’ultimo è chiamato a rispondere ai dettami di quell’ «oggettivismo sperimentale» che già Abel Rey opponeva al convenzionalismo e al nominalismo all’epoca dominanti. Rey prevedeva che l’empirismo e il razionalismo antichi sarebbero stati sintetizzati da un nuovo realismo caratterizzato dalla fede nella scienza sperimentale (Rey 1907, p. 592). Proprio questa mi sembra essere la direzione intrapresa da Bachelard” (M. Vagelli, *Bachelard, Hacking e il realismo tecnoscientifico*, in P. Donatiello – F. Galofaro – G. Ienna (a cura di), *Il senso della tecnica. Saggi su Bachelard*, Società Editrice Esculapio, Bologna 2017, pp.121-135; 122). Su Bachelard e il realismo cfr. anche Francesco Galofaro che scrive: “Il realismo è l’obiettivo polemico principale (Bachelard 1929). L’argomentazione si ispira a un articolo in cui si espone la teoria della relatività (Campbell 1921). Ancora una volta, l’affermazione di una nuova teoria scientifica avviene in polemica con una visione del mondo acquisita che scienziati e filosofi conservatori spacciano per «realtà» e «senso comune». Di conseguenza, la nuova teoria scientifica viene definita non realistica, perché essa costituisce una minaccia per il sapere acquisito: così anche il sistema di Copernico fu divulgato in principio solo come un modello per facilitare il calcolo, in modo da non suscitare le ire dei sostenitori della cosmologia aristotelica. Così, nel discutere la teoria della relatività, Bachelard afferma che il punto di vista realista è fuorviante. Il realista pensa che la realtà sia la ragione dell’oggettività di una teoria, ma «determinare un carattere oggettivo non è mettere le mani su un assoluto, è provare che si applica correttamente un metodo». Questo passo è, fondamentale per comprendere uno dei caratteri più audaci del «razionalismo procedurale» di Bachelard: il metodo è *pensiero in cerca del reale*. Un fisico non ha ragioni per affermare che i fenomeni che studia sono *reali*. Essi sono *veri*. Il termine *vero*, [s]cevro di implicazioni metafisiche, si applica a enunciati in grado di effettuare predizioni sostanzialmente esatte e di interpretarle attraverso idee accettabili: ecco la sostanza del metodo. Il realista che non può provare l’esistenza della realtà, si limita a postularla: a differenza del relativista, il realista non può provare il proprio assunto. Non possiamo provare che qualcosa è reale prima di averlo trovato; possiamo solo cercarlo” (F. Galofaro, *Semiologia trascendentale e semiotecnica. Discipline regionali e fondamenti del senso tra Husserl, Bachelard e Hjelmslev*, in P. Donatiello–F. Galofaro–G. Ienna (a cura di), *Il senso della tecnica. Saggi su Bachelard*, cit., pp.137-191; 157).

<sup>112</sup> Rey cit. in L. Brunschvicg, *ABEL REY*, “Thalès”, vol. 4, 1937, pp.6-8;7 ([www.jstor.org/stable/43861471](http://www.jstor.org/stable/43861471)).

secondaria, rispetto alla relazione stessa. A misura che li si analizza, essi si risolvono [*ils se ramènent*] sempre in relazioni. Ciò che esiste prima, ciò che è esistenza primaria, è la funzione<sup>113</sup>.

I rapporti di Bachelard con Léon Brunschvicg e Abel Rey sono stati menzionati più volte. Sono generalmente descritti in termini di influenza e di emancipazione. Ma, al di là del rapporto da maestro ad allievo, vorremmo individuare la materia filosofica, le tesi che richiamano una reazione da parte di Gaston Bachelard. Si tratta di circoscrivere queste tesi<sup>114</sup>.

Rey sostiene che dalla stessa attività dello scienziato emerge “la consapevolezza di un fondamento incessantemente accresciuto di verità conoscitive che sono il risultato di una dinamica tra procedimenti sperimentali e teorie”<sup>115</sup>.

Il pensiero scientifico va verso l’assimilazione razionale del reale<sup>116</sup>.

---

<sup>113</sup> A. Rey, *La théorie de la physique chez les physiciens contemporains* [1907], Alcan, Paris 1907, pp.393-394 [la tr. e il cors. sono ns.].

<sup>114</sup> A. Brenner, *Le jeune Bachelard et les conséquences philosophiques de la révolution en physique*, “Cahiers Gaston Bachelard”, 7(2005), *Bachelard et la physique*, Dijon, Université de Bourgogne, p.25. Brenner aggiunge che “Abel Rey è partito da uno studio sulle concezioni della teoria fisica; si rifà a Henri Poincaré. Brunschvicg ugualmente accorda al grande fisico matematico un posto di rilievo nell’esame dei problemi relativi alla filosofia della conoscenza scientifica. Di conseguenza, il convenzionalismo iniziato da Poincaré e sviluppato da tutta una serie di pensatori, tra cui Pierre Duhem, Gaston Milhaud e Édouard Le Roy, doveva attirare l’attenzione del giovane Bachelard. Conviene, innanzitutto, dissipare alcuni malintesi. Il discontinuismo storico ed epistemologico affermato da Bachelard potrebbe distogliere lo sguardo dalle dottrine precedenti. Ma bisogna capire che questo discontinuismo riguarda direttamente la conoscenza scientifica. La scienza supera gli ostacoli, corregge gli errori; rigetta dal suo seno le teorie antiquate. Ma Bachelard, come seguace di una filosofia storica delle scienze, analizza gli sviamenti e le deviazioni. Ci invita a una maggiore sensibilità storica [...]. Sta a noi prolungare questo lavoro, ponendo il pensiero bachelardiano in corrispondenza con la sua epoca: l’impatto delle nuove teorie fisiche e la trasformazione delle dottrine filosofiche [...]. In realtà, Bachelard ci ha messo un po’ ad affermare la sua indipendenza. Nei suoi primi scritti, non critica Poincaré né coloro che gli sono vicini. Si basa sulle osservazioni del fisico matematico e richiama le sue riflessioni filosofiche. Milhaud, Abel Rey e Wilbois gli forniscono ancora indizi a favore della sua concezione filosofica. I testi della maturità portano, per così dire, l’impronta negativa delle dottrine alle quali Bachelard non aderisce più” (ivi, pp.35; 25; 26 [la tr. è ns.]).

Come scrivono Bensaude-Vincent e Telkes-Klein, “nel tracciare un quadro della filosofia delle scienze in Francia, Anastasios Brenner presenta Brunschvicg, Rey e Meyerson come il trio che ha preso le distanze dal convenzionalismo. Se è vero che questo trio ha contribuito a seppellire la scuola di pensiero che, alla fine del secolo, dominava la filosofia francese con Poincaré, Le Roy e Milhaud, ciò non significa che abbia sviluppato un pensiero unico in epistemologia. Di fatto, questi tre tenori della filosofia delle scienze in Francia negli anni 1920 seguono percorsi piuttosto divergenti. L’amicizia che lega Brunschvicg e Meyerson non cancella il loro profondo disaccordo filosofico. Anche se entrambi affrontano il pensiero scientifico attraverso la storia, Brunschvicg adotta una posizione idealistica che contrasta con il realismo appassionato di Meyerson. Quanto a Rey, se difende una forma di realismo e combatte il positivismo, non è mai stato vicino a Meyerson. Erede di Paul Tannery e Milhaud, attribuisce maggiore importanza alla dimensione temporale delle scienze, mentre Meyerson cerca innanzitutto di individuare invarianti. Inoltre, Brunschvicg e Rey pesano sulla generazione successiva di tutto il peso che dà loro l’istituzione, mentre Meyerson trova sostegno solo in alcune personalità al di fuori della filosofia universitaria. Brunschvicg insegna alla Sorbona et à l’*École normale supérieure*, dove per una trentina d’anni forma una generazione di studenti. Come membro fondatore della *Société française de philosophie* s’irradia sulla vita filosofica. Ora, dal giorno in cui ne assume la presidenza al posto di Lalande, Meyerson non viene nemmeno più menzionato. Così per esempio Brunschvicg, accogliendo Hans Reichenbach nel gennaio 1937, lo presenta come «l’interprete più sicuro della relatività di Einstein» senza dire una parola di Meyerson e dei suoi scambi con Einstein. Quanto a Rey, succede a Milhaud sulla cattedra di *Philosophie dans ses rapports avec les sciences exactes* alla Sorbona, lo stesso anno in cui Meyerson non riesce a succedere a Boutroux al *Collège de France*. Estende il suo campo d’influenza in quanto responsabile della sezione storia delle scienze del *Centre international de synthèse* e collaboratore dell’*Encyclopédie française*. Nel 1929, fonda l’*Institut d’histoire et de philosophie des sciences* associato alla Sorbona, dove Bachelard subentra nel 1940” (B. Bensaude-Vincent, E.Telkes-Klein, *Les identités multiples d’Émile Meyerson*, p.148). Cfr. E. Castelli Gattinara, *Epistemologia e storia. Un pensiero all’apertura nella Francia tra le due guerre mondiali*, Franco Angeli, Milano 1996, pp.102-113; E. Castelli Gattinara, *Épistémologie 1900. La tradition française*, “Revue de synthèse”, 4<sup>e</sup> sér., n.2-3-4, avr.-déc. 2001, pp.347-365; J.Gayon, *L’institut d’histoire des sciences*, “Cahiers Gaston Bachelard”, 14 (2016), *Bachelard et Canguilhem*, Dijon, Université de Bourgogne, pp.15-63.

<sup>115</sup> P. Redondi, *Epistemologia e storia della scienza. Le svolte teoriche da Duhem a Bachelard*, cit., p.93.

<sup>116</sup> Come scrive Brenner: “Per ben comprendere l’epistemologia storica di Abel Rey, la cui opera è caduta nell’oblio, è opportuno ricordare almeno brevemente il suo percorso. Rey è nato nel 1873, quasi vent’anni dopo Poincaré, di cui subirà l’influenza. È della stessa generazione di Couturat e Russell, fondatori della logica matematica, e precede di una decina di anni i primi membri del Circolo di Vienna, Moritz Schlick, Otto Neurath e Philipp Frank. Dopo gli studi di filosofia alla Sorbona, Rey ottiene la sua aggregazione nel 1896, mentre s’inizia alle scienze. Giungerà ad erigere questa polivalenza a esigenza per il filosofo. Rey insegna, quindi, in vari licei di provincia e sostiene il suo dottorato sotto la direzione di Émile Boutroux nel 1907. L’anno seguente viene reclutato presso la Facoltà di Lettere di Digione, dove fonda un laboratorio di psicologia sperimentale. Una nuova tappa nella sua carriera inizia dopo la prima guerra mondiale, durante la quale viene mobilitato. Nel 1919, Rey succede a Milhaud alla Sorbona e chiede che la sua cattedra sia ormai intitolata «Histoire et philosophie des sciences». Molto attivo nella politica di ricerca, ottiene in 1932 la creazione dell’«Institut d’histoire des

Gli errori commessi, i cambiamenti di punto di vista nella teoria, le differenze d'interpretazione, la necessità di convenzioni non sono più un argomento contro l'oggettività della fisica come le illusioni dei sensi non lo sono contro l'oggettività della percezione esterna. Il fatto che vi siano degli errori e quindi delle necessarie rettificazioni sembra essere piuttosto la prova che un oggetto c'è. L'esistenza di un errore soggettivo prova l'esistenza di una verità oggettiva. Il fatto che l'esperienza obbliga il fisico a demolire, poi a ricostruire, se vuole che i risultati della sua teoria si accordino coi risultati dell'esperienza, prova che la teoria ha un valore oggettivo e non ha senso che grazie a questo valore oggettivo<sup>117</sup>.

La scienza costituisce un «mondo vero», passando dal *percepito* al *concetto*, ma il suo è un mondo di relazioni, di rapporti. Non può raggiungere la natura in sé, ma approssimarsi ad essa, come una serie al suo limite. E questa è tutta la verità che ci è possibile ottenere.

La nozione di spiegazione scientifica ha oscillato durante tutto il periodo moderno, cioè dal XVII secolo, intorno alla nozione di *relazione*. Ci sono molte cause per questo. La più importante è senza dubbio che il metodo matematico è stato, nel Rinascimento scientifico, il grande rinnovatore del metodo e quindi il principale fattore di questo Rinascimento. Ora, la matematica è essenzialmente una scienza di relazioni. Si è giunti naturalmente a concepire ogni scienza su questo tipo [...].

[I]l carattere frammentario, parziale e limitato delle nostre intuizioni del reale ci fa presentire che sarebbe senza dubbio necessaria l'infinità del tempo e dello spazio per darci quell'infinità della conoscenza che sarebbe l'intera conoscenza dell'assoluto. La conoscenza umana resterà umana anche se sprofonda [*s'enfoncé*] nell'assoluto [...]. E sarà sempre, temo, per ipotesi, che potremo affrontare le questioni molto generali. Ma l'ipotesi [è] suscettibile di progresso e di progresso continuo. Il realismo della scienza e della ragione, se ci assicura contro la vanità dei nostri sforzi più disinteressati, ci invita anche alla modestia prudente. Esso fa la sua parte nell'ipotesi, cioè nella credenza che cerca la sua via alla luce della ragione<sup>118</sup>.

La filosofia non può, non deve aggiungere nulla a quello che ci dicono gli scienziati. *Sono gli scienziati che la fanno, tutta intera*, in potenza se non in atto. Ne forniscono tutta la materia, e non c'è che dare a questa materia necessariamente dispersa la sua forma sistematica senza alterarla e senza aggiungervi nulla, perché questa forma è completamente racchiusa in questa materia. Sotto la loro apparente dispersione, le scienze costituiscono la scienza. La filosofia consiste nel prenderne coscienza e nel darne coscienza. È in una parola la scienza positiva *tout court*. Allo stato attuale delle cose, gli scienziati sono gli unici competenti e sono gli unici a poter essere su tutto ciò che riguarda la conoscenza del reale. Soltanto loro sanno praticare i metodi che hanno dato finora risultati fecondi, e qualsiasi procedimento capace di dare risultati fecondi in materia di conoscenza rientra immediatamente e per definizione anche nel metodo scientifico [...].

---

sciences», il cui campo sarà presto ampliato alle «techniques». Lo scopo di questo Istituto è di favorire una collaborazione interdisciplinare tra le scienze esatte e le scienze umane, in cui la filosofia deve svolgervi un ruolo catalizzatore. Si tratta all'epoca di un luogo di scambi interdisciplinari e internazionali unico nel suo genere, annesso alle cinque facoltà dell'Università di Parigi. Abel Rey muore nel 1940; il suo successore non è altri che Gaston Bachelard, di cui ha codiretto le tesi di dottorato con Léon Brunschvicg. Nel 1903, Rey pubblica due manuali, *Leçons élémentaires de psychologie et de philosophie* e *Éléments de philosophie scientifique et morale*, che mirano a rinnovare il programma della classe di filosofia dando spazio alle nuove tendenze, in particolare per quanto riguarda il rapporto della filosofia con le scienze. Scrive già in quel periodo un articolo, «*La philosophie scientifique de M. Duhem*», che gli vale una replica di questi e conduce ad un dibattito approfondito tra il filosofo e lo scienziato sul valore delle teorie fisiche. Ne *La Philosophie moderne*, che segue da vicino la sua tesi, Rey offre una presentazione più ampia e più personale delle sue opinioni. Intraprende lo studio dei grandi problemi della filosofia così come sono stati rinnovati dalla scienza, non solo il numero e la materia, ma anche la vita, lo spirito, la morale e la verità. Riformula profondamente la dottrina iniziata da Auguste Comte, nel senso del realismo, ed enuncia quello che chiama un positivismo assoluto. Si può rilevare, dopo la prima guerra mondiale, *Le Retour éternel et la philosophie de la physique*, che riguarda le implicazioni della termodinamica. Gli ultimi anni sono occupati dalla redazione de *La Science dans l'Antiquité*. Questa opera in più volumi mira a raccogliere i risultati degli studi storici fin dai lavori pionieristici di Tannery e a dare fondamento ad una visione filosofica che faccia la sua parte con la scienza" (A. Brenner, *L'épistémologie historique d'Abel Rey*, cit., pp.162-163).

<sup>117</sup> A. Rey, *La théorie de la physique chez les physiciens contemporains*, cit., p.318. Scrive Brenner: "Se si trova in Rey una prefigurazione della rottura epistemologica, nel senso di una discontinuità tra conoscenza comune e conoscenza scientifica, egli resta tuttavia fedele ad una visione della storia in termini di evoluzione e di continuità" (A. Brenner, *L'épistémologie historique d'Abel Rey*, cit., p.168).

<sup>118</sup> A. Rey, *Pour le réalisme de la science* [1911], "Revue de Métaphysique et de Morale", t.19, n.1 janvier 1911, pp.561-567; 561; 567.

La scienza è piena di lacune, di dubbi, di contraddizioni a volte. L'incompetenza dei filosofi non la rende più logica di quanto essa non sia, cioè di quanto non sia il reale come lo conosciamo momentaneamente. *La logica e la ragione non sono la misura delle cose, ma sono le cose che sono la misura della nostra logica e della nostra ragione*<sup>119</sup>.

Come scrive Castelli Gattinara, “il metodo della scienza [...] per Rey è lo stesso del senso comune ma a uno stadio più elevato [...]. Il suo positivismo dichiarato si adegua a un realismo fattuale che impone alla filosofia di «seguire» la scienza. La teoria non deve mai tralasciare l'esperienza cosale che ne denota l'oggettività (benché per converso il mondo dell'esperienza resti inafferrabile e sterilmente caotico senza la teoria). L'oggettività della conoscenza scientifica è una costante che si rivela presente in tutto il corso della storia [...]: è lei a fare infatti la «forza» del meccanicismo [...], contro la sua apparente «crisi» cui sarebbe spinto dall'energetismo emergente di Ostwald e Duhem. L'oggettività si configura dunque come un insieme di stati di cose (quasi un kantiano molteplice sensibile) *dato* nell'esperienza, nei confronti del quale le teorie servono a ordinarlo e comprenderlo [...]. «Il filosofo è lo storico del pensiero scientifico contemporaneo perché la filosofia è generata interamente dalle scienze» e ne è la continuazione. È l'espressione più netta del positivismo di Rey [...]. [I]l compito che resta al filosofo è quello di farsi storico del progresso scientifico, la cui storia è nel gioco dialettico fra esperienza e ragione: il suo dovere è quello di ricostruirne l'itinerario, di rintracciarne la logica e di ricomporne l'unità [...]. Mentre la scienza non consiste più nell'accumulo dei suoi risultati tecnici, ma nel pensiero che ha permesso di ottenerli: e questo pensiero è, per Rey, tutta la filosofia, la cui storia non può che essere filosofica”<sup>120</sup>.

Lo sviluppo scientifico procede nel segno della continuità e del superamento di qualsivoglia *rottura epistemologica*. Continuismo, dunque, nella storia delle scienze, come pure tra conoscenza scientifica e senso comune (in questo siamo distanti da Bachelard).

La scienza sorge dal senso comune. La sistematizzazione fisico-chimica deriva, tutto sommato, dall'evoluzione del sistema della percezione esterna. La scienza deve dunque continuare il senso comune, e la sistematizzazione fisico-chimica ha interesse a presentarsi come basata sulle esperienze più semplici e più familiari [...].

[A]l momento di una grande scoperta, sembra sempre che la sistematizzazione fisica sia profondamente rimaneggiata. Dove più tardi si delinea un'evoluzione, i contemporanei sono sempre portati a vedere una rivoluzione<sup>121</sup>.

Ogni verità scientifica, ogni verità *tout court* è stata inizialmente paradossale.

Il senso comune è stato, millenni fa, il paradosso e la scienza ardua. La nostra scienza non è che il chiarimento, l'adattamento e la correzione progressivi del senso comune. Ma bisogna dapprima che essa lo condanni senza pietà.<sup>122</sup>

---

<sup>119</sup> A. Rey, *Vers un positivisme absolu* [1909], “Revue philosophique de la France et de l'Étranger”, 67/1909, pp. 461-479; 469-470.

Scrive Brenner: “Come Rey concepisce il rapporto della filosofia con le scienze? In un articolo del 1909, «*Vers un positivisme absolu*», procede ad una messa in prospettiva storica. Il XIX secolo si apre con un divorzio tra filosofia e scienza, conseguenza sia dello spiritualismo francese che dell'idealismo tedesco. Le reazioni di Comte e dei materialisti non permettono di superare questo divorzio. Ma nel corso degli anni 1870, lo sviluppo delle scienze umane si accompagna ad un esame rinnovato delle condizioni dell'oggettività scientifica, e Rey si assume il compito di ravvicinare scienza e filosofia. Egli si basa su una serie di scoperte scientifiche tanto in matematica quanto in fisica e in psicologia. La sua risposta consiste nel concepire la filosofia come il sistema delle scienze positive. Non si tratta di proporre una sistematizzazione delle conoscenze scientifiche alla maniera di Comte: il rischio sarebbe di cadere in una concezione dogmatica e congelata. Rey propone una visione aperta: provvisoria e relativa. Precisa alla fine del suo articolo il suo modo di concepire il compito della filosofia: «Un positivismo assoluto deve [...] avere come scopo di delineare questa filosofia della scienza applicando allo studio del pensiero scientifico contemporaneo il *metodo e la critica storici*, che sono in fondo il suo proprio metodo» (A. Brenner, *L'épistémologie historique d'Abel Rey*, cit., p.171).

<sup>120</sup> E. Castelli Gattinara, *Epistemologia e storia. Un pensiero all'apertura nella Francia tra le due guerre mondiali*, Franco Angeli, Milano 1996, pp.105;108;109;110. “Sia chiaro – precisa Castelli Gattinara – che il positivismo di Rey non deve essere assolutamente confuso con quello di Comte” (ivi, p.103 n.55).

<sup>121</sup> A. Rey, *L'énergetique et le mécanisme au point de vue des conditions de la connaissance*, Alcan, Paris 1908, pp.53; 54 [la tr. è ns.].

<sup>122</sup> A. Rey, *La notion d'objet et l'évolution de la physique contemporaine*, “Revue Philosophique de la France et de l'Étranger”, 47<sup>ème</sup> année, t.XCIV, 1922, pp.201-242; 214-215 [la tr. è ns.].



Come scrive Jean-François Braunstein, per Rey, “la ragione non è immutabile, c’è una «genesi della ragione»”. E ancora,

egli propone, in modo piuttosto provocatorio, un «razionalismo» di tipo nuovo, «che non esclude affatto una storia psicologica della ragione». Altrove evoca un «razionalismo più flessibile, più psicologico, più vicino ai fatti, più positivo in una parola». Parla anche di un «razionalismo sperimentale», che non può non evocare, per noi, il «razionalismo applicato» di Bachelard.

Rey è sicuramente consapevole dei rischi che presenta una tale concezione. Sa che la sua idea di una storia della ragione apre la porta al relativismo storico. Con una tale concezione, «la storia della scienza ci presenta la verità nel *divenire* di un’evoluzione; *la verità non è fatta ma si fa*». Ma allo stesso tempo questa verità esiste: «Sarebbe nel divenire di un’evoluzione; ma essa sarebbe, poiché si realizzerebbe e si completerebbe costantemente»<sup>123</sup>.

Per meglio intendere la prospettiva di Rey, è significativa la sua recensione a *Identité et Réalité* [1908] di Meyerson, pubblicata nella sezione *Études Critiques* della “Revue de Métaphysique et de Morale” del 1909. È quasi come trovarsi davanti a un “realismo” ancora più realista di quello di Meyerson, specie quando Rey si riferisce al principio di Carnot, in particolare. Tant’è che vien da chiedersi se dietro la polemica che Bachelard rivolge a Meyerson non si celi tra le righe, per così dire *in controluce*, piuttosto un confronto critico con il “realismo” di Rey. Ipotesi pure suggerita da altri due contributi di Rey, e cioè la tesi complementare del 1908, *L’énérgetique et le mécanisme au point de vue des conditions de la connaissance*, e il saggio del 1922, *La notion d’objet et l’évolution de la physique contemporaine*, incluso in un numero speciale della “Revue Philosophique de la France et de l’Étranger” dedicato alla relatività di Einstein. Senza però, alla fine, dimenticare quanto di lui scrive Léon Brunschvicg:

Trattando [...] dei *Suggerimenti filosofici della scienza contemporanea*, Abel Rey mostra come «i processi soggettivi della conoscenza interferiscono necessariamente, o almeno possono interferire necessariamente, con ciò che è oggettivo in questa conoscenza». Simile osservazione è certamente l’eclatante testimonianza della sua penetrazione e della sua imparzialità<sup>124</sup>.

Nella recensione a Meyerson, Rey parlava di un “lavoro estremamente approfondito di filosofia delle scienze e di epistemologia”<sup>125</sup>, che traccia una “storia delle scienze” o meglio una “storia delle idee direttrici della scienza”, una “storia del pensiero scientifico”, guardando al metodo di conoscenza più che ai risultati delle scienze, per capire il meccanismo di funzionamento della mente umana e far luce sul fatto che i prodotti della ragione ne rispecchiano in ultima analisi la sua struttura e il suo “bisogno esplicativo”<sup>126</sup>.

Non si può insistere troppo su questo punto, perché [Meyerson] determina un metodo filosofico che a vantarlo mi trovo molto in imbarazzo, perché l’ho io stesso applicato e preconizzato, ma di cui posso ben dire che si trova praticato in modo consapevole, e precisato in questo momento da molti ricercatori, partiti da punti più diversi dell’orizzonte intellettuale, e che hanno lavorato più o meno nello stesso tempo in modo del tutto indipendente gli uni dagli altri. Citerò i fondatori italiani della *Rivista di Scienza*, in

<sup>123</sup> J.-F. Braunstein, *Abel Rey et les débuts de l’Institut d’histoire des sciences et des techniques (1932-1940)*, cit., p.178. [“*la verità non è fatta ma si fa*” in A.Rey, *La philosophie moderne* (1908)].

Scrivono Perri: “Ancora più intensamente antispeculativa è la posizione di Abel Rey, il più «scienziato» fra gli esponenti dell’epistemologia francese, le cui posizioni vengono brillantemente sintetizzate da Bachelard quando espone il famoso imperativo: «la ragione deve obbedire alla scienza, alla scienza più evoluta, alla scienza che si evolve» [G. Bachelard, *La filosofia del non*, tr. di A. Vio, Pellicano Libri, Catania 1978, p.137]” (G. Perri, *Crescita della conoscenza e complessità*, cit., pp.19-20).

<sup>124</sup> L. Brunschvicg, *ABEL REY*, cit., p.8.

<sup>125</sup> A. Rey, *Études Critiques. Identité et Réalité par É. Meyerson*, cit., p.553 [la tr.è ns.].

<sup>126</sup> Ivi, p.558. Scrivono Rey: “Tutte le leggi scientifiche sono permeate dalla ricerca della causalità, dell’intelligibilità e, che mi si perdoni questo barbarismo, dell’esplicitività. La parte legale è impregnata di costruzione teorica e razionale” (ivi, p.557). Poniamo l’attenzione sull’espressione: “recherche [...], qu’on me pardonne ce barbarisme, de l’explicitivité”.

In *L’énérgetique et le mécanisme au point de vue des conditions de la connaissance*, Rey scrive: “Una delle condizioni fondamentali della conoscenza, meglio evidenziate dalla psicologia contemporanea, quella che costituisce la legge più importante relativa all’ordine di acquisizione delle nostre conoscenze, può essere formulata come segue: «La conoscenza va dal conosciuto all’ignoto ritrovando sempre in una certa misura il conosciuto nell’ignoto»” (A. Rey, *L’énérgetique et le mécanisme au point de vue des conditions de la connaissance*, cit., p.47).

particolare Rignano ed Enriques, i tedeschi Schultz ed Erich Becher, e soprattutto Mach, il primo in ordine cronologico e il più illustre<sup>127</sup>.

Particolare attenzione egli riservava (da buon allievo di Émile Boutroux) all'esame "del ruolo del principio di causalità nelle scienze fisiche"<sup>128</sup>. L'"insaziabile bisogno di spiegare"<sup>129</sup> nella scienza porta a negare il tempo. I principi della scienza fisica, "principi di costanza o di conservazione: la conservazione della velocità o dell'inerzia, la conservazione della massa o della materia, la conservazione dell'energia"<sup>130</sup>, debbono essere "costruiti in vista della realtà e in rapporto alla realtà"<sup>131</sup>.

L'inerzia, la massa, l'energia non possono essere considerate come dei fatti e delle realtà. Sono nozioni, ipotesi (intendendo questa parola *lato sensu*), più esattamente spiegazioni inventate per eliminare il tempo dalla nostra rappresentazione dell'universo, per rappresentarlo al di fuori della durata. Stavo per scrivere della *durata reale*, ma mi accorgo che forzerei il pensiero di Meyerson nell'affermare qualcosa di più che egli non ha tenuto ad affermare, proclamandolo bergsoniano. Benché vi siano dei reali punti di contatto tra la teoria che analizziamo sulla scienza e quella di Bergson, ci sono delle differenze evidenti che saltano agli occhi. Il tempo che volevamo eliminare non è solo la durata reale, il tempo psicologico, ma anche il tempo omogeneo e spaziale stesso. Il bisogno esplicativo si soddisfa secondo Meyerson solo sopprimendo ogni intervento del tempo, come il bisogno geometrico sopprime l'intervento dello spazio, considerando il luogo come senza azione sull'oggetto della dimostrazione [...].

L'universo della nostra scienza fisica è la sfera di Parmenide [...].

Perché cos'è il meccanicismo se non la spiegazione del divenire attraverso la sua negazione? [...]

Che cosa è alla base del principio di Carnot. È in effetti l'affermazione che il tempo non può essere eliminato, che vi è nei fenomeni fisici un'evoluzione irreversibile. Tutti gli sforzi per ridurre questo principio al meccanicismo sono finora falliti e, secondo Meyerson, è impossibile che essi riescano mai, poiché il principio di Carnot contraddice il postulato stesso del meccanicismo: l'identità nel tempo. Così di questo principio ci si è accorti solo molto tardi e ha cominciato ad essere trascurato e poi ad essere criticato e combattuto con forza, in quanto contrastava le abitudini fondamentali del nostro pensiero. Esso, dunque, non avrebbe nulla di aprioristico, è una verità di fatto. E questa verità di fatto ci impone questa conclusione, che c'è un irrazionale, cioè un ostacolo al completo assoggettamento dei fatti naturali alle esigenze della nostra ragione. Questo irrazionale si manifesta in due modi che in fondo si riconducono l'uno all'altro: l'impossibilità di un passaggio intelligibile tra i fatti meccanici e la sensazione, cioè l'irriducibilità specifica assoluta di quest'ultima, e l'impossibilità di un passaggio tra il movimento del motore e il movimento del mobile, cioè l'inintelligibilità della comunicazione del movimento<sup>132</sup>.

In conclusione,

Meyerson trasferisce alla materia stessa un po' dell'irriducibilità che, per Bergson, impedisce alla vita e alla coscienza di essere vinte dallo sforzo scientifico. È su questo punto, e sulla questione complementare dell'apriorismo sottostante alla scienza fisica che l'opera di Meyerson richiamerebbe, a mio parere, forti riserve. **Non sono convinto che il principio di Carnot contrassegni la resistenza della realtà ai nostri tentativi di razionalizzare il reale perché non sono convinto che questo principio sia irriducibile ad un'interpretazione meccanicistica**, o piuttosto che il cinetismo di domani non sia costruito in modo tale che il principio di Carnot vi sia integrato in modo soddisfacente. In altre parole, e per riprendere la questione nei termini di cui si avvale la teoria della conoscenza di Meyerson, il principio di Carnot mi sembra contraddistinguere tanto l'apriorismo quanto i principi di conservazione, e un apriorismo dello stesso genere. Non è forse che tutti questi principi sono ipotesi formate dallo spirito con l'ausilio di alcune esperienze parziali, estese a posteriori all'universalità dei fatti? Ciò che sarebbe *a priori* in essi sarebbe ipotetico e all'esperienza continuata sarebbe dovuta la loro rettificazione progressiva. Di *a priori*, se si può ancora usare questo termine, il nostro spirito non avrebbe veramente se non la sua tendenza a generalizzare e a considerare il reale come una parte del possibile posto da questa generalizzazione [...], il nostro spirito, insomma, è il risultato dell'adattamento progressivo che si fa tra la piccola parte di realtà

<sup>127</sup> A. Rey, *Études Critiques. Identité et Réalité par É. Meyerson*, cit., p.553.

<sup>128</sup> Ivi, p.556.

<sup>129</sup> Ivi, p.560.

<sup>130</sup> Ivi, p.559.

<sup>131</sup> Ivi, p.558.

<sup>132</sup> Ivi, pp.559-560; 561.

che siamo noi e la realtà tutta intera. L'adattamento non è mai completo poiché ogni nuova acquisizione, ogni nuova riflessione sull'acquisito ne distrugge l'equilibrio. Da qui queste resistenze momentanee della realtà nei confronti della teoria. Ma anche per questo motivo queste resistenze sono sempre momentanee, almeno nella forma particolare che assumono in un dato momento. Per concludere, non sembra che Meyerson abbia dimostrato in maniera definitiva che la natura sia in fondo ribelle al dominio universale della nostra tendenza causale così come l'ha definita cioè ribelle all'identificazione nel tempo; non sembra infine che l'apriorismo dei principi sia qualcosa di diverso da un'ipotesi generalizzatrice azzardata sul possibile, e destinata a rendere conto del reale come di un caso particolare di questo possibile<sup>133</sup>.

Le considerazioni finali, in particolare, che evocano il rapporto tra possibile e reale richiamano quello stesso rapporto nella maniera in cui è delineato da Bachelard ne *La valeur inductive de la relativité* e ne *Il nuovo spirito scientifico*.

Per Bachelard, nella Relatività, “il possibile è [...] il quadro *a priori* del reale”<sup>134</sup>. Nella mappa di ramificazioni delle possibilità di pensare il reale scientifico, ogni realizzazione è un caso particolare del possibile che avrebbe anche potuto rimanere come sopito nel corteo delle molteplici possibilità o si sarebbe potuto concretizzare con esito diverso. Se da un lato la possibilità conferisce alla realtà il suo vero aspetto, dall'altro “la realtà consolida i quadri della pura possibilità”<sup>135</sup>.

Ne *L'énergetique et le mécanisme au point de vue des conditions de la connaissance*, Rey mettendo a confronto energetismo e meccanicismo tratta, a suo dire, di una “questione di metodo”:

Si tratta infatti di una questione di metodo e di una questione di *esprit*. Si tratta di cercare che cosa sarà la scienza fisica di domani e qual è il futuro della scienza fisica. Si pone allora la questione, poiché il problema della rivalità dell'energetica e del meccanicismo può essere affrontato su un terreno diverso da quello scientifico, se disponiamo di un metodo di studio atto a permetterci un'induzione, un'ipotesi verosimile. Questa ipotesi sarebbe utile per determinare lo spirito generale della fisica contemporanea [...].

Una cosa colpisce, checché si pensi del valore della teoria energetica: essa rompe con la marcia ordinaria della scienza. L'energetica non tiene conto dell'unità storica dello sviluppo scientifico. La spezza e la frammenta; e se ristabilisce una nuova unità (infatti, volendo mantenere tutti i diritti e i titoli tradizionali della scienza, l'energetica, come pure il meccanicismo, non tiene più a rinunciare all'unità che all'oggettività del sapere), questa unità procede da un punto di vista completamente diverso. La scienza, giunta in un certo periodo del suo sviluppo, tornerebbe in qualche modo sui suoi passi: essa porrebbe prima la legge generale che è il suo punto di arrivo e il suo scopo; ne dedurrebbe poi con adeguate restrizioni, le leggi particolari. Non si tratta, in senso stretto, di rivolgere una critica all'energetica, dal punto di vista del suo valore scientifico, poiché non si dovrebbe esitare di fronte ad una completa inversione delle disposizioni teoriche, se questa inversione fosse richiesta dai progressi della scienza [...].

Mentre l'energetica vuole che dopo le scoperte della termodinamica ci sia stata una completa riforma della fisica, che ha comportato l'abbandono di teorie figurative per il movimento, il meccanicismo considera che tutte le nuove acquisizioni si collegano alle vecchie [...]. [Lo] sviluppo della scienza, come quello della conoscenza, reagisce [...] con uno shock di ritorno sulle acquisizioni precedenti. Lo sviluppo generale delle teorie meccanicistiche ne è la prova. Tutte le grandi scoperte hanno modificato le teorie in corso, fornendo una nuova prospettiva in cui si è considerato l'intero campo della fisica, e quindi le basi su cui la teoria fisica era stabilita [...]: le ipotesi meccanicistiche si sono quindi sostituite le une alle altre dopo periodi transitori di sconvolgimento, perseverando sulla stessa strada<sup>136</sup>.

<sup>133</sup> Ivi, pp.564; 565.

<sup>134</sup> G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, cit., p.121.

<sup>135</sup> Ivi, p.121. Sul rapporto tra reale e possibile o meglio tra concreto e astratto cfr. Leibniz che scrive “il concreto non essendo tale se non in relazione all'astratto” (G.W. Leibniz, *Scritti filosofici*, a cura di D.O. Bianca, Utet, Torino 1968, vol. II, p.254). Cfr. L.Oliveri, *On the Epistemological Status of Thought Experiments in Leibniz's Metaphysics: Conceivability, Possibility, Compossibility*, Conferenza Internazionale “Leibniz scientist - Leibniz Philosopher”, Lampeter, Wales, July 1-2, 2015; Id., *I volti dell'errore nel pensiero moderno. Da Bacone a Leibniz*, “Rivista di Storia della Filosofia”, 3/2015, pp. 639-643; Id., *Leibniz on the origins of language: innate ideas, tropic expressions and the place of the other*, [https://www.academia.edu/31707981/Leibniz\\_on\\_the\\_Origins\\_of\\_Language\\_Innate\\_Ideas\\_Tropic\\_Expressions\\_and\\_the\\_Place\\_of\\_the\\_Other](https://www.academia.edu/31707981/Leibniz_on_the_Origins_of_Language_Innate_Ideas_Tropic_Expressions_and_the_Place_of_the_Other).

<sup>136</sup> A. Rey, *L'énergetique et le mécanisme au point de vue des conditions de la connaissance*, cit., pp. 41-42; 45; 55-56.

Come scrive Giovanni Rocci, “il meccanicismo classico entra in crisi con i nuovi principi della termodinamica affermandi l'equivalenza del lavoro e del calore [...]. Ciò portò ad una rilevante e fondamentale svolta epistemologica nel senso che si

Come osserva Redondi,

l'energetismo affermava [...] la possibilità di ridurre la fisica alla nozione di energia e a quella di scambi di energia; con ciò otteneva una notevole efficacia antimeccanicistica per la possibilità che aveva di postulare una trattazione matematica di questi concetti fenomenologici, in senso dunque antiatomista e antimaterialista. Per Rey, il carattere astratto del fenomenismo energetista implicava però un allontanamento definitivo, da parte della fisica, dal realismo che era invece insito nel suo carattere sperimentale. Il percorso sperimentale della conoscenza fisica dà infatti la misura di una oggettività, anche se di carattere relativo o approssimato [...]. **Se l'epistemologia di Bachelard appare pervasa, come suo carattere precipuo, da una profonda vocazione di razionalismo sperimentale, o applicato, se ne può trovare una fonte ispiratrice, e forse non la minore, in questa visione epistemologica di Rey: «Il fatto [...] non si distingue più dal diritto, perché si lascia trasformare in diritto.** Questo paradosso può essere la massima di una filosofia nuova: sarà un razionalismo nuovo, caratterizzato dalla sua fede nella scienza sperimentale, la sintesi dell'empirismo e del razionalismo antichi»<sup>137</sup>.

Rey dedica un intero capitolo de *L'énergetique* a *La deduzione e l'induzione dal punto di vista metodologico*<sup>138</sup>.

Se un ragionamento – scrive – si sviluppa unicamente in virtù del principio di identità, non ritroveremo nulla nella sua conclusione che non sia stato nelle sue premesse. Sarà una pura tautologia, un circolo [...]. L'andamento analitico del metodo, quello che oggi chiameremmo metodo induttivo e sperimentale [...], ci porta alle ragioni delle cose; l'andamento deduttivo, in modo del tutto analogo, prende come punto di partenza queste ragioni delle cose. Ricompone o ricostruisce con esse tutte le proprietà dell'oggetto. Il cammino deduttivo non è quindi altro, in fondo, che il cammino analitico. Il procedimento dello spirito non è diverso: soltanto differisce l'ordine delle materie alle quali si applica il procedimento. E mentre nella prima fase si va all'avventura e a tentoni, nella seconda ogni esitazione scompare. La differenza dei due metodi e la loro analogia profonda si vedono soprattutto in matematica, confrontando con precisione il metodo analitico e quello sintetico. Resta da chiedersi in che cosa consista questo ragionamento deduttivo sostenuto dall'intuizione, e come si realizzi questa sintesi compatibile con la deduzione, da cui la scienza teorica trae tutta la sua efficacia [...]. Con Kant il problema, complicandosi in apparenza, si semplifica e si modernizza. Il fondamento della deduzione matematica e della teoria fisica, o, cosa che, per lui, è tutt'uno, della meccanica newtoniana, è il giudizio sintetico a priori. [...] [L]a sintesi a priori è un giudizio, una relazione creata dallo spirito e per lui: non è una cosa [...].

La metodologia delle scienze della natura può quindi affermare che la deduzione sintetica, la deduzione che serve a sistematizzare le conoscenze scientifiche, che ha dato alla matematica e alla meccanica la sua forma, e che pretende di darla alla fisica teorica non è il ragionamento analitico della logica formale. La considerazione di un oggetto particolare (lo si consideri come dato in un'intuizione a priori o in un'intuizione empirica, non importa) è essenziale a questo processo, mentre è invece essenziale eliminarlo nella deduzione formale. Da qui si deduce questa conseguenza fondamentale [...]: la scienza deduttiva, in linea di massima, conserva l'andatura [*marche*] dell'induzione: soltanto, mentre questa non stabilisce di fatto che il passaggio da un termine all'altro, la deduzione lo stabilisce di diritto

---

negò ogni valore ontologico alle teorie figurative e si accentuò nel contempo il loro significato fenomenistico, conducendo ad una concezione della fisica che «si può chiamare *concettuale*, perché sostituisce alle intuizioni figurate, alle costruzioni rappresentative del meccanicismo tradizionale, nozioni astratte pure e semplici, concetti di quantità non figurate». **Mentre la fisica meccanicistica partiva dai principi della meccanica razionale, la nuova fisica accentua i principi della termodinamica e la nozione di energia diviene così la struttura della fisica nuova, che finisce poi per essere una «energetica» vera e propria [...], l'energetismo [...], tra Otto e Novecento sembrò dovesse sostituire il meccanicismo [...].** «[...] Porre in certe relazioni delle realtà, delle grandezze ostensibili e misurabili, così che, date le une, si possono dedurre le altre: questo è il compito della scienza, né esso si può assolvere coll'intromettervi una qualsiasi immagine ipotetica, bensì col provare relazioni di interdipendenza fra grandezze misurabili» [...].

Essendo la realtà fisica, come energia, irriducibile agli elementi puramente meccanici, ne consegue l'inutilità, da parte della teoria fisica, di ogni figurazione sensibile della costituzione dei fenomeni. Con ciò si è giunti proprio al significato più vero dell'energetica, per cui la teoria fisica, più che essere un mezzo di investigazione è un modo di strutturare assiomaticamente il già acquisito: per Duhem, come per Ostwald, la teoria fisica è essenzialmente descrittiva, non scopre nulla, ma struttura i fenomeni scoperti in un insieme simbolico di facile uso [...]. Il suo vero senso e la sua funzione risiedono nelle equazioni che essa porta a stabilire tra gruppi diversi di fenomeni" (G. Rocci, *Scienza e convenzionalismo*, Bulzoni, Roma 1978, pp.22-23; 24; 26-27 [grass. è ns.]. Cfr. A.M. Dell'Oro, *L'energetismo*, "Sophia" anno XX, 1952, fasc.I, pp.46-49).

<sup>137</sup> P. Redondi, *Epistemologia e storia della scienza. Le svolte teoriche da Duhem a Bachelard*, cit., pp.93-94 [il grass. è ns.]. Redondi cita da *La théorie de la physique chez les physiciens contemporains* di Rey (éd.1907, p.397).

<sup>138</sup> A. Rey, *L'énergetique et le mécanisme au point de vue des conditions de la connaissance*, cit., pp.130-164 (cap.VII).

costruendo il secondo fatto con il primo, generando teoricamente il secondo con il primo. Ciò che la deduzione aggiunge all'induzione è la giustificazione dell'induzione: essa la fonda. E ciò che la deduzione aggiunge alla nostra conoscenza della natura è (entro i limiti umani) il perché, la ragione delle relazioni di cui l'induzione non dà che il come e una visione, in qualche modo descrittiva. È in questo modo che essa razionalizza la scienza: intendendo la parola ragione in un senso immanente all'esperienza e non trascendente [...]: *la scienza riguarda solo relazioni*, e non esseri, sostanze, individui [...]. Più esattamente ogni conoscenza si presenta sotto forma di giudizio, duque sotto forma di relazione [...]. Poiché ogni conoscenza, ogni fatto (scientifico o anche percettivo) è una relazione, possiamo costruire un fatto con un altro fatto, e generare tutti i fatti gli uni dagli altri, essendo che le relazioni più complesse si deducono necessariamente dalle relazioni più semplici; tutte le relazioni possono, dunque, stabilirsi infine a partire dalle relazioni elementari. Queste relazioni elementari, essendo le più semplici e le più frequenti di tutte, sono state verosimilmente in generale studiate per prime. La deduzione scientifica non è altro che la messa in pratica perpetua di questo procedimento. Ci si può, allora, fare un'idea d'insieme dell'uso e della portata di questo metodo. La deduzione sintetica in realtà non generalizza, ma, per mezzo della deduzione e della sola deduzione, si ottengono risultati che, di per sé, sono vere e proprie generalizzazioni, o, più precisamente, un'estensione a casi nuovi di una proposta precedentemente dimostrata per un altro caso [...]. Insomma, la deduzione accompagna passo dopo passo l'induzione e si sforza di dimostrare razionalmente, *de iure*, ciò che l'induzione non pone che di fatto; l'induzione dà il come, la deduzione il perché. E poiché l'induzione ci eleva progressivamente a proposizioni più generali, occorre che con la deduzione, anche noi possiamo elevarci a proposizioni più generali, anche se la deduzione non può di per sé stessa generalizzare, il che le farebbe perdere la sua certezza e la sua virtù esplicativa. Essa procede dallo stesso al medesimo [...]. Ovunque si farà vedere che il caso nuovo è riducibile a elementi identici al caso già esaminato, cosicché le conclusioni formulate in merito a questo caso valgono necessariamente per il caso nuovo [...]. Il nervo della deduzione scientifica è quindi il passaggio dallo stesso allo stesso, l'identificazione continua [...]. Con questa identificazione, questa assimilazione, la ragione si sente soddisfatta e sicura di sé. E tuttavia, alla fine, si trova che si è generalizzato, che si è incontrata la proposizione che poneva ipoteticamente questo salto nell'ignoto che caratterizza l'induzione, poiché una moltitudine di casi nuovi sono ridotti ad un caso primitivo ed elementare. L'intuizione e il principio di identità si sono prestati un continuo soccorso.

L'induzione, scoperta in un'esperienza privilegiata, generalizza, estendendo ipoteticamente una relazione di fatto. La deduzione trasforma questo legame di fatto in legame di diritto, dimostrando che tale estensione è autorizzata dall'equivalenza fondamentale di tutti i casi ai quali la relazione è estesa. Succede allora molto spesso che con la deduzione pura, trasformando i dati acquisiti, si giunga, senza l'ausilio dell'esperienza, a conseguenze che l'esperienza verificherà in seguito. È il caso delle teorie feconde e delle previsioni, nel campo fisico-chimico. La deduzione ha aumentato le nostre conoscenze. L'induzione e la deduzione proseguono una marcia parallela, controllandosi continuamente [...]. **Un'induzione è l'atto dello spirito con cui poniamo il risultato di un'esperienza come necessario e costante, come l'effetto di una legge generale. Ma noi ignoriamo la ragione di questa legge generale. Essa è per noi formula descrittiva. Constatiamo, ma non comprendiamo.** Poiché ogni risultato di esperimento scientifico è una relazione stabilita tra due fattori, tra due fenomeni, la legge naturale stabilita induttivamente è l'affermazione di una relazione, e non solo l'affermazione, ma ancora la descrizione esatta di una relazione tra questi due termini. Ogni descrizione esatta di una relazione è un rapporto matematico, una misura. La legge induttiva consisterà quindi nell'affermare e nel formulare un rapporto matematico, nell'enunciare le variazioni dei termini del rapporto in funzione l'uno dell'altro [...]. Restiamo rigorosamente nel campo dell'induzione, fintantoché siamo obbligati a limitarci ad affermare la costanza di questa relazione. Ma non appena ne possiamo dare la ragione, entriamo in un altro campo [...]. La deduzione è ora possibile [...]. Tornando alle due grandi sistematizzazioni fisiche attuali, sembra che quella delle due, che è più conforme al processo psicologico della deduzione scientifica, sia il meccanicismo [...]. In altre parole, l'ideale del meccanicismo è l'ideale della deduzione scientifica quale si può concepire nel campo fisico-chimico: presentare le cose conformemente all'esperienza; ricondurre il più possibile le relazioni, che costituiscono le leggi naturali, le une alle altre; di conseguenza, ricostruire, in modo sintetico, tali relazioni con il minor numero possibile di elementi omogenei, rappresentabili, attendendo sempre dall'esperienza la conferma di questa riduzione dello stesso allo stesso; infine, far servire la sistematizzazione alla scoperta o all'estensione delle nostre conoscenze. L'energetica, al contrario, separa completamente la sistematizzazione dalla scoperta induttiva; o piuttosto, li pone in due campi indifferenti l'uno all'altro. Essa sovrappone una scienza razionale e dimostrativa ad una scienza sperimentale e induttiva [...].

[O]gni induzione può essere presentata come una deduzione e tende necessariamente ad inserirsi in una teoria deduttiva<sup>139</sup>.

Secondo Rey, il procedimento deduttivo, consente di percorrere la sfera del possibile, “di anticipare sull’esperienza *già nota* e di suscitare congetture [*remarques*] sull’esperienza *ancora sconosciuta*, sull’esperienza *da fare*”<sup>140</sup>. Più avanti, fa esplicito riferimento a Stuart Mill e al *metodo dei residui*.

Un pensiero puramente formale, che cerca soltanto di mettere in ordine l’acquisito, non sarebbe forse, dal punto di vista della conoscenza in generale e della scienza in particolare, un pensiero morto?

[...] Il metodo dei residui non ha nulla di paragonabile ai tre metodi di cui Mill aveva già abbozzato la teoria. Questi tre metodi sono essenzialmente direzioni generali di sperimentazione. Il loro scopo essenziale è di fornire procedimenti di verifica per le ipotesi del scienziato [...]. I metodi della concordanza, della differenza, delle variazioni concomitanti servono solo a verificare se una causa presunta è esatta, se una relazione immaginata dallo scienziato esiste effettivamente. Questi metodi intervengono nella ricerca delle cause soltanto a posteriori e come controllo. Controllo indispensabile del resto, controllo necessario e sufficiente, con una sperimentazione sistematica. Il metodo dei residui è completamente diverso; è il metodo d’invenzione, il metodo che suggerisce l’ipotesi, il metodo di scoperta. E come viene usato? È impiegato partendo dalla teoria ammessa fino ad allora, fin lì supposta rappresentare tutto il noto, constatandone l’insufficienza. Lo scienziato cerca allora di rappresentarsi l’ignoto in modo che l’ipotesi anteriore sia rettificata in modo da coincidere con l’esperienza [...].

Questa logica [dell’invenzione e della scoperta] ha i suoi propri metodi, e l’invenzione è molto più sistematica di quella consueta. Essa deriva da ragionamenti che hanno le loro leggi, e da tutta un’impalcatura del pensiero che non è affatto data a caso. L’invenzione fisica ha il suo determinismo come la soluzione dei problemi matematici. Se questa visione è esatta, si concepisce [...] la legittimità del meccanicismo [...], come metodo di scoperta, perché che cosa è il meccanismo se non una visione sistematica della natura in cui la nuova scoperta dipende dalle antiche scoperte, e si fa sempre a proposito di un residuo ancora inspiegabile a causa dell’inadeguatezza dei processi figurativi... La variazione della massa alle velocità vicine alla luce, ecco un residuo nella teoria tradizionale del meccanicismo. Lo si spiegherà pensando ad una meccanica elettromagnetica, che non contraddirà la meccanica tradizionale, ma correggerà le sue nozioni fondamentali estendendone il senso, e armonizzandolo con i fatti nuovi rivelati dal fenomeno residuale. Questa rettificazione non spezzerà la teoria, la continuerà nella stessa direzione<sup>141</sup>.

Come osserva Polizzi, “a causa della sua fiducia nella corrispondenza diretta tra determinazioni teoriche e fatti sperimentali, Rey attribuisce all’induzione una funzione decisiva, comprensiva dello stesso procedimento deduttivo [...], [ma] in conseguenza di una pregiudiziale opzione teorica, non viene riconosciuta l’importanza di una autonoma teoria dell’induzione”<sup>142</sup>.

<sup>139</sup> A. Rey, *L’énérgetique et le mécanisme au point de vue des conditions de la connaissance*, cit., pp.132; 139;144; 147-148; 149; 150-151; 152-154; 155; 159-160; 162 [la tr. e il grass. sono ns.].

<sup>140</sup> Ivi, p.164.

<sup>141</sup> Ivi, pp.164; 169-170-171. Su induzione e metodo scientifico cfr. G.Giorello, *Introduzione alla filosofia della scienza*, Bompiani, Milano 1994, pp.284-290; 289.

<sup>142</sup> G. Polizzi, *Forme di sapere e ipotesi di traduzione*, Franco Angeli, Milano 1984, p.269.

Potrebbe, a nostro avviso, risultare interessante un confronto delle posizioni epistemologiche di Rey con quelle di William Whewell (noto autore di *Philosophy of Inductive Sciences founded upon their History*, J.W. Parker, 1840, ma anche di *Of the plurality of worlds: an essay* [1853], pubblicato in francese con il titolo di *Rêveries et vérités. Sur la pluralité des mondes*, Librairie Meyrueis et C<sup>ie</sup>, Paris 1858), secondo cui “la scienza è una progressione continua, più che una serie di rivoluzioni” (Whewell paragonava lo sviluppo evolutivo della scienza alla confluenza degli affluenti che formano un fiume) e “una scienza evolve grazie all’integrazione progressiva dei risultati del passato nelle teorie attuali”; in più “la storia della scienza rivela le tracce nascoste della «logica dell’induzione»” e l’induzione è il processo mediante il quale si stabiliscono nuovi fatti, leggi e teorie, se possibile con una bella «concordanza» (“un’inferenza induttiva è sempre qualcosa di più di una semplice raccolta di dati di fatto”; “i dati di fatto non vengono solo raccolti, ma vengono altresì considerati sotto un altro punto di vista; viene introdotto in aggiunta un nuovo elemento mentale; inoltre i requisiti per effettuare questa intuizione sono una particolare costituzione e disciplina dell’intelletto”). A tal proposito cfr. J. Losee, *Filosofia della scienza*, tr. di P. Budinich, Il Saggiatore S.r.l., Milano 2016; D. Oldroyd, *Storia della filosofia della scienza*, tr. di L. Sosio, EST, Milano 1998, pp.187-219.

La conoscenza procede per rettificazioni successive.

Non sono i dati qualitativi originari a fornire la visione più vicina al reale: sono soltanto approssimazioni grossolane di sensi poco esercitati. Sono invece le rettificazioni, imposte a questi dati originari, che possiamo chiamare col nome che hanno ricevuto dai filosofi: la ragione o il razionale<sup>143</sup>.

Ne *La théorie de la physique chez les physiciens contemporains*, Rey sostiene che

sul terreno in cui la scienza vuole rimanere e dove siamo costretti a seguirla, l'esperienza di domani non può contraddire l'esperienza di oggi. Può dimostrare che un'esperienza era fatta male; ma assegnando, — grazie ad una nuova esperienza —, la causa dell'errore, lungi dall'inficiare la validità del criterio sperimentale, lo conferma. Gli dà tutta la resistenza desiderabile contro lo scetticismo. Due esperienze contraddittorie sono due esperienze in cui noi ignoriamo una delle condizioni essenziali dell'esperienza. E la loro contraddizione ci spinge a farla scoprire. Il metodo dei residui non è che l'illustrazione costante di questa osservazione<sup>144</sup>.

Come scrive Redondi, “tema iniziale e durevole del pensiero di Rey è quindi un oggettivismo sperimentale che ne definisce l'originalità e l'interesse rispetto al convenzionalismo e al nominalismo dominanti in quell'epoca. Non può sfuggire il debito di Bachelard a questa forma di razionalismo epistemologico, nel nome della quale la filosofia della scienza in Francia opterà per una organica «affiliazione» dell'epistemologia alla storia della scienza attraverso una tematica anche di carattere psicologico”<sup>145</sup>. In più, “l'aspetto di un sapere come creazione continua della ragione rispetto alla coscienza” è ulteriore e non meno interessante elemento del pensiero di Rey che prefigura “l'organizzazione dell'opera bachelardiana nella sua complessa alterità tra scienza e immaginazione”<sup>146</sup>. Le considerazioni sulla relatività di Einstein espresse nel saggio su *La notion d'objet et l'évolution de la physique contemporaine* del 1922 presuppongono quella riflessione in cui Rey procedeva “ad integrare la concezione del suo realismo sperimentale con una ulteriore problematica di carattere razionalista”<sup>147</sup>.

Nel citato saggio di Rey [*La notion d'objet et l'évolution de la physique contemporaine*] vedremo un approfondimento della posizione epistemologica rispetto alle tesi prima analizzate. Per coglierne l'elemento teorico di maggior rilievo siamo tuttavia obbligati a fare un passo indietro, cioè a un articolo pubblicato nella stessa «Revue Philosophique» nel 1914, dal titolo *Vers l'intuition expérimentale de l'électron*. Ci basti dire che una più approfondita riflessione della relatività e della prima fase della meccanica quantistica conduce Rey ad integrare la concezione del suo realismo sperimentale con una ulteriore problematica di carattere razionalista. Rey scrive infatti che nello stadio attuale della storia della fisica non si può esitare a riconoscere che «la fisica procede [...] in un modo razionale e non più sperimentale» e più oltre precisa «la scienza fisica è, in questa tappa, più di uno sforzo per comprendere l'esperienza e renderla intelligibile. Essa è il bisogno imperioso, necessario di comprendere le esperienze e di renderle intelligibili. È per questo che essa progredisce, che essa è portata a stabilire nuove relazioni, preludio di nuove applicazioni e che essa precisa sempre più le sue misure».

L'oggettività sperimentale della condizione presente della storia della fisica offre in tal modo una connotazione razionalista al momento conoscitivo ed esplicativo<sup>148</sup>.

“La scienza positiva — scriveva Rey — è scienza obiettiva e realistica, nel senso sperimentale di queste parole. Ma — aggiungeva — allo stesso tempo è scienza esplicativa, quindi scienza razionale”<sup>149</sup>.

Ne *La notion d'objet et l'évolution de la physique contemporaine*, “questo carattere di intelligibilità razionale della scienza affiora con rinnovato vigore”<sup>150</sup>.

<sup>143</sup> A. Rey, *L'énergetique et le mécanisme au point de vue des conditions de la connaissance*, cit., pp.175-176.

<sup>144</sup> A. Rey, *La théorie de la physique chez les physiciens contemporains*, cit., p.349.

<sup>145</sup> P. Redondi, *Epistemologia e storia della scienza. Le svolte teoriche da Duhem a Bachelard*, cit., p.94.

<sup>146</sup> Ivi, p.101 n.45.

<sup>147</sup> Ivi, p. 98.

<sup>148</sup> Ivi, pp.97-98. Cfr. A. Rey, *Vers l'intuition expérimentale de l'électron*, “Revue philosophique de la France et de l'Étranger”, 39, 77/1914, pp.353-378; 482-505; Id., *Les fondements objectifs de la notion d'électron*, “Revue philosophique de la France et de l'Étranger”, 38, 76/1913, pp.449-478.

<sup>149</sup> A. Rey, *Vers l'intuition expérimentale de l'électron*, cit., p. 505.

La prospettiva realista adottata da Rey si approfondisce ora, dal punto di vista epistemologico, attraverso la considerazione che la realtà fisica non può più essere «detta» in senso materiale, «poiché l'universo einsteiniano sembra poter essere qualcosa di più generale e di più profondo della materia, dell'etere, della forza o dell'energia, nel significato comune di questi termini».

Quello che possiamo riscontrare è dunque il superamento delle esigenze puramente sperimentali [...], cioè l'uscita dalla sicurezza epistemologica di una verifica sperimentale che accompagni passo per passo lo sviluppo teorico, perché, si è certi di tradurre costantemente in matematica dei dati empiricamente osservabili. **«Con lo spirito della relatività, generale lo spirito sopravanza l'esperienza: entriamo nel campo delle 'anticipazioni'».**

Questa enunciazione dell'estendersi del teorico rispetto alla frontiera sperimentale, cioè del momento anticipatorio dello spirito scientifico moderno, verrà appunto sviluppata in modo organico dall'epistemologia bachelardiana che condurrà un'acquisizione di questo genere a un ruolo epistemologico e storiografico generale per la comprensione del pensiero scientifico<sup>151</sup>.

Sin dall'inizio, Rey precisa da quale prospettiva intende, in questo saggio, svolgere la sua lettura della relatività.

In questa sede vogliamo considerare l'evoluzione contemporanea della fisica solo dal punto di vista filosofico. E ancora da un punto di vista filosofico molto particolare, anche se centrale: l'oggettività delle teorie fisiche. Dobbiamo quindi considerare solo la «forma logica» di questa scienza, e l'apporto che essa dà alla formazione della nozione filosofica di oggetto [...].

[N]on abbiamo intenzione di esporre qui la teoria della relatività. Vogliamo semplicemente indicare più che sommariamente come consideriamo i suoi rapporti con lo scopo che perseguiamo qui: l'interpretazione che la teoria della conoscenza può dare della teoria della fisica [...].

Le due teorie di Einstein (relatività ristretta, relatività generale) hanno rinnovato la concezione dell'universo fisico. Esse portano dunque, per le loro conseguenze, nella loro struttura matematica, nel loro dettaglio, molti altri segni del genio. Ma, ancora una volta, non ci proponiamo di esporle. Vogliamo vederle solo nei loro rapporti con il problema del valore oggettivo della fisica e, di conseguenza, del valore della conoscenza scientifica<sup>152</sup>.

Secondo Rey, la teoria della relatività di Einstein è stata interpretata in maniera soggettiva da filosofi e da scienziati che, così facendo, hanno fatto filosofia (cita Eddington e Weyl).

A questo proposito, non conosciamo l'interpretazione di Einstein stesso, — se ne ha una. In ogni caso, una teoria scientifica è, di per sé, indipendente (fortunatamente) dalle sue interpretazioni filosofiche. Essa lascia sempre loro il campo libero (Newton e Kant). Noi pensiamo che si possa dare un'interpretazione più oggettiva dell'evoluzione teorica della fisica attuale, ed è quello che cerchiamo di fare qui<sup>153</sup>.

Chi fa scienza ed interpreta la sua produzione sa che non può mancare di riferirsi (glielo impone l'esperienza) a quella “relazione che viene dal fondo stesso dell'oggetto: una oggettività «essenziale» nel senso filosofico della parola”<sup>154</sup>. Che cos'è questa “oggettività” che Rey qualifica come “oggettività *relazionale* della fisica”<sup>155</sup>?

Questo genere di oggettività è concettuale senza dubbio, ma è imposta dall'esperienza, dalle apparenze sensibili dell'universo fisico. Essa fa consistere l'oggetto in relazioni poste dall'interpretazione dell'esperienza e dall'intelligenza, dal loro reciproco adattamento, che in fin dei conti non è che la manifestazione della loro comunanza [*communauté*], o piuttosto, la reminiscenza della loro unica

---

<sup>150</sup> P. Redondi, *Epistemologia e storia della scienza. Le svolte teoriche da Duhem a Bachelard*, cit., p.98. Redondi sottolinea l'importanza di questo contributo di Rey. Fa, quindi, presente che “[a]l contenuto di questo saggio dobbiamo aggiungere l'interesse del suo inserimento in un numero speciale della «Revue Philosophique» dedicato alla teoria della relatività. Per i suoi contributi epistemologici, tra i quali un articolo di Reichenbach, questo fascicolo ci sembra indicare in maniera valutabile l'impatto della fisica di Einstein sul pensiero filosofico francese nel periodo fra le due guerre” (ivi, p.97).

<sup>151</sup> Ivi, p.99. Scrive Rey: “Con la teoria della relatività siamo su un terreno [in cui] la precisione e la trasparenza razionale non hanno quasi più nulla da desiderare, — almeno nei principi” (ivi, p.214).

<sup>152</sup> A. Rey, *La notion d'objet et l'évolution de la physique contemporaine*, cit., pp.201; 214 n.1; 222.

<sup>153</sup> Ivi, p.201 n.1.

<sup>154</sup> Ivi, p.213.

<sup>155</sup> Ivi, p.214.



sorgente. L'unità d'azione è, con la riserva di una derivazione ulteriore o di una determinazione più esatta, una relazione fondamentale dell'oggetto<sup>156</sup>.

L'universo cartesiano “è esploso sotto la pressione dei fatti che l'esperienza ha rivelato in tutto il corso del diciannovesimo secolo, e che, per numero e importanza, superano, e di molto, tutto ciò che era stato acquisito fino ad allora [...]. Questo sconvolgimento della rappresentazione dell'universo era in fondo la sostituzione del vecchio principio di relatività con un nuovo principio molto più ampio, e che si basava su un'analisi molto più profonda delle condizioni di ogni osservazione meccanica, astronomica o fisica. Questo nuovo principio è, a nostro avviso, il colpo di genio di Einstein, per averlo colto per primo quando esso era già in qualche modo implicito nelle equazioni di Maxwell, nell'ipotesi di Fitzgerald, e soprattutto nelle teorie di Lorentz [...]. L'esperienza di Michelson e Morley certamente ha suggerito la teoria della relatività a Lorentz e Einstein; ma non [è stata] che la causa occasionale, e quando si trova che essa è una base molto ristretta per una teoria così generale, è perché non si vede che questa teoria si basa su tutta la teoria elettromagnetica elaborata da Maxwell, se non da Ampère, sulla teoria delle onde, da Fresnel, se non addirittura da d'Alembert, in fin dei conti su tutta la fisica. Essa è il termine attuale del sistema scientifico che si è fondato sulla matematizzazione della conoscenza — e di conseguenza sulla disposizione e il movimento nello spazio, come caratteristiche universali e necessarie, — se non sufficienti — della realtà materiale”<sup>157</sup>.

Il principio della relatività ristretta ci insegna che “nella fisica di Galileo, di Cartesio, di Newton, l'analisi delle condizioni di ogni osservazione non è sufficientemente avanzata”, ma è solo “una grossolana approssimazione, ancora troppo vicina al senso comune, e che non poteva dare risultati, approssimativamente concordanti con l'esperienza [...], se non per movimenti ed eventi alla nostra scala”<sup>158</sup>.

Solo nelle esperienze del senso comune, tempo e spazio si possono “dissociare”<sup>159</sup>.

[N]essun evento fisico si colloca in un punto dello spazio, a prescindere dal tempo, né in un momento del tempo, a prescindere dalla sua situazione nello spazio, *alias*, dal suo movimento. Piuttosto, non può essere *individuato* in modo *univoco e oggettivo* se non *insieme* nello spazio *e* nel tempo. Il sistema di assi di coordinate necessario e sufficiente per tale individuazione è quindi un sistema a quattro assi in un continuum spazio-tempo a quattro dimensioni. Ma, si dirà, vi è solo un gioco di scrittura? Prima avevamo una rappresentazione tridimensionale dello spazio, una rappresentazione unidimensionale del tempo, separate l'una dall'altra. Le giustappiamo traducendo quella che era una semplice rappresentazione per il senso comune con una complicazione concettuale irrepresentabile e difficilmente intelligibile. Per niente! È che la nozione di tempo ha subito un cambiamento profondo, diventando un asse di coordinate. Da concetto a priori, è divenuto *dato fisico sperimentale* [...]. Ciò posto, l'esperienza di Michelson [...] mette in evidenza, come del resto tutto l'elettromagnetismo, la correlazione [*intrication*] del tempo e dello spazio [...]. Il contrario non ha senso fisico<sup>160</sup>.

La Relatività, allontanandosi dall'esperienza del senso comune, accresce l'intelligibilità di questo mondo.

Basti dire che la riforma einsteiniana consiste essenzialmente nella sostituzione di un potenziale [...] determinato da un solo numero con un potenziale tensoriale la cui espressione è inizialmente molto più complessa, poiché esso esige, per la sua determinazione, dieci componenti, ma che in realtà entra in

---

<sup>156</sup> *Ibidem*

<sup>157</sup> Ivi, pp.221; 215.

<sup>158</sup> Ivi, p.222. “Il secondo colpo di genio di Einstein (il primo è stato quello di *realizzare* fisicamente il tempo locale e la trasformazione di Lorentz) è di aver armonizzato la dinamica della gravitazione e l'elettrodinamica”(ivi, p.230).

<sup>159</sup> Ivi, p. 223.

<sup>160</sup> Ivi, pp.224; 225. Più avanti, in nota, Rey precisa: “Non dimentichiamo che la coordinata del tempo nel continuo quadridimensionale, di Minkowski, non è intercambiabile con le coordinate dello spazio [...]. Non possiamo insistere, ma riteniamo che sia sbagliato dire che l'universo fisico di Einstein riduca, come talvolta si sostiene, il tempo allo spazio e che ci mette in presenza di uno spazio a quattro dimensioni. No, di un continuo quadridimensionale di cui tre, che rappresentano lo spazio, sono intercambiabili e possono ruotare intorno all'origine in tutto il dominio esterno ad un cono che, invece, necessariamente racchiude la dimensione temporale” (ivi, p.232 n.1). E inoltre: “Ricordiamolo ancora, perché è fondamentale. Se già con il principio della relatività generale di Einstein sembra che si entri nell'ipotesi, con Weyl, e con Eddington ci si spinge sempre più in là. Non c'è più qui alcuna necessità sperimentale, ma vedute dello spirito, tormentato dalle idee di unità e di oggettività” (ivi, p.238 n.1).

un'immagine di universo più unita e più semplice. Questa porta praticamente alla legge di Newton, come legge molto approssimata, nella nostra cosmologia ordinaria [...]. Quello che dobbiamo ricordare di tutto ciò [...] è che questa rappresentazione astratta, che Einstein non ha tardato a superare per una rappresentazione ancora più astratta, è più oggettiva della rappresentazione del senso comune, che è oggi un'immagine più o meno grossolana dell'universo newtoniano. È più oggettiva poiché coincide meglio con l'esperienza e permette una visione e una precisione più acute dell'universo fisico. Ma questa visione e questa previsione sono ancora limitate. Se ci attenessimo a questa semplice estensione della relatività alle azioni di gravitazione, le nostre misure sarebbero invarianti solo in un campo ristretto del *continuum* dell'universo. E la nostra rappresentazione, in questo campo ristretto, equivarrebbe a eliminare le azioni di gravitazione. Ma il campo gravitazionale è un'esistenza fisica reale. Di conseguenza, la scienza oggettiva dell'universo non può farne astrazione. E ce ne accorgiamo subito, se usciamo dal dominio ristretto in cui siamo rimasti fino ad ora. Questo dominio è rappresentato, nella teoria esposta finora, come un dominio quadridimensionale euclideo [...].

Ma se andiamo oltre questo dominio, allora le nostre rette si curvano, e un corpo lasciato a se stesso in questo dominio non può più essere confuso con un corpo a riposo. Non si può più eliminare il movimento gravitazionale. È questo il caso generale, il caso reale, di cui l'altro non è che un'approssimazione condizionata e ristretta [...].

Finora nella teoria della relatività ristretta, e nella teoria della gravitazione, eravamo sul terreno solido delle esigenze dell'esperienza. Stavamo solo traducendo matematicamente i suoi dati. Con il principio della relatività generale, lo spirito precede l'esperienza: entriamo nel campo delle «anticipazioni» [...]. Ci muoviamo solo nel campo delle vedute dello spirito e delle costruzioni puramente geometriche. L'universo oggettivo diventa una realtà geometrica<sup>161</sup>.

Si tratta di un universo geometrico che è al tempo stesso un universo fisico, un ordine intelligibile<sup>162</sup> realizzato. Volendo saggiare il *valore oggettivo della relatività*, Rey arriva a parlare di una “rappresentazione dell'universo allo stesso tempo sperimentale (perché i suoi risultati coincidono di più e meglio di quelli di nessun altro finora, con l'esperienza) e razionale (perché è [di] una logica impeccabile)”<sup>163</sup>.

Nulla dello spazio vuoto euclideo, ma un reale la cui piegatura infinita e infinitamente diversificata rende conto, sotto leggi molto semplici logicamente collegate, non solo delle poche diversità che i nostri sensi strettamente limitati ci rivelano, ma di molte altre davanti alle quali essi restavano ciechi. Il vuoto, qui, è esso stesso ricco e pieno, per l'intelligenza, come l'estensione intelligibile di Malebranche, così

---

<sup>161</sup> Ivi, pp.232-233; 235; 237. Scrive Rey: “Questa è una delle forme in cui si può affermare il principio della relatività generale: il terzo colpo di sonda dato da Einstein nell'universo reale. Si enuncia come il principio di relatività ristretta, sopprimendo la restrizione: movimento uniforme. Non ci sono sistemi di coordinate privilegiati nel *continuum* dell'universo: qualunque sia il loro movimento, sono tutti equivalenti. In altre parole ancora, la loro arbitrarietà, che è senza limiti, non può influire sull'espressione delle leggi fisiche, queste sono assolutamente oggettive, rispetto alla situazione (*lato sensu*) dell'osservatore” (ivi, p.234).

Come osserva Redondi, “l'ipotesi del continuo metrico generalizzato di Weyl asseconda l'aspirazione epistemologica ad una intima relazione tra le coordinate spazio-temporali e le unità di misura, segmenti di lunghezza e di tempo, cioè una metrica funzionale alla geometria dell'universo. Orbene H. Weyl, affermando l'invarianza di tutte le leggi fisiche quale che fosse il sistema di coordinate e quale che fosse, in questo stesso sistema, la funzione di verifica prescelta, ha costruito un continuo metrico generalizzato, di cui sia il continuo tensoriale di Riemann-Einstein, sia il continuo euclideo sono casi particolari: il continuo metrico generalizzato si presenta perciò epistemologicamente, cioè conoscitivamente, come un universo oggettivo di natura geometrica. Se infatti la geometria non vuole essere espressa filosoficamente in termini idealisti o nominalisti, l'epistemologo deve, a sua volta comprendere che la nozione di realtà fisica non può più essere recepita in senso empirico e attraverso un appello alla conoscenza comune” (P.Redondi, *Epistemologia e storia della scienza. Le svolte teoriche da Duhem a Bachelard*, cit., pp.99-100).

<sup>162</sup> Rey parla esattamente dell'«ordine intelligibile» indipendente dalla nostra soggettività umana, dalla nostra sensibilità più o meno individualizzata” (A. Rey, *La notion d'objet et l'évolution de la physique contemporaine*, cit., p. 242 n.1).

<sup>163</sup> Ivi, p.238. “Il *continuum* delle teorie di Einstein (o anche delle teorie di Weyl, di Eddington e di Sitter, ecc.) è l'universo fisico. L'intervallo è l'elemento reale di questa fisica” (ivi, p.239).

Scrive Redondi: “L'esame di Rey si incentra sul continuum delle teorie di Einstein, e cioè le teorie di H. Weyl, di A.-S. Eddington e di W.de Sitter, ovvero la progressiva geometrizzazione dell'universo, mostrando come questa rappresentazione risponda a un'esigenza sia sperimentale, per la migliore coincidenza con i risultati dell'esperienza, sia razionale, per la nuova condizione logica in cui si trova la scienza moderna. La constatazione di questo fatto discende dal principio della relatività generale di Einstein, che impone una rappresentazione dell'universo generale ed astratta, fondata sulla geometria di Riemann, rispetto alla quale non si può non considerare la geometria euclidea che come un caso particolare. In tale rappresentazione le misure fisiche devono essere in grado di determinare in maniera univoca un elemento oggettivo di universo, cioè l'intervallo. Questa è la base invariante della metrica della nuova fisica, rispetto alla quale sarà possibile definire la stessa realtà fisica” (P.Redondi, *Epistemologia e storia della scienza. Le svolte teoriche da Duhem a Bachelard*, cit., pp.98-99).

vicina a quelle di Spinoza e di Cartesio: oggetto di scienza. E d'altra parte, e allo stesso tempo, il reale che raggiungiamo è infinitamente più slegato e intellettualizzato di quello dell'empirismo: mantiene ovviamente come pietra di paragone — nei campi molto limitati dove questo è possibile — la coincidenza con le nostre sensazioni. Per coglierlo, il fisico se n'è andato, e ci ritorna. Di che cosa è fatto questo reale? È irrepresentabile?<sup>164</sup>.

Di certo, questo reale non è sensibilmente *representabile*, ma non per questo è *impensabile*, anzi. È, piuttosto, un reale di accresciuta intelligibilità e di maggiore oggettività.

L'esperienza costringe a poco a poco la nostra intelligenza all'intelligibile come la curva verso il suo asintoto. È attraverso l'intelligenza che ci approssimiamo al reale, attraverso l'esperienza e grazie ad essa. Un Malebranche che avesse abbandonato ogni *a priori*, potrebbe però ancora dire qui: «In principio era il verbo e il verbo si è fatto universo». Bisogna dunque dare a queste espressioni: reale, rappresentazione del reale, intuizione del reale, un senso intellettualista. La geometria e il reale si intrecciano come lo spazio e il tempo in qualcosa di più profondo, più comprensivo e, malgrado il paradosso, di più semplice, a chi consente la conversione platonica. L'esperienza sensibile è l'involucro, e il nostro fisico ha frantumato l'osso<sup>165</sup>.

Rey parla di “senso intellettualista”, preferisce parlare di “intellettualismo” più che di “razionalismo”. Ne spiega le ragioni.

Ma non lasciamoci ingannare. Se pensiamo: intellettualismo e non sensismo empirico, non possiamo parlare di un razionalismo nel senso metafisico ordinario della parola, di un logicismo che si eleva al di sopra dell'esperienza e pretende di trascenderla. **Noi diciamo intellettualismo invece di razionalismo, proprio per evitare equivoci. Nelle teorie di Einstein e dei suoi seguaci, non c'è affatto apriorismo, almeno apriorismo voluto e cosciente. Tutto parte dall'esperienza e vi ritorna.** L'intelligenza implica i sensi e se ne separa solo per astrazione. Perché le cosiddette astrazioni che essa forma o piuttosto che ritrova a partire dalla realtà sensibile, ci sembrano altrettanto concrete, forse più concrete dei miseri [*pitoyables*] dati dei nostri sensi. Bisogna pensare in una certa misura all'intellettualismo di Condillac se si vuole comprendere ciò che intendiamo esprimere: un intellettualismo sperimentale, l'intelligenza dell'esperienza, e inseparabile da essa, e che viene dopo di lei, *a posteriori*<sup>166</sup>.

Il cammino della scienza è un “cammino verso l'oggettivo”. Più precisamente, “l'evoluzione della fisica contemporanea” appare “come la continuazione del cammino verso l'oggettivo”, verso la conquista dell’“invariante, l'indipendenza da tutte le condizioni che, necessariamente, soggettivizzano l'osservazione” e al tempo stesso verso “l'affrancamento rispetto alle limitazioni dell'osservazione, perché tutte le condizioni soggettive ed arbitrarie introdotte nell'osservazione, la limitano inevitabilmente riguardo all'oggetto”<sup>167</sup>.

Bisogna trascendere l'individualità dell'osservazione (la scienza siamo noi), ritrovare il punto di vista dell'universale: *sub specie aeterni*. Beninteso, questo punto di vista dell'universale è un universale umano, e questo «*aeternum*» è a nostra misura [...]. In quest'alba del XX secolo abbiamo sicuramente fatto più di quanto non avessimo fatto da Talete. Come se tutti tutti i germogli puntati in lunghi secoli di virtualità si aprissero d'improvviso quasi contemporaneamente. Perché si possa seguire la continuità sotto l'asperità dei tornanti [...].

Colui che misura il cammino percorso, dalla metrica euclidea fino al campo metrico variabile dipendente dalla materia e contenente le manifestazioni della gravitazione e dell'elettromagnetismo, colui che cerca di abbracciare con uno sguardo ciò che la nostra esposizione ha necessariamente frammentato e spezzettato, costui deve avvertire un sentimento di libertà, come se stesse uscendo da una gabbia dove finora era rinchiuso; dev'essere pervaso dalla certezza che la nostra ragione non è soltanto un ripiego [*pis-aller*] **umano, troppo umano**, per la lotta per la vita, ma che essa si è sviluppata nonostante tutte le insidie e gli errori fino al punto in cui può abbracciare oggettivamente la

<sup>164</sup> A. Rey, *La notion d'objet et l'évolution de la physique contemporaine*, cit., pp. 239-240.

<sup>165</sup> Ivi, p. 240. Anche Meyerson si era richiamato a Malebranche nel suo intervento allo storico incontro con Einstein alla *Société française de Philosophie* (*La teoria della relatività nel dibattito della Société française de Philosophie* (6 aprile 1922)), in G. Polizzi, *Einstein e i filosofi*, cit., p.95).

<sup>166</sup> Ivi, pp. 240-241 [il *grass*. è ns.].

<sup>167</sup> Ivi, p. 241.

verità. Alcuni degli accordi potenti di questa armonia delle sfere che Pitagora e Keplero sognavano, sono giunti alle nostre orecchie<sup>168</sup>.

Come Redondi scrive, Rey riconosce il “carattere razionale della fisica moderna, nel senso non di un astratto controllo logico delle sue strutture, ma della propria natura oggettiva: razionale diviene dunque sinonimo di antisoggettivo”. “La fisica moderna – aggiunge – mostra [...] la complessità dell'intrinseca costituzione relazionale delle leggi dell'elettromagnetismo e delle teorie gravitazionali, complessità che fa risaltare i limiti interpretativi di una percezione a livello della conoscenza comune. Al realismo di questa forma di conoscenza, la fisica sostituisce un reale «intellettualizzato» in costante riferimento con l'esperienza. Il reale fisico è intellettuale, ma non in senso idealista, bensì per la capacità di astrazione della ragione sperimentale. La realtà oggettiva e sperimentale della scienza, perciò, è una realtà astratta, non empirica, perché, l'empirismo del senso comune sarebbe troppo povero per dare atto epistemologicamente delle costruzioni razionali della scienza e accettarne il realismo immediato darebbe inevitabilmente luogo all'idealismo o al nominalismo. D'altro lato [...], l'epistemologia non ha da essere un logicismo, cioè un razionalismo *a priori* rispetto all'esperienza, chiuso e assoluto, bensì un intellettualismo sperimentale nel senso di un'intelligenza dell'esperienza, ovvero un «razionalismo applicato», come avrebbe detto Bachelard. Il carattere oggettivo e realistico di questa conoscenza razionale risiede nell'universalità rappresentativa, nell'invarianza di tutte le condizioni e nell'affrancamento dai limiti della rappresentazione del senso comune e di quella soggettiva. Le condizioni che consentono la realtà dell'universo della fisica moderna sono quindi di carattere relazionale: la concezione fondamentale di Rey porta a un «insieme logico e sperimentale in cui ci sforziamo incessantemente di fare la cernita tra le relazioni che vengono da noi e le relazioni che non vengono da noi e che si svelano reciprocamente»<sup>169</sup>.

Più precisamente, si legge in Rey:

**L'universo della fisica contemporanea**, se si può osare l'espressione, perché le vecchie parole evocano sempre qualcosa di troppo «sensista» o di troppo «ragion pura», è **la relazione**: l'insieme logico e sperimentale, insieme e simultaneamente, in cui ci sforziamo incessantemente di fare la cernita tra le relazioni che vengono da noi e quelle che non vengono da noi e che si svelano reciprocamente le une per mezzo delle altre<sup>170</sup>.

Questa concezione, secondo Redondi, “esprime che la capacità della scienza risiede, come [Rey] scriverà nell'opera del 1927 *Le retour éternel et la philosophie de la physique*, nella capacità di pervenire a rapporti reali attraverso un'intuizione sensibile della materia organizzata in modo oggettivo: «La conoscenza costruisce l'oggetto non senza rapporto con la materia che, per definizione, ci sfuggirebbe, ma modificandola e informandola profondamente. L'oggetto che noi poniamo è dunque plasmato dallo spirito; esso ne porta i segni». Affiorava in questo modo, alla fine del percorso filosofico da noi analizzato, percorso che ha condotto Rey dal realismo empirico al razionalismo sperimentale fino all'oggettivismo relazionale ed astratto di una ragione costruttiva, un sentimento di libertà conoscitiva della ragione scientifica”<sup>171</sup>.

In conclusione, “la scienza viene da Rey riconosciuta come una costruzione oggettiva al di là di persistenti residui soggettivi e il suo conseguimento intellettuale viene dipinto non alla stregua di una tendenza di identificazione ontologica, come avrebbe fatto Meyerson, ma nel senso di un'identità relazionale attraverso la già discussa sostituzione dell'intuizione razionale al senso comune, alla luce «delle lotte, dei ritorni, delle eclissi che la storia ritrova per le più recenti acquisizioni». Quest'ultimo aspetto ci sembra degno di interesse dal punto di vista della fondazione del pensiero bachelardiano”<sup>172</sup>.

<sup>168</sup> Ivi, pp. 241; 242 [il *grass.è ns.*].

<sup>169</sup> P. Redondi, *Epistemologia e storia della scienza. Le svolte teoriche da Duhem a Bachelard*, cit., pp. 99; 100.

<sup>170</sup> A. Rey, *La notion d'objet et l'évolution de la physique contemporaine*, cit., pp. 241-242 [il *grass.è ns.*].

<sup>171</sup> P. Redondi, *Epistemologia e storia della scienza. Le svolte teoriche da Duhem a Bachelard*, cit., pp.100-101.

<sup>172</sup> Ivi, p.101.

Infatti, si legge in Bachelard, ne *Il nuovo spirito scientifico e la creazione dei valori razionali*:

A questo punto non è sufficiente mostrare il reale, occorre dimostrarlo [...]. Nelle scienze fisiche, organizzazione razionale ed esperienza sono in costante cooperazione [...].

Come tesi generale, si potrebbe dire che risolvere un problema scientifico significa liberare un *valore di razionalità* [...]. Lo spirito razionale prepara i propri avvenimenti [...].

Bisogna giustamente riconoscere che le soluzioni si trovano nella rottura totale con un semplice miglioramento del sensibile [...]. Bisogna coordinare rigorosamente delle esperienze che non appartengono alla natura naturale, ma che sono costituite razionalmente a partire da veri teoremi espressi in una matematica rigorosa. La realizzazione finale appare come una concretizzazione di valori razionali. Ugualmente, tra l'*homo buccinator* che soffia in una conchiglia di mare per dominare il rumore della tempesta e l'ingegnere della Radio che collega una voce in un continente a un orecchio in un altro, chi oserebbe dire che c'è continuità di esperienza, pensiero, continuità? [...]

La nostra tesi è molto precisa: lo spirito scientifico, nella sua forma evoluta, nella sua attività consapevolmente assunta, è una *seconda natura*. Portando questa tesi fino alle sue estreme conseguenze, crediamo che la razionalità sia un'emergenza netta e libera, al di sopra dell'empiricità. Nei suoi valori ben specifici, il razionale non è un'elaborazione dell'empirico. Detto altrimenti, se si vuole rendere conto veramente del progresso delle scienze fisiche contemporanee, bisogna considerare un'autonomia della costruzione razionale [...].

Si può giustamente affermare che l'espressione matematica delle teorie fa corpo unico con le teorie stesse. La razionalità matematica è il campo in cui si *comprende* l'esperienza scientifica. E notiamo giustamente che si tratta di un'esperienza che non si trova in un'osservazione immediata dei fenomeni [...].

Nei campi così nuovi che si presentano alla ricerca scientifica del nostro tempo, lo spirito non può riferirsi a enti platonici che attenderebbero di essere scoperti. La scienza contemporanea crea una nuova natura, dentro e fuori l'uomo. Mai la creatività dello spirito è stata più manifesta, più attiva. Il destino intellettuale della scienza si accelera attraverso la moltiplicazione e l'approfondimento dei valori di razionalità. Diventa, persino a breve portata, imprevedibile. Il razionalismo della scienza è una filosofia aperta<sup>173</sup>.

Il rapporto tra reale e razionale, la natura relazionale del reale scientifico sono, però, questioni già presenti ne *La valeur inductive de la relativité*.

Come scrive Michel-Elie Martin, "seguendo la questione del reale nella fisica relativistica, come la presenta Bachelard ne *La valeur inductive de la relativité*, troveremo chiaramente affermato questo «realismo delle relazioni» contro il «realismo sostanzialista» fino al rischio assunto da Bachelard di un'ontologia basata sulla Relatività generale che identifica l'Essere con la Relazione di essenza matematica. L'inflessione del criterio del reale, che passa dalla resistenza dell'irrazionale alla verifica del razionale matematico, nonché il rifiuto del «realismo sostanzialista» a favore del «realismo delle relazioni» sono particolarmente netti ne *La valeur inductive de la relativité*"<sup>174</sup>.

In principio è la relazione; ogni realismo non è che un modo d'espressione di questa relazione [...].

[L'] *essenza è una funzione della relazione* [...].

Non c'è alcuna ragione di trascendere la relazione. È la relazione che dice tutto, prova tutto, contiene tutto; essa è la totalità del fenomeno preso come funzione matematica [...]. In particolare, sarebbe, secondo noi, completamente insufficiente vedere nella relazione una semplice condizione della misura fisica, poiché la relazione affetta l'essere, o meglio fa tutt'uno con l'essere. Risalendo progressivamente all'indietro, ci si deve rendere conto che, se si toglie la relazione, non c'è più attributo, e quindi non c'è più sostanza. Spingendo così la Relatività fino a quelle che crediamo essere le sue conseguenze metafisiche, si ha l'impressione che le condizioni matematiche che le servono da punto di partenza si moltiplichino e si prolunghino in un'ontologia tanto più coerente quanto più è di essenza matematica. In altre parole, le condizioni matematiche indicano l'essere perché sono esse medesime una parte

<sup>173</sup>G. Bachelard, *Il nuovo spirito scientifico e la creazione dei valori razionali* [1957], in Id., *L'impegno razionalista* cit., pp.103-111; 108; 103; 105; 106-107; 111.

<sup>174</sup>M.-E. Martin, *Les réalismes épistémologiques de Gaston Bachelard*, cit., p.62.

Cfr. J.-H. Barthélémy, *Sens et Connaissance à partir et en deçà de Simondon*, Thèse de doctorat *Épistémologie, histoire des sciences*, Université Paris VII – Denis Diderot – U.F.R. GHSS, soutenue le 14 novembre 2003, sous la direction de Dominique Lecourt, p.220 sgg. (*L'idée de réalisme de la relation*).

dell'essere, o meglio ancora si può dire che l'essere non è fatto che della loro coordinazione e della loro ricchezza<sup>175</sup>.

In principio è la Relazione: per questo la matematica regna sul reale<sup>176</sup>.

Che significa infatti credere nella realtà, cos'è l'idea della realtà, qual è la funzione metafisica primordiale del reale? Si tratta, essenzialmente, della convinzione che un'entità vada oltre il suo dato immediato, o, per essere più chiari è la convinzione che si troverà di più nel reale nascosto che nel dato evidente [...]. Naturalmente, questa funzione realizzante opera con la massima delicatezza proprio nel campo matematico; in questo campo è più difficile farla emergere [...].

Ma sopraggiunge [...] lo sforzo poetico dei matematici, lo sforzo creatore, realizzatore<sup>177</sup>.

---

<sup>175</sup>G. Bachelard, *La valeur inductive de la relativité*, cit., pp. 224; 222; 224-225. Così è, ad esempio, per l'inerzia, considerata da sempre la qualità primaria indice della presenza materiale: se la relazione tra i corpi viene meno, anch'essa viene meno, come proprietà intrinseca e, dunque, non semplicemente in assenza delle condizioni richieste per il suo rilevamento (l'inerzia di un corpo non ha alcuna realtà in un corpo isolato. Mancando la relazione che definisce l'inerzia "per quanto ciò appaia paradossale, per quanto scioccante sia ciò per il nostro linguaggio realista", quella stessa proprietà si annulla; ivi, p. 226).

<sup>176</sup>G. Bachelard, *Noumène et microphysique* [1931-1932], "Recherches philosophiques", I, 1931-1932, pp.55-65; 61; rist.in *Études* [post.] Vrin, Paris 1970, pp.11-24; 19; tr.it. di M.Chiappini, in G. Sertoli (a cura di), *La ragione scientifica*, cit., pp.218-225; 224; in G. Bachelard, *Studi di filosofia della scienza*, a cura di A. Cavazzini, cit., pp.53-62; 59. Cfr.: R. Habachi, *Au commencement est la relation*, in AA.VV., *G.Bachelard. L'homme du poème et du théorème. Colloque du Centenaire. Dijon 1984*, Éditions Universitaires de Dijon, Dijon 1986, pp.187-195.

<sup>177</sup>G. Bachelard, *Il nuovo spirito scientifico* [1934], a cura di A. Alison, Mimesis, Milano-Udine 2018, pp.52; 53.

## CAPITOLO SECONDO

### *L'induzione da tecnica a metodo*

*Un matematico che non sia contemporaneamente anche un po' poeta  
non sarà mai un matematico completo*

Karl Weierstrass<sup>178</sup>

#### 2.1 Alla voce «*induzione matematica*» leggere di *rêverie*

*Valore induttivo della relatività*, scrive Bachelard. Ma in che senso *induttivo*?

Senza aver cura di avvertirci che non tiene in alcun conto il significato abituale della parola induzione, Bachelard qualifica così una moltiplicazione e un arricchimento premeditati di considerazioni teoriche ed anche specificamente matematiche, che si orientano verso l'esperienza solo tardivamente, in aggiunta [...]. In breve, parlando di induzione, Bachelard ha principalmente di mira l'uso del calcolo tensoriale, che fornisce alla scienza nuove antenne atte ad esplorare in modo più completo la natura. L'operazione, lungi dal prendere il suo punto di partenza nel «particolare», è una specie di generalizzazione preliminare, che finisce per condurci di fronte ai dati sperimentali più fini.

A.Spaier, Recensione a *Il valore induttivo della Relatività*<sup>179</sup>

Nel '29, parlando di "induzione", Bachelard non si riferiva all'induzione empirica tradizionalmente intesa. Sapeva che sull'induzione empirica (*Hume docet!*) non si può fondare la scienza<sup>180</sup>.

<sup>178</sup> Cit. in C. Bartocci (a cura di), *Racconti matematici*, Einaudi, Torino 2006, pp.8-9.

<sup>179</sup> A. Spaier, *Compte-rendu de G. Bachelard, La valeur inductive de la Relativité*, "Recherches philosophiques", I, 1931-32, pp.368-373; 369: "Sans prendre soin de nous avertir qu'il ne tient aucun compte de la signification habituelle du mot induction, Bachelard qualifie ainsi une multiplication et un enrichissement, prémédités de considérations théoriques et même spécifiquement mathématiques, qui ne s'orientent vers l'expérience que tardivement, par surcroît [...]. Pour le dire d'un mot, en parlant d'induction, Bachelard a principalement en vue l'emploi du calcul tensoriel, qui pourvoit la science de nouvelles antennes propres à explorer plus complètement la nature. L'opération, loin de prendre son point de départ dans le «particulier», est une sorte de généralisation préalable, qui finit par nous conduire au-devant des données expérimentales les plus ténues".

<sup>180</sup> In quegli stessi anni, assai vivace, in Francia (ma non solo) era il dibattito sul fondamento di validità dell'induzione, quella empiricamente intesa. Si rimanda, a tal proposito, a G. Polizzi, *Scienza e epistemologia in Francia (1900-1970)*, Loescher, Torino 1979; G.Sertoli, *Schede sull'epistemologia francese del '900*, "Nuova Corrente", 82-83, 1980, pp.131-162; H. Reichenbach, *Causalité et induction*, "Bulletin de la Société française de Philosophie" (séance du 5 juin 1937), n.1937, 37/4, éd. A. Colin, Paris - Exposé: H. Reichenbach; Discussion: L. Brunschvicg, M. Halbwachs, M. Hermant, A. Lalande, A. Lautman, Mlle Renault, L. Rougier;

[https://s3.archive-host.com/membres/up/784571560/GrandesConfPhiloSciences/philosc03\\_reichenbach\\_1937.pdf](https://s3.archive-host.com/membres/up/784571560/GrandesConfPhiloSciences/philosc03_reichenbach_1937.pdf).

Particolarmente interessante è risultata la lettura del contributo di Sofia Vanni Rovighi, presentato nel 1934 in forma di comunicazione al IX Congresso Nazionale di Filosofia (Padova, settembre 1934), dal titolo *Concezione aristotelico-tomistica e concezioni moderne dell'induzione*, "Rivista di Filosofia Neo-Scolastica", vol. 26, n. 5/6, 1934, pp. 578-593. Vanni Rovighi mette in luce "il senso lato della parola induzione in Aristotele e in S.Tommaso, significato che [...] comprende sia l'induzione vera e propria, sia la semplice astrazione universalizzatrice" (ivi, p.593).

Scrive: "Bisogna però tener presente che Aristotele e S.Tommaso hanno della induzione un concetto molto più ampio e più indeterminato di quello dei moderni: induzione per loro significa qualsiasi passaggio all'universale anche quello che resti nel campo della nozione e sbocchi semplicemente ad un'idea, non ancora ad un giudizio universale. L'επαγωγή aristotelica comprende quindi anche quella che gli scolastici moderni chiamano astrazione universalizzatrice [...]. Osserviamo però che l'induzione vera e propria, l'induzione nel senso moderno, si distingue dalla semplice astrazione" (ivi, pp. 578; 580). E ancora, per Stuart-Mill, "il fondamento dell'induzione è la legge di causalità" e "quella che Stuart-Mill chiama legge di causalità è [...] la concezione deterministica dell'universo. Dato il suo empirismo anche il principio deterministico non può essere che frutto di osservazioni ripetute, sia pure da tutti gli uomini ed in tutti i tempi, quindi non è che una generalizzazione di esperienze, priva di vera necessità obiettiva e per conseguenza di vera universalità. Jules Lachelier critica lo Stuart-Mill per il suo empirismo e ritiene inoltre che a fondare l'induzione occorra il determinismo non solo nell'ordine della causalità efficiente, ma anche nell'ordine dei fini [...]. Il determinismo nell'ordine delle cause efficienti e finali è dunque il fondamento dell'induzione. Nonostante le profonde divergenze, Lachelier e Stuart-Mill son dunque d'accordo nell'ammettere che esiste un principio indubitabile in virtù del quale le conclusioni indotte sono assolutamente certe e nel far consistere tale principio nel determinismo. Il determinismo insomma, sia pur diversamente concepito, è secondo questi due pensatori condizione necessaria e sufficiente del valore dell'induzione. Ora, si è giustamente osservato, p.es. dal Keynes e dal Lalande: necessaria sì, sufficiente no [...]. Non è sufficiente: poiché è verissimo che ogni natura agisce in modo determinato, ma quella tal natura che determina il tal comportamento, io non la conosco a priori ma la debbo ricostruire a forza di esperienza e se la ricostruisco male crederò che quel tal modo di agire dipenda da una natura o da un complesso di fattori che non è quello realmente operante, e la mia conclusione indotta sarà sbagliata [...]. E allora ci si è domandati: Ma esiste davvero un fondamento dell'induzione? Il Lalande distingue il problema del fondamento da quello dei principi dell'induzione" (ivi, pp. 582-584; 585). Cita quindi Lalande [*Les Théories de l'Induction et de l'Expérimentation*]: "«Non bisogna dunque misurare il valore della nostra certezza induttiva avendo per unità di misura una intelligibilità assoluta che si perderebbe nell'identità pura e che sarebbe in contraddizione coi dati del problema a cui si riferisce. Domandare quanto vale tale certezza significa

Così, ne *Il nuovo spirito scientifico*, nel 1934, scriveva:

Qualche anno fa abbiamo scritto un libro speciale allo scopo di mettere in luce il carattere di novità essenziale delle dottrine relativistiche. Abbiamo soprattutto insistito sul valore induttivo delle nuove matematiche, dimostrando, in particolare, che il calcolo tensoriale è un vero e proprio metodo di invenzione<sup>181</sup>.

Nella recensione a *Logica, matematica e conoscenza della natura* (1933) di Hans Hahn, Bachelard aveva parlato espressamente di “valore induttivo del pensiero matematico”.

In un breve resoconto, non dovevamo esprimere le nostre critiche. Ma c'è una domanda che ci tormenta [*nous brûle la langue*]. Riuniamola attorno a tre epiteti molto diversi che potrebbero dare, studiandoli, tre lunghi capitoli di obiezioni: se la matematica è tautologica perché è così varia, così difficile, così interessante?<sup>182</sup>

---

domandarsi se essa è il miglior modo per noi di cogliere il reale, o se c'è qualche altro modo più sicuro, rispetto al quale, essa apparisca di dubbio valore. Ma dove cercheremo noi quest'altra informazione?» (ivi, p.586). E aggiunge: “Che il risultato dell'induzione non possa generare una assoluta certezza aveva detto anche il Keynes nel suo *Trattato sulla probabilità*. Già il parlare dell'induzione in un trattato sulla probabilità, implica da parte dell'Autore la convinzione che il risultato dell'argomentare induttivo sia probabile, ma non evidente [...]. Il procedimento induttivo si giustifica, ossia giunge a risultati probabili, e può con opportuni metodi rendere fortissima tale probabilità se si presuppone che l'universo quale si riferiscono le proposizioni da noi formulate, è un sistema *finito*. E per sistema finito il Keynes intende un sistema costituito di un numero finito di enti, ognuno dei quali ha un determinato modo di agire, indipendente dalla sua posizione nello spazio e nel tempo e segue una determinata legge [...]. Appare evidente che l'«ipotesi induttiva» del Keynes è una formulazione del determinismo, e di un particolare determinismo, perché in essa è affermato anche che le nature operanti nell'universo sono in numero finito [...]. Una posizione radicalmente opposta quelle di J. Stuart-Mill e di Lachelier è assunta da Hans Reichenbach. Quelli cercavano un fondamento dell'induzione capace di dare certezza assoluta alle conclusioni indotte, questo afferma che l'evidenza oggettiva (nella logica classica manifestazione di verità necessaria e generatrice di certezza) non è se non un caso particolare di probabilità. Affermazione che il Reichenbach esprime spesso dicendo che la logica a due valori (vero-falso) non è che un caso particolare della logica della probabilità, così come la geometria euclidea non è se non un caso particolare della geometria di Riemann [...]. Reichenbach stesso [...] sente il bisogno di dire che il vero problema della logica della probabilità consiste nel costruire una logica più valori la quale valga per serie di proposizioni, sebbene per le singole asserzioni ci si attenga alla duplicità di valori ” (ivi, pp.586; 587; 588). In nota n.1 p.590, Vanni Rovighi fa presente “l'importanza – che è grandissima – per la teoria delle scienze – di quelle ricerche particolari che mirano a determinare esattamente la parte di razionalità dell'induzione, elaborando una logica della probabilità e studiandone l'applicazione al processo induttivo. Per questo – dice – è prezioso il trattato sulla probabilità del Keynes. Ricordo anche la piccola di mole ma penetrante opera di J. Nicod, *Le problème logique dell'induction*, Paris Alcan, 1924”. Nell'*Essai sur la connaissance approchée*, Bachelard cita Nicod. Allievo di Lalande, Nicod perfeziona a Cambridge i suoi studi di logica sotto la guida di Russell e in una delle due tesi presentate nel 1923 per il suo dottorato a Parigi, dal titolo *Le problème logique de l'induction*, sottopone a esame critico le tesi avanzate da Keynes nel celebre *A treatise on probability* del 1921. Nella ristampa di questo lavoro sul problema dell'induzione per l'editore Puf nel 1961, la Prefazione è a cura di Bertrand Russell (che ricorda Nicod prematuramente scomparso). Qui Russell scrive: “Il problema dell'induzione che è trattato nelle pagine che seguono costituisce, da secoli, un vero e proprio scandalo nella teoria della conoscenza e nella filosofia della scienza. Cosa curiosa, benché il problema dell'induzione abbia preoccupato i filosofi, gli uomini di scienza sono quasi tutti rimasti indifferenti [...]. Oggi è la stessa cosa. I filosofi continuano le loro controversie sull'induzione ma gli scienziati non ne vogliono sentir parlare. Ho avuto l'occasione, in un certo periodo, di avere con Einstein frequenti discussioni. Rifiutava di ammettere che l'induzione avesse giocato qualunque ruolo nella scoperta della teoria della relatività. Non ho mai capito cosa fosse, per lui, veramente successo, ma sospetto che fosse piuttosto qualcosa come una illuminazione improvvisa [...]. Il lavoro di Nicod – scrive Russell – è breve e non esaurisce la questione dell'induzione. Se avesse vissuto avrebbe certamente studiato aspetti del problema ai quali qui fa solo allusione. Da parte mia non vedo assolutamente nulla da contestare nelle sue conclusioni, ma rimpiango profondamente che non abbia potuto esaminare certe questioni come per esempio le seguenti: L'induzione è una legge dello spirito o una legge della natura? L'induzione è sempre valida o lo è soltanto in certi limiti e, se sì, quali sono questi limiti? Converrebbe adottare la teoria abbastanza scoraggiante del professor Popper secondo cui le pretese leggi scientifiche possono essere contestate ma non possono mai essere provate e neppure rese probabili? La validità dell'induzione esige qualcosa come ciò che si potrebbe chiamare il regno della legge e, in tal caso, il regno della legge può essere formulato in modo che non porti ad una tautologia?” (B. Russell, *Préface*, in J. Nicod, *Le problème logique de l'induction*, Paris, Puf 1961, pp.V-VII [il testo di Russell è dato sia in versione inglese che in francese]). Cfr. Jean-Pierre Deschepper, *Compte rendu de Jean Nicod, Le problème logique de l'induction*. Préface par Lord Bertrand Russell, in: “Revue Philosophique de Louvain”, 3<sup>ième</sup> série, tome 64, n.84, 1966, pp. 660-66. Si rimanda, inoltre, a J. Dubucs, *Jean Nicod, l'induction et la géométrie*, in M. Bitbol & J. Gayon (dir.), *L'épistémologie française, 1830-1970*, cit., pp.265-279.

<sup>181</sup> G. Bachelard, *Il nuovo spirito scientifico*, a cura di A. Alison, cit., p.61.

<sup>182</sup> G. Bachelard, *Compte-rendu de: H. Hahn, Logique, mathématiques et connaissance de la réalité*, trad. du Général Vouillemin, Paris 1935, “Recherches philosophiques”, 5, 1935-1936, Boivin & C<sup>ie</sup>, Paris, pp.448-450: “Dans un court compte-rendu, nous n'avions pas à apporter nos critiques. Mais tout de même une question nous brûle la langue. Condensons-la autour de trois épithètes bien différentes qui pourraient donner, en les étudiant, trois longs chapitres d'objections: si le mathématiques sont tautologiques pourquoi sont-elles si variées, si difficiles, si intéressantes?” (ivi, 449; 450).



Le matematiche – al plurale – “diventano”, per dirla con Redondi, “gli assi della scoperta scientifica come vettori dal razionale al reale e non sono linguaggi, ma operatori dell’intelligenza. E se questa visione porta al rifiuto dell’epistemologia linguistica e formalista, essa fa anche attribuire alla matematica una potenzialità inferenziale di razionalismo e una virtualità razionale sistematica”<sup>183</sup>.

Così, nel saggio sulla *ricchezza inferenziale della fisica matematica*, pubblicato nel 1931 su *Scientia - Revue internationale de Synthèse scientifique*, Bachelard scrive:

Dove si trovano dunque, in generale, la potenza di diversificazione e la vera risorsa della curiosità scientifica? Crediamo che risiedano soprattutto nel pensiero matematico. La fisica matematica moltiplica le domande, coglie le diverse funzioni dei fenomeni, enumera e classifica i loro rapporti; essa soltanto scopre o almeno può preparare le scoperte [...]. Costruendo tutte le funzioni della materia, i matematici ne cancellano l’irrazionalità o, almeno, ci insegnano a considerare il reale nel suo aspetto razionale senza rinunciare però ad esplorarne la ricchezza<sup>184</sup>.

*Induzione* è, dunque, un concetto che Bachelard assume dal vocabolario della matematica. Concetto problematico, come ammette Brunschvicg ne *Les étapes de la philosophie mathématique* del 1912, dove scrive che il principio di *induzione matematica*, detto anche di *induzione completa* o *ragionamento per ricorrenza* (se una proprietà è vera per il numero 1, e se si stabilisce che essa è vera per  $n+1$  posto che lo sia per  $n$ , essa sarà vera per tutti i numeri interi), è, in effetti, un principio di *deduzione progressiva*. Si riferisce, quindi, a Poincaré che, nel definire la natura *induttiva* del ragionamento matematico, dopo aver distinto tra *induzione matematica* e *induzione empirica* (quest’ultima “sempre incerta”), aveva parlato di *dimostrazione per ricorrenza* per designare l’*induzione matematica*.

Proprio la “problematicità” dell’*induzione* intesa in senso matematico ha suggerito di ricercare definizioni del suo significato nella riflessione di matematici, fisici e filosofi, in particolare del primo Novecento (ma non solo). Di seguito, se ne dà riscontro e perché il succedersi delle voci elencate non venga in uggia al lettore, lo s’invita a far tesoro di questo pensiero di Léon Brunschvicg:

Non ho timore di moltiplicare le citazioni; giacché i testi forniti dalla storia sono, per l’analisi dell’*esprit*, ciò che è un’esperienza di laboratorio nell’analisi della materia<sup>185</sup>.

**1900** – Henri Poincaré, *L’intuizione e la logica nelle matematiche* (*Compte Rendu du Deuxième Congrès International des Mathématiciens tenu à Paris du 6 au 12 août 1900*)

L’intuizione non può darci né il rigore né la certezza: ce ne siamo accorti sempre di più [...].

Crediamo che nei nostri ragionamenti non ricorriamo all’intuizione. La logica del tutto pura non ci condurrebbe che a delle tautologie; non potrebbe creare del nuovo; non può da essa sola scaturire alcuna scienza [...].

Se un teorema è vero per il numero 1 e si dimostra che è vero per il numero  $n + 1$ , purché lo sia per  $n$  sarà vero per tutti i numeri interi [...]; è un vero giudizio sintetico a priori, il fondamento dell’induzione matematica rigorosa [...]. Ho avuto l’occasione di studiare la natura del ragionamento matematico, e ho mostrato come tale ragionamento, senza cessare di essere assolutamente rigoroso, possa elevarci dal particolare al generale con un procedimento che ho chiamato *induzione matematica*<sup>186</sup>.

---

Su Bachelard vs. empirismo logico Cfr. Sandra Pravica, “Scientific Philosophies” in the Early 1930s and Gaston Bachelard on “Induction”, in *Conference Epistemology and History - From Bachelard and Canguilhem to Today’s History of Science*, Max-Planck-Inst. für Wissenschaftsgeschichte, Berlin 2012, pp. 159-169.

<sup>183</sup> P. Redondi, *Epistemologia e storia della scienza. Le svolte teoriche da Duhem a Bachelard*, cit., p.163.

<sup>184</sup> G. Bachelard, *La ricchezza inferenziale della fisica matematica*, in Id., *L’impegno razionalista*, cit., pp.121-130; 122,127.

<sup>185</sup> L. Brunschvicg, *Physique et Métaphysique*, in AA.VV., *Settimana Spinozana*, Nijhoff, La Haye 1933, pp.43-54; 52 [la tr. è ns.]

<sup>186</sup> H. Poincaré, *Du rôle de l’intuition et de la logique en mathématiques*, in *Compte Rendu du Deuxième Congrès International des Mathématiciens tenu à Paris du 6 au 12 août 1900*, Gauthier-Villars, Paris 1902, pp.115-130. Una parziale traduzione italiana si trova in C.F. Manara-G. Lucchini, *Momenti del pensiero matematico*, Mursia, Milano 1976, pp.224-235. Rielaborato con il titolo di *L’intuition et la logique en mathématique*, questo contributo è presente con il titolo *L’intuizione e la logica nelle matematiche* in H. Poincaré, *Il valore della scienza*, tr. di F. Albergamo, a cura di G. Polizzi, La Nuova Italia, Firenze 1994, pp.11-26; 14; 17; 23.

Cfr. R. Zucchini, *Il principio di induzione*, epub, Mnamon 2017; R.Vidal, *Étude historique et critique de methodes de demonstration en arithmétique*, Thèse de doctorat en Philosophie 2005 Université Lyon III “Jean Moulin”, sous la direction de Daniel Parrochia; P. Guyot, *La mise en place d’une nouvelle philosophie de la physique au 18<sup>e</sup> siècle*, Thèse de doctorat

Qual è la natura del ragionamento matematico? È esso realmente deduttivo, come si crede ordinariamente? Un'analisi approfondita ci mostrerà che non lo è, che partecipa in una certa misura della natura del ragionamento induttivo; è perciò che esso è fecondo. Ma non perde, per questo, il suo carattere di rigore assoluto [...]. Il ragionamento matematico ha per se stesso una specie di virtù creatrice e [...] perciò si distingue dal sillogismo [...]. I matematici procedono dunque «per costruzione», «costruiscono» combinazioni via via più complicate. Risalendo poi con l'analisi delle combinazioni o insiemi, per così dire, ai loro elementi primitivi, essi scorgono i rapporti degli elementi stessi e ne deducono i rapporti degli insiemi [...].

Noi possiamo elevarci solo con l'induzione matematica, la quale soltanto può farci apprendere qualcosa di nuovo. Senza l'aiuto della induzione, differente per molti rispetti dall'induzione fisica, ma feconda quanto questa, la costruzione non potrebbe creare la scienza<sup>187</sup>.

1905 – Henri Poincaré, *La matematica e la logica* (Revue de Métaphysique et de Morale)

Ciò che innanzitutto ci colpisce, nella nuova matematica, è il suo carattere puramente formale [...].

Il «principio di induzione completa» mi sembrava tanto necessario alla matematica quanto irriducibile alla logica. Conosciamo l'enunciato di questo principio: «Se una proprietà è vera per il numero 1, e se si stabilisce che è vera per  $n + 1$  purché lo sia per 1, sarà vera per tutti i numeri interi». Vi vedevo il ragionamento matematico per eccellenza. Non che volessi dire, come alcuni hanno creduto, che tutti i ragionamenti matematici possono essere ridotti ad una applicazione di questo principio. Esaminando questi ragionamenti un po' da vicino, vi troveremmo applicati altri principi analoghi, che presentano le stesse caratteristiche essenziali. In questa categoria dei principi, quello dell'induzione completa è soltanto il più semplice, ed è per questo che l'ho scelto come modello. Il nome che ha prevalso, quello cioè di principio di induzione completa, non è però giustificato. Questo tipo di ragionamento non è altro che una vera e propria induzione matematica, che si distingue dalla comune induzione solo per il suo carattere di certezza<sup>188</sup>.

---

en Philosophie 2012 Université de Bourgogne, sous la direction de Gérard Chazal [cfr. in particolare: pp.162-186: 2.2 *La méthode scientifique. 2.2.1 La méthode; le rôle de l'induction*].

<sup>187</sup> H.Poincaré, *La scienza e l'ipotesi*, tr. di F.Albergamo, La Nuova Italia, Firenze 1950, pp.8; 15; 25; 26. Scrive Poincaré: “Se noi apriamo un libro qualunque di matematica; a ciascuna pagina l'autore annuncia l'intenzione di generalizzare una proposizione già conosciuta. Il metodo matematico si può allora chiamare deduttivo? Se infine la scienza del numero fosse puramente analitica, o potesse ricavarsi analiticamente da un piccolo numero di giudizi sintetici, uno spirito assai potente potrebbe con un sol colpo d'occhio avvertirne tutte le verità; che dico! potremmo anche sperare che un giorno si riesca a inventare un linguaggio assai semplice per esprimere tali verità, in modo da presentarle immediatamente ad una intelligenza ordinaria” (ivi, pp.15). In nota, Francesco Albergamo osserva: “Il ragionamento matematico — dice il Poincaré — non consiste nella deduzione sillogistica, ché in tal caso sarebbe infecondo, poiché in essa la conseguenza è già implicitamente contenuta nelle premesse. Le scienze esatte procedono *induttivamente* nel senso che estendono la validità di una proposizione, dimostrata vera per un caso particolare, ad altri casi particolari. L'induzione matematica differisce da quella delle scienze empiriche perché «ha carattere di rigore assoluto», in quanto si risolve in una serie di dimostrazioni *a priori*, mentre l'induzione empirica parte dalla semplice constatazione dei fatti e ne desume, per generalizzazione, la legge (ivi, p.8 n.1). Cfr. anche H. Poincaré, *Les mathématiques et la logique*, “Revue de Métaphysique et de Morale”, XIII, 1905, pp. 816-835. Si segnalano nel n.13 della stessa *Revue* i contributi di É. Le Roy, *Sur la logique dell'Invention*, L. Couturat, *Les principes des Mathématiques*, M. Winter, *Métaphysique et logique mathématique*, B. Russell, *Sur la relation des mathématiques à la logistiqu*e.

Per Vuillemin è «l'ultimo grande scienziato universale» (**Errore. Il segnalibro non è definito.**cit. in G.Polizzi, *Henri Poincaré, tra matematica ed epistemologia*, in H.Poincaré, *Il valore della scienza*, cit., pp.VII-XLVIII; VIII). Come scrive Polizzi, per Poincaré, “il matematico costruisce la sua geometria come un ingegnere, a partire però da una struttura potenziale dell'intelletto, propria di tutti gli uomini. La creatività del matematico risiede nella capacità di costruire teorie nuove, a partire da quella struttura, da un gruppo di trasformazioni [...]. Il principio fondamentale della epistemologia aritmetica di Poincaré è [...] il principio di induzione completa, secondo il quale una proprietà vale per tutti i numeri naturali quando si verificano simultaneamente le due seguenti condizioni: essa vale per lo zero; essa vale per il numero 'n + 1' ogniqualvolta vale per il numero 'n'. Ciò conduce Poincaré a sostenere che la verità della matematica è basata su un concetto che rinvia al nostro intelletto, appunto il principio di induzione completa, salvando così un assunto del kantismo. I concetti di gruppo e di invariante (che uniscono geometria, algebra e analisi), e di induzione completa (legato all'aritmetica) permettono di individuare una scienza in cui convenzione e costruzione assumono un ruolo preminente, senza che venga sminuito il valore di verità delle teorie scientifiche” (G. Polizzi, *La “Filosofia Scientifica” di Henri Poincaré*, Ebooks'3 Centro Studi Enriques, Livorno 2014, pp.32-33

[http://www.centrostudienriques.it/publicazioni\\_digitali/ebook-3\\_CSE\\_la\\_filosofia\\_scientifica\\_di\\_henri\\_poincare.pdf](http://www.centrostudienriques.it/publicazioni_digitali/ebook-3_CSE_la_filosofia_scientifica_di_henri_poincare.pdf).

Su Poincaré cfr. G. Heinzmann, *La philosophie des sciences de Henri Poincaré*, in in M.Bitbol & J.Gayon (dir.), *L'épistémologie française, 1830-1970*, cit., pp.307-325.

<sup>188</sup> Cfr. anche H. Poincaré, *Les mathématiques et la logique*, “Revue de Métaphysique et de Morale”, XIII, 1905, pp. 816-835; ed.it. *La matematica e la logica*, in *Scienza e metodo*, tr. di C.Milanesi, in *Opere epistemologiche*, a cura di G. Boniolo, Vol.II, Mimesis, Milano-Udine 2017, pp.5-197; 99-109; 101; 103.

1911 – Giovanni Vacca, *Sur le principe d'induction mathématique* (Revue de Métaphysique et de Morale)

Si attribuisce ordinariamente a Blaise Pascal la scoperta del principio d'*induzione matematica*, che si chiama anche qualche volta *induzione completa*, o *induzione successiva* (De Morgan), o *ragionamento per ricorrenza*.

Pascal ha utilizzato questo principio nel suo *Traité du Triangle arithmétique*, pubblicato nel 1665. Ma l'inventore non è stato lui. Questa scoperta è dovuta a Francesco Maurolico, matematico italiano, nato a Messina nel 1494, morto nella stessa città nel 1575<sup>189</sup>.

1911 – Edmond Goblot, *Théorie nouvelle du raisonnement déductif* (Revue de Métaphysique et de Morale)  
[Sui limiti della logica deduttiva tradizionalmente intesa]

L'idea che qui sto per presentare è di una tale semplicità che ne sono quasi intimorito. Può riassumersi in queste tre parole che, per un matematico ad esempio, non contengono nessuna sorpresa: Dedurre è costruire. Ma queste semplici parole contengono in realtà grandi paradossi [...]. Le regole del sillogismo si riducono ad una sola: la conclusione deve essere contenuta nelle premesse. Ne consegue che il sillogismo non è la deduzione. E lo stesso sillogismo non è un ragionamento, perché ragionare significa dimostrare qualcosa, cioè dare la certezza a ciò che inizialmente era dubbio. Ora, se la conclusione fosse dubbia, le premesse non potrebbero essere certe. Il sillogismo è un'operazione necessaria ad ogni ragionamento, ha in ogni ragionamento una funzione essenziale, ma non è, di per sé, un ragionamento [...]. Si ragiona per acquisire qualche conoscenza, per scoprire ciò che non si sa [...]. Il sillogismo è quindi una pietra angolare, un'articolazione necessaria di ogni ragionamento, non è, di per sé, un ragionamento completo<sup>190</sup>.

---

<sup>189</sup> G. Vacca, *Sur le principe d'induction mathématique*, "Revue de Métaphysique et de Morale", t.19, n.1 janvier 1911, pp. 30-33; 30: "Nella prefazione al suo trattato d'aritmetica, scritto nel 1557, e pubblicato a Venezia nel 1575, egli osserva che né in Euclide, né negli scrittori greci o latini, a sua conoscenza (tra questi cita Jamblicus, Nichomachus, Boetius), non si trova alcun trattato sui numeri poligonali, o poliedrici. «Nos igitur – aggiunge – conabimur ea, quæ super hisce numerarijs formis, nobis occurrunt, exponere: multa interim facilliori via demonstrantes, et ab alijs authoribus aut neglecta, aut non animaduersa suppletentes». Questa via facile e nuova non è altro che il principio d'induzione matematica. Maurolico lo utilizza prima per dimostrare proposizioni molto semplici, e poi per proposizioni più complicate, in un modo uniforme, in tutto il suo lavoro" (ivi, p.30). Inoltre, precisa: "Ora dobbiamo chiederci se Pascal conoscesse Maurolico. La risposta è affermativa. In effetti, nella lettera di Dettonville a Carcavi sulla cicloide o roulette, invece di dimostrare una proposizione abbastanza semplice sulle somme triangolari e piramidali, egli dice semplicemente: «Questo è facile per Maurolico e da qui appare la verità della dimostrazione» (ivi, p.31).

Su Giovanni Vacca e le sue ricerche sul principio di *induzione completa* Cfr. Erika Luciano, *I contributi di G. Vacca alla storiografia della logica matematica*, in AA.VV, *Quaderni di storia dell'Università di Torino 10 (2009-2011)*, a cura di C.S. Roero, Celid, Torino 2012, pp.109-127; in particolare cfr. ivi pp.123-124; 123 nota n.54: "Inserendosi nel novero dei matematici che si erano 'scoperti interessati' alle prime occorrenze di questo principio, dopo che H. Poincaré lo aveva elevato al grado di «forma di ragionamento matematico per eccellenza», Vacca si impegna a rintracciarne le tracce in Euclide, Nicomaco di Gerasa, B. Pascal e F. Maurolico. A questo tema dedica tre lavori, che presentano gli stessi canoni dei precedenti: estrema concisione, ricerca condotta sulle fonti, scarso inserimento del proprio contributo in rapporto alla letteratura secondaria, accento posto sull'interesse che queste indagini possono presentare per il matematico moderno. Apprezzati dalla comunità degli storici, e richiamati ad esempio da O. Zariski nella sua traduzione italiana del saggio di R. Dedekind *Was sind und was sollen die Zahlen*, questi scritti di Vacca danno però luogo a due dibattiti sulla *Revue de Métaphysique et de Morale*, nei confronti di E. Wickersheimer ["Revue de Métaphysique et de Morale", t.19, n.2 mars 1911, pp.250-251] e di A. Padoa ["Revue de Métaphysique et de Morale", cit., pp.246-249], incentrati sull'equivalenza fra il principio di induzione completa ed altre forme di ragionamento quali il principio della discesa infinita di Fermat, e sul loro utilizzo da parte di A.M. Legendre, nella dimostrazione della proprietà commutativa del prodotto [...]. Le ricerche di Vacca sulla storia di questo principio iniziano nel 1903, in relazione alla compilazione della nota sui postulati di Peano dell'aritmetica per il *Formulaire mathématique* (1903f cit., p. 35). Egli le riprende nel giugno del 1909 e, poco dopo, annota nei suoi *marginalia* (*Formulario* 1908a cit., pp. 28-29): «Il principio di induzione è dovuto a Maurolico. Io ho trovato tentativi precedenti in Euclide lib. VIII p. 9, ed in Leonardo Pisano. Formulazioni migliori che in Maurolico successivam. in Pascal (pressoché identico a Maurolico). Meglio in Bernoulli; la parola Induct. e forse di Euler. Il principio a base dell'aritm. è moderno. Forse di Peirce Am. Journ. 1881 ovvero di Dedekind, anzi di Grassmann. Principi analoghi, di Fermat – della discesa. Infine il calcolo infinitesimale *poggia su principi dello stesso genere* non ancora formulati in tutta la loro generalità sebbene adoperati. Il prof. Peano, nella teoria delle eq. diff (contin. equabile) ha *intuito* che c'è un principio dello stesso genere. Ce ne sono invece diversi, ed importanti. Quando saranno formulati e da chi? Sett. 1909». Parte di queste notizie confluiscono nei successivi articoli di Vacca, apparsi nel dicembre del 1909 sul *Bollettino* di Loria e nel 1911 sulla *RMM*". G. Polya, *Mathematics and plausible reasoning*, vol.I: *Induction and analogy in mathematics*, Princeton University Press, Princeton, New Jersey 1954, pp.110-112;111 n.2. Così scrive György Polya in nota a piè di pagina: "Mach credeva che Jacques Bernoulli avesse inventato il metodo dell'induzione matematica, tuttavia larga parte del merito di quest'invenzione sembra sia da attribuire a Pascal. Cfr. H. Freudenthal, *Archives Internationales d'histoire des sciences*, n.22, 1953, pp.17-37. Cfr. anche Jacobi Bernoulli, *Basileensis Opera*, Ginevra 1744, vol. I, pp. 282-283".

<sup>190</sup> E. Goblot, *Théorie nouvelle du raisonnement déductif*, "Revue de Métaphysique et de Morale", 1911, t.19, pp.523-525.

**1912**–Léon Brunschvicg, *Le principe dit d'induction complète (Les étapes de la philosophie mathématique)*

Il procedimento di dimostrazione, che si basa su questo principio è stato introdotto nella matematica da uno scienziato italiano del XVI secolo, Francesco Maurolico, che ne ha sottolineato lui stesso tutta la novità. Gli antichi non l'hanno conosciuto, o, in ogni caso, non l'hanno tenuto in conto: per sua propria natura, la loro logica tendeva a non considerare che delle regole relative a classi determinate di oggetti finiti, mentre nella formula di Maurolico c'è un principio di progressione che supera i quadri della rappresentazione statica e realista [...]. I logicisti hanno dunque ragione di sostenere, contro Poincaré, che non c'è bisogno di un principio sintetico nuovo per passare dal procedimento che definisce i numeri interi finiti al procedimento di ragionamento che si applica a questi numeri finiti, per dimostrare l'associatività e la commutatività dell'operazione additiva [...]. Riehl cita questa espressione profonda di Lambert: «La base della scienza, non è la definizione, ma ciò che è necessario sapere prima di tutto per costituire la definizione». Il principio della sintesi è già nel dinamismo intellettuale che crea la serie dei numeri naturali; ed ecco perché esso si estende come da sé a quelle delle combinazioni aritmetiche che sono dello stesso ordine delle operazioni costitutive, addizione o moltiplicazione<sup>191</sup>.

**1917**– William Henry Bussey, *The origin of the mathematical induction (The American Mathematical Monthly official journal of The Mathematical Association of America)*

[...] *induzione matematica*. Un nome più significativo e che è impiegato sempre più spesso è *induzione completa*. Non è un metodo di scoperta, ma un metodo per dimostrare rigorosamente quello che è già stato scoperto. È uno dei metodi più produttivi in tutta la matematica [...]. Nelle sue *Lezioni sulla storia della matematica*, Cantor dice che Pascal fu l'ideatore del metodo dell'induzione completa. In una breve nota nella *Rivista per lezioni di matematica e scienze naturali*, egli ha tuttavia corretto questa affermazione. Nella nota dice di essere stato informato da G. Vacca che Maurolico descrisse e impiegò il metodo nella sua aritmetica che pubblicò nel 1575. Cito da Cantor: «Mi è stato fatto notare dal Sig. G. Vacca che già Maurolico, nella sua aritmetica del 1575, descrisse precisamente e impiegò il metodo. Da Maurolico, Pascal la apprese per primo. Su questo, non può sussistere alcun dubbio, poiché Pascal si richiama espressamente per la proposizione  $2 \left[ \frac{n(n+1)}{2} \right] - n = n^2$  a Maurolico, il quale ha dimostrato proprio questa attraverso l'induzione completa» [...]. È in una lettera di Pascal (che scrive con lo pseudonimo di Amos Dettonville) a Carcavi che Pascal si rifà a Maurolico per la prova del teorema che «due volte l'n-esimo numero triangolare meno n uguale n<sup>2</sup>». Pascal dice: «Questo è semplice per Maurolico»<sup>192</sup>.

**1918**–Florian Cajori, *Origin of the name «mathematical induction» (The American Mathematical Monthly official journal of The Mathematical Association of America)*

Il processo di ragionamento detto «induzione matematica» ha diverse origini indipendenti tra loro. È stato fatto risalire allo svizzero Jakob (James) Bernoulli, ai francesi B. Pascal e P. Fermat, e all'italiano Maurolico. Il procedimento di Fermat differisce in qualche misura dall'induzione matematica ordinaria; in esso vi è un ordine

---

Cfr. M. Bourdeau, *La logique à la croisée des chemins : la controverse gobloutrougière sur la nature de la démonstration et du raisonnement déductif (1907-1921)*, Revue d'histoire des sciences, Armand Colin, 2014/2, t.67, pp. 311- 330 (consultabile in <https://www.cairn.info/revue-d-histoire-des-sciences-2014-2-page-311.htm/>).

Come scrive P.Redondi: “il pensiero bachelardiano ci apparirà [...] anche largamente influenzato da persistenti concezioni della certezza dimostrativa nel senso kantiano, che lo portavano a riconoscere feconda l'attività di Edmond Goblot nel campo dello studio del ragionamento dimostrativo. Ebbene, Goblot sosteneva, in ultima analisi, di fare della logica una parte della psicologia, dato il carattere costruttivista della matematica. Tali ambigue sovrapposizioni tra la logica e la psicologia e le concessioni all'intuizione contro il rigore deduttivo limitarono le possibilità che il messaggio lasciato da Cavailles fosse decifrato e tradotto in una nuova tematica teoretica per la filosofia della matematica. Si deve nondimeno riconoscere che nell'epistemologia francese il rifiuto del logicismo risale anche a un aspetto propositivo, e cioè il realismo tecnico della scienza nella dialettica della storia del sapere razionale” (P.Redondi, *Epistemologia e storia della scienza. Le svolte teoriche da Duhem a Bachelard*, cit., p.87).

<sup>191</sup>L. Brunschvicg, *Les étapes de la philosophie mathématique* [1912], F.Alcan, Paris 1929<sup>3</sup>, pp.481-482; 483-484. Sul concetto di *induzione matematica* cfr.: C.B. Boyer, *Storia della matematica* [1968], tr. di A. Carugo, A.Mondadori, Milano 1990, p.419, dove si legge: “Indicazione di questo metodo [di induzione matematica] sono rintracciabili [...] nell'opera di Maurolico; ma Pascal dimostrò eccezionale abilità nel chiarire i concetti [triangolo di Pascal, 1654], e pertanto condivide con Fermat e altri il merito di avere sviluppato il ragionamento ricorsivo. L'appellativo di «induzione matematica» sembra abbia avuto un'origine molto più recente: comparve infatti per la prima volta nell'articolo di De Morgan sull'«Induzione (matematica)» pubblicato nella *Penny Cyclopaedia* del 1838”.

<sup>192</sup>W.H. Bussey, *The origin of the mathematical induction*, in *The American Mathematical Monthly official journal of The Mathematical Association of America*, Vol. XXIV, may 1917, n.5, pp.199-207; 199; 200; 203 [tr. di Matteo Bozzon – Dottore di ricerca in Filosofia e Diritto – Univ. di Padova].

*discendente* di progressione, saltando irregolarmente su forse molteplici numeri interi da  $n$  a  $n - n_1$ ,  $n - n_1 - n_2$ , ecc. Tale procedimento venne utilizzato già in precedenza da J. Campanus nella sua dimostrazione dell'irrazionalità della sezione aurea, che egli pubblicò nella sua edizione di *Euclide*, 1260. Leggendo un po' tra le righe si possono trovare tracce dell'induzione matematica ancor prima, negli scritti degli Indù e dei Greci, come ad esempio nel «metodo ciclico» di Bashkara, e nella dimostrazione di Euclide che il numero dei numeri primi è infinito. Tuttavia, nessuno, a mia conoscenza, ha prima d'ora individuato l'origine del nome «induzione matematica». Perché dovrebbe essere chiamato «induzione matematica» un procedimento argomentativo così estraneo nella sua essenza all'«induzione» conosciuta dalle scienze naturali? Maurolico, Pascal e Fermat non dettero alcun nome particolare ai loro procedimenti logici. È nostro intento in questo articolo mostrare che una delle molte origini del *procedimento* risiede nel processo d'«induzione» da fatti isolati, e che storicamente il nome «induzione matematica» trasse la sua origine dal nome «induzione» delle scienze naturali [...]. Più spesso il procedimento di induzione matematica era impiegato senza che gli fosse attribuito un nome. In Germania, A.G. Kästner utilizza questo nuovo *genus inductionis* nel dimostrare le formule di Newton sulle somme delle potenze delle radici [...]. Un nome specifico fu assegnato per la prima volta dagli scrittori inglesi nella prima parte del secolo diciannovesimo. George Peacock, nel suo *Trattato sull'algebra*, Cambridge, 1830, sotto permutazioni e combinazioni, parla [...] di una «legge di formazione estesa per induzione ad ogni numero», usando «induzione» ancora nel senso di «divinazione». Successivamente egli chiarisce l'argomento da  $n$  a  $n + 1$  e lo chiama «induzione dimostrativa» [...]. [D]i vitale importanza nella fissazione del nome [...] è l'articolo «Induzione (matematica)» di Augustus De Morgan nella *Penny Cyclopaedia*, Londra, 1838. Egli suggerisce un nome nuovo, ovverosia «induzione successiva», ma alla fine dell'articolo egli usa incidentalmente il termine «induzione matematica». Questo è il primissimo uso di questo nome che abbiamo riscontrato. Le designazioni di Peacock e De Morgan furono adottate e rese popolari da Isaac Todhunter che, nell'introdurre il lettore al suo metodo di dimostrazione, impiegò entrambi i nomi, «induzione matematica» e «induzione dimostrativa», ma nell'intestazione del capitolo impiegò solo il primo. Entrambi i nomi sono utilizzati da Jevons e Joseph Ficklin, mentre altri scrittori di popolari libri di testo, come ad esempio H. S. Hall e S. R. Knight, W. S. Aldis, G. Chrystal, usano solamente «induzione matematica». Il termine «induzione dimostrativa» è divenuto obsoleto [...]. Sul continente europeo il nome «induzione matematica» è usato, ma è raro. L'espressione tedesca canonica è «induzione completa». Criticando questo termine, Federigo Enriques dice: «Non dovremmo confondere l'*induzione matematica*, ovverosia l'argomento da  $n$  a  $n + 1$ ... con l'*induzione completa* di Aristotele». In questo senso aristotelico, il termine «induzione completa» [*vollständige Induktion*] è usato nel 1840 nell'articolo «Induzione» nell'*Encyclopädie* di Ersch e Gruber, dove troviamo l'esempio: se si trova che due lati sono più grandi del terzo in triangoli piani, allora la disuguaglianza può essere asserita esser vera per *tutti* i triangoli. Qui un'«induzione completa» [*vollständige Induktion*] è molto diversa dall'argomento da  $n$  a  $n + 1$ . L'uso dello stesso nome per due tipi di induzione è discutibile. Il nome «induzione completa» fu impiegato da R. Dedekind nel suo *Cosa sono i numeri e cosa dovrebbero essere?*, 1887, §§ 59 e 80. Attraverso di lui il metodo ricevette grande enfasi in Germania. L'equivalente inglese di *vollständige Induktion*, ovverosia *complete induction*, è utilizzato raramente. Secondo A. Haas, la designazione «induzione superiore» [*höhere Induktion*] è anch'essa impiegata. Poincaré, nel suo *La scienza e l'ipotesi*, non si limita ad alcun nome, ma è incline alle espressioni *démonstration par récurrence*, *raisonnement par récurrence*<sup>193</sup>.

#### 1925–Federigo Enriques, *Problemi della scienza*

Non si deve confondere l'*induzione matematica*, per cui si argomenta da  $n$  ad  $n + 1$ ..., coll'*induzione completa* aristotelica, cui si è accennato nel § 1, e per la quale si argomenta del concetto astratto di una classe ciò che si suppone noto per ciascuno degli oggetti che la compongono. L'induzione matematica è stata scoperta molto più tardi; secondochè il Vailati mi comunica, essa risale a Maurolico (1550)<sup>194</sup>.

#### 1926–André Lalande, *Vocabulaire technique et critique de la philosophie*

L'*induzione matematica* è una forma di induzione completa: essa consiste, essendo stabilita una relazione per uno dei termini di una classe, nell'estendere tale relazione passo dopo passo, in virtù di un'implicazione rigorosa,

<sup>193</sup>F. Cajori, *Origin of the name "mathematical induction"* in *The American Mathematical Monthly official journal of The Mathematical Association of America*, Vol. XV, may 1918, n.5, pp.197-201; 197; 199; 200; 201 [tr. di Matteo Bozzon].

<sup>194</sup>F. Enriques, *Problemi della scienza*, Zanichelli, Bologna 1926<sup>2</sup> con pref. (1925), 1<sup>a</sup> ed.elettronica 2017, p.242 nota 24. Cfr. Id., *Per la storia della logica. I principi e l'ordine della scienza nel concetto dei pensatori matematici*, Zanichelli, Bologna 1922.

a tutti gli altri termini di questa classe (indipendentemente dal fatto che il numero di questi termini sia o meno limitato). Per esempio, essendo stabilito un teorema per  $n = 1$ , si mostra che se è vero per  $n - 1$ , è anche vero per  $n$ ; e si conclude che è vero per tutti i numeri interi (si veda *Ricorrenza* [...]). Va notato che questa ricorrenza serve non solo a dimostrare, ma anche a definire [riferimenti a Peano, Poincaré, Enriques]. [...] L'induzione non si riduce, come spesso si dice, alla determinazione di un rapporto causale, ma può anche portare a determinare una figura, una traiettoria, una funzione matematica; e in alcuni casi (come nell'induzione che determina la traiettoria di un pianeta) non è l'estensione a tutta una classe di una proprietà immediatamente data per alcuni dei termini di essa, ma la posizione di un'idea che fa comprendere percezioni inizialmente refrattarie al pensiero (qui, le posizioni irregolari dell'astro errante). L'idea di induzione si confonde con quella di generalizzazione solo perché effettivamente il mondo offre alla nostra osservazione classi di fatti. Ma quando si va, rigorosamente, dalla determinazione delle relazioni all'idea della classe (per esempio in chimica), l'induzione è definita anzitutto dalla determinazione stessa delle relazioni costitutive (M. Dorolle)<sup>195</sup>.

**1949** – Hermann Weyl, *Numeri e continuo, l'infinito (Filosofia della matematica e delle scienze naturali)*

Qualcosa di nuovo accade [...] quando i simboli numerici concreti vengono inseriti nella *successione di tutti i possibili numeri*. Questa successione viene prodotta mediante un processo generatore in base al principio secondo cui ogni numero assegnato dà origine, mediante addizione di un'unità, a un numero nuovo, immediatamente seguente. In questo modo *l'essere* viene proiettato sullo sfondo del *possibile*, di una molteplicità di possibilità prodotta da un processo fisso e tuttavia aperta verso l'infinito [...].

[L']*induzione completa* appare [...] come ciò che impedisce alla matematica di diventare una colossale tautologia [...]. Il procedimento dell'induzione completa appare infatti ovunque un elemento decisivo [...].

Nella sua metodologia trascendentale Kant vede l'essenza della matematica nella costruzione: «La conoscenza filosofica è quella che la ragione ricava dai concetti, la conoscenza matematica è quella che essa ricava dalla costruzione dei concetti»<sup>196</sup>.

**1955** – Louis de Broglie, *Sui sentieri della fisica*

Il ragionamento induttivo è molto più difficile da definire e da analizzare. Basandosi sull'analogia e sull'intuizione, servendosi più dell'*esprit de finesse* che dell'*esprit de géométrie*, esso cerca di “indovinare” ciò che non è ancora conosciuto, in modo da stabilire principi nuovi che potranno servire come punto di partenza per nuove conseguenze. Il ragionamento induttivo è più ardito e più pericoloso di quello deduttivo: la deduzione, almeno in apparenza rappresenta la sicurezza, l'induzione il rischio. Ma il rischio è la condizione necessaria per ogni grande ardimento e perciò l'induzione, proprio perché cerca di allontanarsi dalle strade già tracciate e perché tenta intrepidamente di allargare gli orizzonti già raggiunti dal pensiero, è la vera fonte dei grandi progressi scientifici. La deduzione rigorosa ha un grande valore, poiché essa può procedere con una sicurezza e una precisione pressoché assolute; ma, partendo da un insieme di postulati ritenuti certi, essa non può ricavare cose che non siano già contenute in quegli stessi postulati. In una scienza che fosse completa e i cui principi fondamentali fossero ben saldi e definiti, la deduzione sarebbe il solo metodo accettabile. Ma in una scienza incompleta che a mano a mano si forma e progredisce, come necessariamente succede nelle scienze umane, la deduzione può fornire solo verifiche e applicazioni, molto spesso importanti, ma che non aprono capitoli veramente nuovi. Le grandi scoperte, i progressi continui del pensiero scientifico sono dovuti all'induzione, metodo avventuroso, ma il solo veramente creatore. Solo dopo aver modificato le concezioni e i postulati che avevano formato precedentemente la base dei ragionamenti deduttivi, si sono iniziate tutte le ere nuove della scienza. Naturalmente non si deve da questo concludere che il rigore del ragionamento deduttivo non ha valore [...]. Solo la deduzione può assicurare il controllo delle ipotesi e costituire un prezioso antidoto contro gli eccessi della fantasia immaginativa. Ma, imbrigliata dal proprio rigore, la deduzione non può uscire dagli schemi che essa stessa si è inizialmente imposta e perciò non può offrire nulla di essenzialmente nuovo<sup>197</sup>.

Dunque, l'induzione è “il solo metodo veramente creatore”, come scrive de Broglie.

Viene in mente il testo di una conferenza di Poincaré del 1908, dedicata all'invenzione matematica.

<sup>195</sup> A. Lalande, *Vocabulaire technique et critique de la philosophie* [1926], vol.I, Quadrige/Puf, Paris 1997<sup>4</sup>, pp.506-509; 508; 507.

<sup>196</sup> H. Weyl, *Filosofia della matematica e delle scienze naturali* [1949], tr. di A. Caracciolo di Forino, Boringhieri 1967, pp.45;77;79.

<sup>197</sup> L. de Broglie, *Sui sentieri della fisica* [1955], in *Sui sentieri della scienza* [1960], tr. di R. Gallino, Boringhieri, Torino 1962, pp.153-173; 169-170.

Ne citiamo un lungo passo assai significativo.

1908 – Henri Poincaré, *L'invenzione matematica* (Bulletin de l'Institut Général Psychologique)

Che cos'è, in effetti, l'invenzione matematica? Non consiste nel fare nuove combinazioni con enti matematici già conosciuti [...]. Inventare consiste precisamente nel non costruire le combinazioni inutili, costruendo invece quelle utili, che non sono che un'infima minoranza. Inventare significa discernere, significa scegliere. Ho spiegato [...] come dev'essere fatta questa scelta; i fatti matematici degni di essere studiati sono quelli che, grazie alla loro analogia con altri fatti, hanno la caratteristica di condurci alla conoscenza di una legge matematica, così come i fatti sperimentali ci conducono a quella di una legge fisica. Sono quelli che ci rivelano delle parentele insospettabili tra altri fatti conosciuti da tempo, ma che erano a torto creduti estranei gli uni agli altri [...]. È ora [...] di vedere che cosa succede nell'anima stessa del matematico. Per questo, credo che la cosa migliore che io possa fare sia di richiamare alla memoria dei ricordi personali, limitandomi a raccontarvi come scrissi la mia prima comunicazione sulle funzioni di Fuchs. Vi chiedo perdono, ma sono costretto ad usare qualche espressione tecnica [...]. Dirò, ad esempio, che ho trovato la dimostrazione di tale teorema in tali circostanze e questo teorema avrà un nome barbaro che molti di voi non conoscono; ma questo non avrà alcuna importanza: ciò che interessa lo psicologo non è il teorema, ma sono le circostanze. Da quindici giorni mi stavo sforzando di dimostrare che non poteva esistere nessuna funzione analoga a quelle che ho chiamato da allora le funzioni di Fuchs; ero, al tempo, molto ignorante; tutti i giorni mi sedevo al mio tavolo da lavoro, ci passavo un'ora o due, provavo un gran numero di combinazioni e non arrivavo a nessun risultato. Una sera, contrariamente alle mie abitudini, bevvi del caffè e non riuscii più ad addormentarmi: le idee mi si accavallavano nella mente, le sentivo come urtarsi, fino a che due di loro, per così dire, si agganciarono, per formare una combinazione stabile. Al mattino, avevo stabilito l'esistenza di una classe di funzioni di Fuchs, quelle che derivano dalla serie ipergeometrica; non ebbi più che a redigere i risultati, cosa che mi prese solo poche ore. Volli in seguito rappresentare queste funzioni con il quoziente di due serie; questa idea fu particolarmente cosciente e pensata; l'analogia con le funzioni ellittiche mi guidava. Mi domandai quali dovessero essere le proprietà di queste serie, se esistevano, ed arrivai senza difficoltà a formare le serie che ho chiamato thetafuchsiane [...]. Ciò che colpisce, in un primo momento, è questa apparenza di illuminazioni improvvisi, segni manifesti di un lungo lavoro inconscio precedente; il ruolo di questo lavoro inconscio nell'invenzione matematica mi sembra incontestabile, e se ne ritroverebbero tracce in altri casi dove appare meno evidente. Spesso, quando si studia una questione difficile, non si fa niente di buono per la prima volta che ci si mette al lavoro; poi, dopo un riposo più o meno lungo, ci si siede di nuovo al tavolo. Nella prima mezz'ora si continua a non trovar nulla e poi, di colpo, l'idea decisiva si presenta alla mente. Si potrebbe dire che il lavoro cosciente sia stato più fruttuoso, in quanto è stato interrotto e il riposo ha così reso alla mente la sua forza e la sua freschezza. Ma è più probabile che questo riposo sia stato riempito da un lavoro inconscio [...]. Forse bisognerebbe cercare la spiegazione nel periodo di lavoro cosciente preliminare che precede sempre ogni fruttuoso lavoro inconscio. Mi si permetta un paragone grossolano. Rappresentiamoci gli elementi futuri delle nostre combinazioni come qualcosa di simile agli atomi uncinati di Epicuro. Durante il riposo completo della mente, questi atomi sono immobili, sono per così dire agganciati al muro; questo riposo completo può dunque prolungarsi indefinitamente senza che questi atomi si incontrino e, di conseguenza, senza che nessuna combinazione possa prodursi tra di essi. Invece, in un periodo di riposo apparente e di lavoro inconscio, alcuni di loro si staccano dal muro e si mettono in movimento. Attraversano lo spazio, stavo per dire la stanza in cui sono rinchiusi, in tutte le direzioni, come potrebbe farlo un nugolo di moscerini o, se si preferisce un paragone più dotto, come le molecole gassose nella teoria cinetica dei gas. I loro urti reciproci possono allora produrre nuove combinazioni. Quale sarebbe il ruolo del lavoro cosciente preliminare? Evidentemente, quello di mobilitare alcuni di questi atomi, di staccarli dal muro e di metterli in moto. Si crede di non aver fatto niente di buono, perché si sono scossi questi elementi in mille modi diversi per cercare di metterli assieme, senza esser riusciti a trovare un assemblaggio soddisfacente. **Ma, dopo questa agitazione imposta dalla nostra volontà, questi atomi non rientrano nel loro riposo primitivo; continuano liberamente la loro danza.** Ora, la nostra volontà non li ha scelti a caso, bensì perseguendo un fine perfettamente determinato; gli atomi mobilitati non sono quindi atomi qualunque, ma sono quelli da cui ci si può ragionevolmente aspettare la soluzione cercata. Questi atomi subiranno allora degli urti che li faranno entrare in combinazione sia tra di loro sia con altri atomi restati immobili e che saranno andati a colpire durante la loro corsa <sup>198</sup>.

<sup>198</sup> H. Poincaré, *L'invention mathématique*. Conférence faite à l'Institut Général Psychologique de Paris, Extrait du "Bulletin de l'Institut Général Psychologique", VIII (1908), pp.3-15 (ed. it. *L'invenzione matematica*, in *Scienza e metodo*, tr. di C. Milanesi, in *Opere epistemologiche*, a cura di G. Boniolo, Vol.II, Mimesis, Milano-Udine 2017, pp.5-197; 35-45; 38-41; 44 [il grass. è ns.]. Il titolo *L'invenzione matematica* viene riportato erroneamente nell'indice dello stesso volume come: "*L'invenzione della matematica*". Cfr. J. Hadamard, *La psicologia dell'invenzione in campo matematico*, tr. di B. Sassoli, Cortina, Milano 1993; M. Paty, *La création scientifique selon Poincaré et Einstein*, in M. Serfati, *La recherche de la vérité, L'écriture des Mathématiques*, ACL-éditions du Kangourou, Paris 1999, pp. 241-280 (<https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00167297/document>); R. McLaughlin, *Invention and Induction. Laudan, Simon and the Logic of Discovery*, "Philosophy of Science", vol. 49, n. 2 (Jun., 1982), pp.198-211 (url: <http://www.jstor.org/stable/186918>).

Nell'*Introduzione* al volume collettaneo *Bachelard et l'avenir de la culture. Du surrationalisme à la raison créative*, Vincent Bontems scrive che “evocare una ragione creativa significa ipotizzare che l'attività razionale non si accontenti né di conservare le strutture mentali già acquisite, né di costruire architetture concettuali il cui piano preesisterebbe virtualmente, come se lo spirito scientifico non facesse altro che scoprire il cristallo già formato dall'eterna verità. [Secondo] Gaston Bachelard [...] la ragione è veramente se stessa solo quando progredisce, cioè quando inventa una nuova apprensione del reale che entra in conflitto con le sue certezze precedenti, se rivede le proprie norme e s'impegna ad esplorare un campo teorico e sperimentale la cui riconfigurazione comporta la trasformazione dell'identità stessa del soggetto e dell'oggetto della conoscenza. Ciò significa anche non ridurre la creatività alle sole manifestazioni dell'immaginazione e della fantasia opponendole alla noia e al conformismo di uno spirito razionale ristretto [...]: **la ragione non è creativa che nelle teorie matematiche**, [...] non è creativa se non all'interno degli strumenti della fenomenotecnica. La ragione creativa si manifesta ogni volta che c'è una lotta per una rivoluzione spirituale del razionalismo, per un rinnovamento della società e l'apertura di un orizzonte storico. Di questa ambizione polemica, il surrationalismo di Bachelard fu senza dubbio una delle espressioni più appariscenti e uno dei momenti critici”<sup>199</sup>.

I rilievi di Bontems fanno eco alle argomentazioni di Mario Castellana:

tutto il pensiero epistemologico sin dall'*Essai sur la connaissance approchée* ruota sulla comprensione del ruolo assunto dal pensiero matematico all'interno delle teorie fisiche; a tal riguardo sono importanti le analisi dei contributi di Riemann e di Hermann Weyl prima per le dottrine relativistiche, poi per il ruolo delle matematiche astratte e gli spazi vettoriali hilbertiani nella meccanica quantistica e nei lavori del fisico inglese Paul Dirac. Per questo motivo abbiamo considerato l'epistemologia bachelardiana una vera e propria epistemologia della fisica-matematica incentrata sull'attività scientifica di Dirac, come si evince da *La Philosophie du Non* a *L'Activité rationaliste de la physique contemporaine*<sup>200</sup>.

Le stesse opere bachelardiane, a partire dall'*Essai sur la connaissance approchée* [...] possono acquistare un significato e un peso epistemici diversi se vagliate e analizzate alla luce delle tematiche riguardanti appunto il *surrationalisme*; non a caso esso è stato considerato da Charles Alunni un vero e proprio ‘programma’, una strategia teorica che ancora oggi si rivela molto fecondo per comprendere sempre più in profondità *l'esprit scientifique* odierno, i suoi *enjeux* nell'ambito della stessa riflessione filosofica e soprattutto il pensiero implicito nelle scienze, la *pensée des sciences*.

Pertanto **occorre rivedere** il percorso bachelardiano alla luce di tale problematica per chiarirne meglio il senso e la portata epistemici; inoltre è necessario chiarire e affrontare il tema del surrazionale e dei suoi *enjeux* sia per evitare come nel recente passato sbrigative liquidazioni dell'epistemologia bachelardiana e sia per eliminare definitivamente da essa quella accusa di poeticità e di scarsa scientificità, pronunciata ad esempio da un René Thom e da molti altri.

<sup>199</sup> V. Bontems, *À la pointe du rationalisme*, in V. Bontems (dir.), *Bachelard et l'avenir de la culture. Du surrationalisme à la raison créative*, Presses des Mines – Transvalor 2018, pp.7-13;7 [tr. e grass. sono ns.].

Cfr. J.Lamy, *Le pluralisme cohérent de la philosophie de Gaston Bachelard*, Thèse de doctorat en Philosophie 2014, Université Jean Moulin Lyon III, sous la direction de J.-J.Wunenburger [in particolare Ch. 8: *La valeur inductive de l'éducation*, pp.433-475].

<sup>200</sup> M. Castellana, *Gaston Bachelard ou la rêverie anagogique dans les enjeux du surrationalnel*, in “Revue de Synthèse”, t.136, VI série, nn.1-2, 2015, pp.93-116; 95. Secondo Castellana, “gli ultimi studi sul pensiero epistemologico di Gaston Bachelard, soprattutto in Francia e in Italia, ne stanno evidenziando il carattere creativo e propulsivo assegnato alle matematiche nella costruzione del reale fisico; i suoi lavori condotti sulla meccanica quantistica degli anni '30, e soprattutto sulla fisica teorica di Paul Dirac, introducono un particolare concetto, quello della «rêverie anagogique», proprio per comprendere il carattere sempre più astratto e creativo delle matematiche nel pensare i vari livelli del reale fisico. Sulla scia di quello che Federigo Enriques chiamava ‘poesia matematica’, Bachelard arriva a proporre una vera e propria «nouménologie mathématique» che fornisce le basi epistemiche più appropriate per comprendere la ‘razionale efficacia’ delle matematiche e il vero senso della loro applicazione al reale. Per queste motivazioni, Bachelard in questi anni utilizza un nuovo termine per designare il suo «engagement» razionalista, il «surrationalisme», proprio per cogliere quello che già Enriques chiamava ‘la filosofia implicita’ nelle scienze, la «pensée des sciences», dove le matematiche, per il ruolo della «rêverie anagogique», mettono in atto continui «enjeux» dello stesso razionale” (ivi, pp.93-94).



**Ma per fare questo occorre lavorare ad un vero e proprio programma di tipo ermeneutico del testo e lessico bachelardiani, che non si deve limitare ai concetti più noti** (ostacolo epistemologico, rottura epistemologica, ecc.) come è stato fatto nel recente passato col risultato a volte di letture riduttive; a partire dal chiarire il senso stesso dei termini impiegati nei titoli delle sue opere, occorre individuare concetti-chiave come *pensée des sciences, induction, surrationalnel, profil, mobile, spectre, récurrence, approximation, projet* e altri non facilmente percepibili ad una prima lettura nella loro piena pregnanza teoretica [...]. L'introduzione del termine stesso di 'surrationalismo' obbedisce a tale esigenza di discontinuità estrema con la tradizione filosofica precedente; anche se esso viene pensato in analogia col movimento surrealista, i suoi *enjeux* trovano le loro radici e la loro ragion d'essere nelle strutture conoscitive delle scienze, nei loro particolari processi di oggettivazione, nei loro continui percorsi che vanno dal 'razionale al reale', nei loro *projets*. Non a caso nel breve saggio *Le surrationalisme*, un primo e decisivo *tournant* in tal senso è visto operante nell'attività scientifica di Lobacevskij che apre i rigidi schemi della razionalità euclidea immettendovi nuovi contenuti in grado di fargli prendere coscienza di un universo aperto a infinite possibilità, dove *l'esprit humain*, liberatosi dalle catene del razionalismo classico, è libero di andare sempre oltre nella conoscenza di quelle che Leonardo da Vinci chiamava «le infinite ragioni del reale silente». Dato che il termine 'razionalismo' rimanda inevitabilmente ad un preciso modello di razionalità conoscitiva, per evitare giustapposizioni e confusioni concettuali, viene inventato *ad hoc* il termine *surrationalisme* in grado di tradurre in nuove e più complesse esigenze di razionalità quelle tensioni fra il vecchio e il nuovo che caratterizzano appieno il mondo delle scienze.

Ma in quello che si presenta come un vero e proprio programma surrazionalista, in questo 'progetto' viene a giocare un ruolo non secondario un altro concetto [...], la *rêverie anagogique*<sup>201</sup>.

<sup>201</sup> M. Castellana, *Gaston Bachelard: per una storia della creatività scientifica*, "Scuola e ricerca", Nuova Serie Anno II – 2016, pp.29-49; 30-31; 32 [grass. è ns.]. In riferimento alla *rêverie anagogique*, Castellana così precisa in nota: "Dal punto di vista filologico, anagogia è formata da 'ana' e 'ago', condurre su; originariamente, elevazione degli spiriti alla realtà celesti, processo che conduce alle cose sublimi. Nell'ambito degli studi di esegesi teologica, a partire dalla Scolastica, l'anagogia è la quarta forma di interpretazione del testo sacro che permette di 'condurre' il credente dalle cose visibili a quelle invisibili, dalla Gerusalemme terrena a quella celeste [...]. **Nell'ambito più strettamente filosofico, esso è sinonimo di induzione**, come nel *Tentamen anagogicum* di Leibniz, processo che conduce alla causa suprema" (ivi, p.34 n.16, grass. è ns.) e ancora: "In Bachelard è presente pertanto il senso originario di anagogia, come elevazione ed induzione, ma soprattutto inteso come 'processo' attivo da parte dell'*esprit humain*" (p.34 nota17). Cfr., inoltre, M. Castellana, *Razionalismi senza dogmi. Per una epistemologia della fisica matematica*, cit. (in particolare Cap.VI *Il razionalismo come filosofia del mobile scientifico*, pp.179-213; Id., *Il surrazionale: come la materia diventa progetto*, in F. Bonicalzi-P. Mottana-C. Vinti- J.J.Wunenburger (a cura di), *Bachelard e le 'provocazioni' della materia*, Il Melangolo, Genova 2012, pp.169-177; Id., *Introduzione a A.Lautman*, in Albert Lautman, *La matematica come resistenza*, tr. di M. Castellana, Castelvechi, Roma 2017, pp.7-47; Id., *Epistemologia debole. Bachelard, Desanti, Raymond, Bertani*, Verona 1985; Id., *Il surrazionalismo di Gaston Bachelard*, Glauk, Napoli 1974; Id., *Su alcune armonie nascoste in Federigo Enriques: continuità/discontinuità*, in C.Alunni –Y.André (a cura di), *Federigo Enriques o le armonie nascoste della cultura europea. Tra scienza e filosofia*, Atti del Convegno - Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti 14-17 maggio 2012, Edizioni Della Normale, Pisa 2015, pp.53-80. Ancora sul "surrationalismo" bachelardiano cfr. G.Sertoli, *La ragione scientifica*, cit., pp.489-500; F.Bonicalzi, *Surrationalismo: Bachelard e la plasticità della ragione*, "Altre modernità – Rivista di studi letterari e culturali UNIMI", numero speciale 2012, *Bachelard e la plasticità della materia*, pp.148-155, (<https://riviste.unimi.it/index.php/AMonline/article/view/2417/2646>): "Surrationalismo e filosofia del non, egualmente dicono il profondo sovvertimento del razionalismo tradizionale [...]. Moltiplicandosi, il razionalismo diviene condizionale e si riorganizza secondo livelli di approssimazione [...], il razionalismo è funzionale, vivo e differente e la razionalità è movimento aperto dall'interno del pensiero, esposta al vaglio della realtà, impegnata nella direzione dell'astrazione e coinvolta nella comprensione delle scienze, non tanto in relazione alla questione del loro fondamento, piuttosto alla modalità storica del loro costituirsi epistemologico [...]. Per riorganizzare, movimento più radicale del ricominciare, occorre infatti una filosofia capace di esporsi al rischio della sua messa alla prova, una filosofia impegnata che lavora nei confronti di se stessa: *la riorganizzazione richiede uno sguardo a ciò che può venire da una trasformazione radicale, richiede audacia perché affronta il rischio di spostare i concetti base che sostengono l'edificio del sapere*: «Il razionalista ha diversi punti da riorganizzare. Quindi oggi non si può essere razionalisti in un colpo solo: occorre lavorare. La filosofia razionalista, è essenzialmente una filosofia che lavora, una filosofia al lavoro» [...]. Un'autentica opera di riorganizzazione deve lasciare che l'edificio crolli per ricominciare tutto da capo, come si è verificato quando Einstein, "genio razionalista", ha tolto la simultaneità dalla base dei concetti di spazio e tempo e ha obbligato alla riorganizzazione concettuale per la costruzione di una nuova razionalità dello spazio e del tempo. Nella complicazione, la ragione *riorganizza* tutto ciò che *rettifica* come un caleidoscopio logico che capovolge all'improvviso i rapporti, secondo la felice immagine della filosofia del non [...]. La rettificazione è il modo di procedere dello spirito scientifico ed è anche l'esito della riorganizzazione che da un lato proscrive e cioè giudica il proprio passato storico nel condannarlo, e dall'altro, attraverso ciò che sancisce, opera un processo di generalizzazione, un ampliamento dei quadri della conoscenza) secondo un andamento dialettico che si costituisce come il **movimento induttivo** di riorganizzazione del sapere che è proprio del razionalismo applicato. Mi sembra di poter dire che la filosofia del *ri* da un lato ci pone di fronte all'istanza sperimentale del *suroggetto*

Scrive Bachelard,

è in questa regione del surrazionalismo dialettico che lo spirito scientifico *fantastica* (*rêve*). È qui, e non altrove, che ha origine la *rêverie* anagogica, quella che si avventura pensando, che pensa avventurandosi, quella che cerca una illuminazione del pensiero attraverso il pensiero, che trova una intuizione subitanea negli al di là del pensiero istruito. La *rêverie* ordinaria lavora all'altro polo, nella regione della psicologia del profondo, seguendo le seduzioni della *libido*, le tentazioni dell'intimo, le certezze vitali del realismo, la gioia di possedere. Non si può conoscere bene la psicologia dello spirito scientifico se non avremo distinto i due tipi di *rêverie*. Jules Romain ha compreso la realtà di questa distinzione in una breve pagina in cui scrive: « Io sono anche, per certi aspetti, surrazionalista » [...]. A nostro avviso, il riferimento alla realtà è più tardivo di quanto Jules Romain non supponga; il pensiero istruito fantastica più a lungo in funzione della propria istruzione. Ma il suo ruolo è indispensabile e una filosofia dispersa completa deve studiare la regione della *rêverie* anagogica. **La *rêverie* anagogica, nel suo slancio scientifico attuale, è, secondo noi, essenzialmente matematizzante.** Essa aspira a più matematica, a funzioni matematiche più complesse, più numerose. Quando seguiamo gli sforzi del pensiero contemporaneo per comprendere l'atomo, non siamo lontani dal pensare che il ruolo fondamentale dell'atomo è di obbligare gli uomini a fare delle matematiche<sup>202</sup>.

*Rêverie anagogique* – come precisa Castellana – è un'espressione che “si trova quasi esclusivamente e non a caso in *La Philosophie du non*, che rappresenta l'ultima opera di carattere epistemologico del primo periodo (1928-1940)”, che “risponde a ben precise esigenze epistemiche interne al percorso bachelardiano di quegli anni”, e che “rimanda in certo qual modo al significato originale insieme di ‘elevazione’ e di ‘induzione’.

Ma dove la *rêverie anagogique* trova la sua massima espressione, operativa ed epistemica insieme, è nel *sillon* scientifico del fisico teorico inglese Paul Dirac e delle varie meccaniche del primo Novecento, studiate in *La Philosophie du Non* [...].

Bachelard utilizza euristicamente questo termine appartenente alla tradizione teologica medievale e lo intende come processo attivo dell'elevare da parte dell'*esprit du chercheur*, in quanto permette la fuoriuscita da binari rigidi e sicuri, ma con i relativi rischi connessi alla vertigine dell'innalzamento su vette sconosciute e inesplorate. Nello stesso tempo lo affianca a *rêverie* dandogli una forza propulsiva ulteriore in grado di guardare sempre oltre; una volta immaginata, *revée* una vetta ancora inviolata con uno sforzo *surlogique* che va contro ogni regola stabilita o senso comune, l'atto dinamico e materiale dell'elevazione permette di intravederla e per 'induzione' di renderla possibile come mèta finale con delineare (*ébaucher*) già scenari e sentieri altrimenti non percorribili.

L'azione della *rêverie anagogique* raggiunge il massimo della sua potenza creativa ed intellettuale in quello che Bachelard in *La Formation de l'esprit scientifique* chiama “*état abstrait-abstrait*”, tipico *du nouvel esprit scientifique*<sup>203</sup>.

---

dall'altro indica la necessità di accogliere nella ragione il soggetto, riconosce cioè che il soggetto è fattore attivo della ragione, interno alla ragione” (ivi, pp.152;153 [il *grass.è ns.*]). Si veda, inoltre, G.Polizzi, *La filosofia di Gaston Bachelard. Tempi, spazi, elementi*, Ed.ETS, Pisa 2015 (in particolare il Capitolo primo *Esperienza del dettaglio e logica della miniatura. Surrazionalismo e surrealismo in Bachelard*, pp.13-48; Id., *Dettaglio, miniatura, approssimazione alla radice della filosofia di Gaston Bachelard*, “Aperture”, 31, 2016, pp.45-60; J.-J. Wunenburger, *Immaginario e razionalità: una teoria della creatività generale*, tr. di G.Tallarico, in “Bollettino Filosofico”, XXII (2006), Aracne, Roma 2007, pp.17-29; D. Parrochia, *Rationnel, irrationnel, surrationnel en physique à l'époque de Bachelard*, in R. Damien-B. Hufschmitt (coord.), *Bachelard. Confiance raisonnée et défiance rationnelle*, Presses Universitaires de Franche-Comté, Paris 2006, pp.19-34.

Quanto al citato René Thom, ricordiamo che, intorno agli anni '90, partecipando ad un acceso dibattito su determinismo e indeterminismo, dopo aver sprezzantemente definito “epistemologia popolare francese” “quel genere relativamente nuovo” dei vari Morin, Atlan, Prigogine, Serres, filosofi della complessità, genere che – a suo dire – “glorifica oltraggiosamente il caso, il rumore, la fluttuazione” e “che coltiva così ostensibilmente l'approssimazione e la «vaghezza artistica»”, egli si domandava “perché, in Francia, la razza dei veri epistemologi, dei Poincaré, dei Duhem, dei Meyerson, dei Cavailles, dei Koyré pare estinta”, “perché la filosofia scientifica francese non ha prodotto – al pari di quella anglosassone – un Popper o, più di recente, un Kuhn”. E concludeva: “Ci si chiede allora chi ne sia il responsabile; forse un Bachelard dal sorriso bonario sarebbe all'origine della deviazione letteraria dell'epistemologia? Confesso – aggiungeva – di avere minori riserve nei riguardi di questo tipo di produzione, che meno si gloria di dire cosa dev'essere la scienza per trarre piuttosto dalle metafore scientifiche una risonanza specificamente letteraria, per il piacere di tutti” (R. Thom, *Basta con il caso, taccia il rumore*, in K. Pomian (a cura di), *Sul determinismo*, tr. di D. Formentin, Il Saggiatore, Milano 1991, pp.47-62; 61-62).

<sup>202</sup> G. Bachelard, *La filosofia del non* [1940], tr. di A. Vio, Pellicano Libri, Catania 1978, p.39 [*grass. è ns.*].

<sup>203</sup> M. Castellana, *Gaston Bachelard: per una storia della creatività scientifica*, cit., pp.32; 34-35.

Un concetto, quello di *rêverie anagogique*, al quale riferirsi “proprio per comprendere il carattere sempre più astratto e creativo delle matematiche nel pensare i vari livelli del reale fisico”, “la loro capacità di rendere ‘reale’ dei ‘projets’ altrimenti impossibili da pensare e da realizzare”<sup>204</sup>.

A volte in *La Philosophie du non*, come già in *l'Essai sur la connaissance approchée*, compare il termine *rêverie* per la sua capacità di metterci di fronte a situazioni inedite, *mobiles* ed essa gioca un ruolo di continua *ouverture*, indicando la strada dell'*inachevement* essenziale di ogni atto conoscitivo; essa gioca, pertanto, un ruolo costruttivo-inventivo già nei processi della *connaissance approchée* e della *connaissance en mouvement*. Se essa nell'*Essai sur la connaissance approchée* ha ancora una fisionomia di impronta psicologica, legata alla volontà dell'azione «d'un jeune esprit», in *La Philosophie du non* essa si presenta integralmente ed epistemicamente come parte della *raison mathématique* ad opera nelle varie articolazioni del vissuto degli scienziati [...]. La *rêverie*, pertanto, prefigura un mondo possibile più ricco di quanto qualsiasi ingenua visione realista possa immaginare, fa intravedere i *détails* a prima vista magari insignificanti, ma poi inseriti ed ‘elevati’ in un quadro teorico, in un *projet*, in un ‘disegno’ della mente umana nel senso indicatoci da Leonardo da Vinci, ‘inducono’ a qualcosa di *inattendu*, ma coerente e dotato di una intrinseca oggettività a cui la *raison mathématique* darà forma e consistenza, com'è successo prima con la relatività generale e dopo con le varie formulazioni della meccanica quantistica [...].

La *rêverie anagogique* elimina qualsiasi forma di pensiero comune e di evidenze prime, lavora dentro un percorso aprendone varchi e prospettive, dà alla mente del ricercatore una *conscience de mobilité*; essa è uno strumento indispensabile per permettere ad ogni pratica teorica di raggiungere un *état abstrait* [...] e permette al nuovo razionalismo di eliminare qualsiasi elemento di natura realistico ed essenzialistico, di mettere da parte le prime intuizioni di ordine fenomenico [...].

La *rêverie anagogique* è pertanto parte integrante del pensiero matematico non solo nel momento della genesi di un concetto quando ancora esso può apparire vago e intuitivo e legato a certe restrizioni di ordine naturalistico, ma soprattutto quando deve ‘disegnare’, ‘progettare’ in maniera coerente i processi di generalizzazione sempre più astratti, quando deve pensare matematicamente attraverso lo stesso pensiero matematico già istruito; il pensiero matematico già istruito deve essere aiutato a *rêver* ulteriormente, deve avventurarsi ad aprire nuovi *sillons* mettendosi così sempre in gioco. *L'homo mathematicus* esplica quella che Bachelard chiama la sua *ontogénie*, proprio attraverso la *rêverie anagogique*, in quanto pensa attraverso metodi di estensione e di generalizzazione sempre più crescenti, inconcepibili sia in una visione realistica e platonica e sia in una visione empiristica delle strutture conoscitive della conoscenza scientifica<sup>205</sup>.

Sia la *raison* sia la *rêverie anagogique* “derealizzano” il “reale già dato” e “lo stesso *réel instruit*,” “dinamizzano la realtà stessa”; “sono due forme di *dépassement du naturel*, di qualsiasi forma di rappresentazione e di immaginazione geometriche”<sup>206</sup>. E non si tratta semplicemente d'immaginazione.

L'immaginazione è legata soprattutto alle forme spaziali, rappresenta vari punti geometrici ed è tipica dell'*esprit* geometrizzante della scienza classica; la *rêverie anagogique* invece tralascia nelle sue formulazioni qualsiasi elemento ipergeometrico dello spazio-tempo ad esempio, per approdare alla struttura astratta dei gruppi, all'algebra astratta dei numeri  $p$  e  $q$  nella pratica teorica messa in atto da Dirac. L'uomo di scienza, quando tenta una prima ipotesi su un nuovo fenomeno che ancora non ha nessuna consistenza concettuale, pensa fantasticando su un oggetto, su un *surobjet* che prenderà vita nelle sue astratte formulazioni matematiche: è *l'esprit pienamente matematizzante che rêve*, fantastica.

Bachelard trova questo non solo nei lavori di Dirac, ma anche nei processi che hanno permesso ad Einstein di passare dalla relatività speciale alla relatività generale sino alla teoria unitaria del campo e alle altre meccaniche astratte; e il suo percorso epistemologico a partire da *La valeur inductive de la relativité*

<sup>204</sup> M. Castellana, *Gaston Bachelard ou la rêverie anagogique dans les enjeux du surrationnel*, pp.94; 95.

<sup>205</sup> M. Castellana, *Gaston Bachelard: per una storia della creatività scientifica*, cit., pp.38; 39; 40.

Scrivendo Bachelard: “Spesso l'esperienza comune è una causa di scoraggiamento, un ostacolo; allora è l'esperienza raffinata che decide tutto, perché è essa che obbliga il fenomeno a mostrare la sua struttura fine. Qui c'è tutta una filosofia di un *empirismo attivo* ben diversa da una filosofia dell'empirismo immediato e passivo che prende l'esperienza di osservazione per giudice. L'esperienza non emette più giudizi senza appello; o almeno, finché si rifiuta di sanzionare le nostre attese, si fa appello ad una nuova esperienza. L'esperienza non è più un punto di partenza, non è più una semplice guida; è un *obiettivo*” (G.Bachelard, *Le pluralisme cohérent de la chimie moderne* [1932], Vrin, Paris 1973<sup>2</sup>, p.229).

<sup>206</sup> M. Castellana, *Gaston Bachelard: per una storia della creatività scientifica*, cit., p.40.

del 1929 è proprio mirato a comprendere i meccanismi inventivi di natura matematica che conducono criticamente a situazioni teoriche inedite, proprie dell'*esprit scientifique* del Novecento<sup>207</sup>.

Si tratta di *forza induttiva* che anima la ragione anche (e soprattutto) quando fa scienza e produce fenomeni. I fenomeni della scienza *ri-nata* dalla crisi dei fondamenti non sono fenomeni osservabili in natura. Sono costrutti razionali. Scrive Bachelard,

Possiamo dunque ben affermare che l'ampolla elettrica è un oggetto del pensiero scientifico. A questo titolo, è per noi un semplicissimo ma nettissimo esempio di un oggetto *astratto-concreto*. Per comprenderne il funzionamento, occorre fare una deviazione che ci porta ad uno studio delle *relazioni* dei fenomeni, cioè ad una scienza razionale espressa *algebricamente*. Certamente, ciascuno potrà, secondo il suo temperamento filosofico, vedere in un tale oggetto astratto-concreto sia un esempio di empirismo composto, sia un esempio di *razionalismo applicato* [...]. Dal nostro punto di vista filosofico, l'ampolla elettrica è un *bi-oggetto*. Un seguace di Sartre troverebbe due maniere molto diverse di «annientarlo». Si può rompere l'ampolla come vetro comune. Ma c'è un annientamento meno brutale, più insidioso: è sufficiente mettere fuori posto un contatto nel portalampada e l'oggetto non è più lampada. Se l'ampolla illumina male, si chiede alla domestica di spolverarla come tutti gli altri oggetti. Se ciò non è sufficiente, si chiede al tecnico di verificare i contatti. La «utensilità» ha qui due procedimenti di giudizio.

Naturalmente, se avessimo scelto un esempio più complicato, avremmo potuto mettere in evidenza caratteri razionali più numerosi, con relazioni matematiche più complesse. Ma, nella sua semplicità, crediamo che il nostro esempio è sufficiente per impegnare la discussione filosofica fondamentale fra il realista e il razionalista. Con ogni evidenza, qui l'oggetto percepito e l'oggetto pensato appartengono a due istanze filosofiche differenti. Si può allora descrivere l'oggetto due volte: una volta come lo si percepisce, una volta come lo si pensa. L'oggetto è qui un fenomeno e un noumeno. E in quanto noumeno, è aperto a un avvenire di perfezionamento che l'oggetto della conoscenza comune non possiede. Il noumeno scientifico non è una semplice essenza, è un *progresso* di pensiero. Si designa, nei primi tratti, come un progresso di pensiero che richiama altri progressi. Per caratterizzare pienamente un oggetto che realizza una conquista teorica della scienza, bisognerebbe ora parlare di un noumeno «nougonale», di un'essenza di pensiero che genera pensieri [...]. [P]recisare un oggetto scientifico significa incominciare un racconto di progressiva noumenalizzazione. Ogni oggetto scientifico porta il segno di un progresso della conoscenza [...].

In questa realizzazione di un forte accoppiamento delle idee e delle esperienze, il pensiero scientifico si designa come una dottrina dei *rapporti* senza *sostegni* e senza *rapportatore* [une doctrine des *rapports* sans *supports* et sans *rapporteur*]. Per esempio la Relatività dà la certezza di cancellare tempo e spazio assoluto e di eliminare l'osservatore<sup>208</sup>.

Questo è il valore *realizzante* e *induttivo* della scienza dell'età del nuovo spirito scientifico.

In un certo senso, la scienza moderna ha introdotto, tra i due termini del binomio spinoziano<sup>209</sup>, un terzo termine che è la *natura fattizia* o *natura constructa* (la ragione umana è *natura construens*) e che

<sup>207</sup> Ivi, p.41.

<sup>208</sup> G. Bachelard, *Il razionalismo applicato* [1949], tr.di M. Giannuzzi Bruno-L. Semerari, Dedalo, Bari 1975, pp.141-142;143;16-17. Cfr. J. Lamy, *Enquête sur le concept de noumène dans l'épistémologie bachelardienne. La physique contemporaine comme science nouménale* [2005], in <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01831323/document>, pp.1-26.

Cfr. F. Dagognet, *Le relationnel éclipe le rationnel*, in R. Damien-B. Hufschmitt (coord.), *Bachelard. Confiance raisonnée et défiance rationnelle*, cit., pp.13-18 (Dagognet ricorda l'espressione di Bachelard che si legge ne *Il razionalismo applicato*: "il *cogito* di induzione reciproca obbligatoria", ivi, p.16). Come scrive Castellana, "Più l'oggetto è costruito e disegnato matematicamente, più si allontana da quella che Bachelard chiama la filosofia del come se, cioè basata sul reale dato immediatamente e non sulla possibilità che esso sia provocato, non frutto di quel vettore che va dal razionale al reale. Un'attenta analisi di tutto questo fa, inoltre, risultare carenti alcune interpretazioni anche del recente passato del pensiero bachelardiano, interpretato in chiave idealistica, dove l'accento sui processi di costruzione del reale non erano accompagnati da una analisi critica del concetto di surrazionale, dove quel 'sur' significa andare al di là del reale immediato non per negarlo come tale, come insegna già la scienza moderna, ma per interrogarlo con una pluralità di 'disegni' e di 'progetti' matematicamente fondati per farne emergere ulteriori gradi di complessità complicatrice. I processi di complicazione del reale sono essi stessi surrazionali, in quanto frutto di una ragione scientifica in polemica con se stessa e della filosofia del perché no che applica costantemente ai suoi stessi prodotti; il surrazionale, pertanto, è un processo continuo di complicazione del razionale in quanto è la coscienza epistemica del precipitato di tutti i *non* prodotti dalle singole scienze che vivono una situazione di 'mobilità' permanente e che obbligano a processi costanti di ri-organizzazione concettuale" (M. Castellana, *Il surrazionale: come la materia diventa progetto*, cit., p.177).

<sup>209</sup> Bachelard sostiene che "per giudicare il valore e la portata metafisica" della fisica contemporanea si può partire dalla metafisica di Spinoza, dal binomio *natura naturans/natura naturata*. A tal proposito cfr. G. Bachelard, *Physique et Métaphysique*, in *Settimana Spinozana. Acta Conventus Oecumenici in memoriam Benedicti De Spinoza Diei Natalis*

*rappresenta insieme l'esperienza di una creazione umana e un metodo di pensiero induttivo, una costruzione, la realizzazione di una teoria. Il Pensiero – dice Bachelard – è tentazione di compiere, di completare il Mondo*<sup>210</sup>. Fecondità del movimento induttivo. Non un metodo di esposizione, ma un metodo di creazione. Slancio veramente creativo, di una creazione che “non resta oscura come quella che produrrebbe uno slancio vitale; essa segue sempre di più il piano razionale; è lo slancio razionale e razionalizzante”<sup>211</sup>. È attività costruttiva.

Vi è, forse, dell'interesse a prendere un frammento di spinozismo come germe di cristallizzazione per una filosofia della scienza moderna<sup>212</sup>.

*Germe di cristallizzazione*, espressione in cui si coniugano *esprit de géométrie* (linguaggio della chimica) e *esprit de finesse* (linguaggio della *rêverie*)<sup>213</sup>.

Lo *spinozismo* diviene così un punto di vista assai fecondo per giudicare il valore e la portata metafisica della fisica contemporanea, per interpretare il *destino attivo*<sup>214</sup> del pensiero umano nei termini di una dialettica della creazione: *natura naturans/natura naturata*, usata per esprimere il valore a un tempo realizzante e induttivo della scienza moderna: *natura naturans*, colta come pensiero matematico, ha un valore realizzante. C'è l'esperienza di una creazione umana ed un metodo di pensiero induttivo.

---

*Trecentesimi Hage Comitis Habiti*, Nijhoff, La Haye 1933, pp.74-84 (ed. it. G. Bachelard, *Metafisica della matematica*, cit.). A pag.56 della traduzione italiana si individua un refuso: “La chimica organica è veramente la forma **in quiete** della materia” a fronte del testo francese: “La chimie organique, c'est vraiment la forme **en quête** d'une matière” (p.81), [il grass. è *ns.*].

L'edizione italiana (che porta un titolo diverso da quello originario motivandone la scelta) è corredata da una *Presentazione* a cura di Gerardo Ienna (ivi, pp.5-18) e da una introduzione di Charles Alunni dal titolo *Gaston Bachelard, ancora e ancora* (pp.19-39). Scrive Alunni: “Sei anni dopo la sua tesi principale di dottorato, questo piccolo testo, passato totalmente inosservato tanto da parte degli specialisti di Bachelard quanto dagli specialisti di Spinoza, è un caso singolare della prima fase produttiva del suo autore, periodo in cui, in un certo senso, tutta la sua assiomatica generale è già costituita. Si potrebbe dire semplicemente che «è tutto lì», sotto i nostri occhi, tutti gli operatori «invarianti» e fedeli della filosofia bachelardiana. Sono così presentati tutti i concetti fondamentali: il legame organico scienza/metafisica; la preminenza di una noumenologia matematica; il concetto centrale di induzione; la critica non-kantiana del Reale, o ancora la «surdialettica»...” (C. Alunni, *Gaston Bachelard, ancora e ancora in Metafisica della matematica*, cit., p.19).

Nella *Presentazione*, anche Ienna rileva che “*Metafisica della matematica* è uno di quei testi poco conosciuti dagli studiosi bachelardiani e di epistemologia storica. Nell'ambito dell'ormai sterminata letteratura secondaria internazionale, non compare quasi mai neanche nelle relative bibliografie. A parte rare e sporadiche eccezioni, non si è saputo riconoscere il valore storico di questo breve, ma fondamentale, contributo bachelardiano. Da un lato infatti risulta essere una testimonianza unica del fatto che gli elementi che compongono le teorizzazioni filosofiche ed epistemologiche di Bachelard erano già pienamente strutturati nel 1932. Dall'altro, rappresenta la sola circostanza in cui il filosofo abbia analizzato e sfruttato direttamente, tramite una lettura eterodossa, la filosofia di Spinoza” (ivi, pp.5-6). Bene, Ienna parla di “rare e sporadiche eccezioni”: peccato scelga di non citarne neppure una! Cogliamo l'occasione per farlo noi, ricordando almeno il Convegno internazionale *Ri-cominciare. Percorsi e attualità dell'opera di Gaston Bachelard*, che si è tenuto nel maggio del 2003 presso l'Università della Calabria e organizzato dalla stessa UniCal insieme all'Università di Perugia, all'Istituto Italiano per gli Studi Filosofici di Napoli, al Centre Gaston Bachelard de l'Université de Bourgogne e all'Association Amis de Gaston Bachelard. Negli Atti del Convegno pubblicati da Jaca Book, a cura di Francesca Bonicalzi e Carlo Vinti, è fatto esplicito, seppur breve, riferimento al testo di Bachelard in questione, precisamente alle pagine 90-92, in un paragrafo dal titolo *Lo spinozismo attivo nella fisica contemporanea*, cui ci permettiamo di rimandare in questa sede, incluso all'interno del *ns.* contribuito dal titolo *Bachelard e lo «spazio» della fisica contemporanea* (in F. Bonicalzi – C. Vinti (a cura di), *Ri-cominciare. Percorsi e attualità dell'opera di Gaston Bachelard*, Jaca Book, Milano 2004, pp.81-96 [*poco importa se è a ns. firma, specialisti del resto non ci riteniamo*]).

<sup>210</sup> G. Bachelard, *Physique et Métaphysique*, in *Settimana Spinozana*, cit., pp.76; 84; 79 (ed. it. G. Bachelard, *Metafisica della matematica*, cit., pp.46; 61; 52). Cfr. G. Gembillo, *Natura e storia nella epistemologia francese del Novecento*, in G. Polizzi, *Tra Bachelard e Serres*, Armando Siciliano, Messina 2003, pp.311-377.

<sup>211</sup> G. Bachelard, *Physique et Métaphysique*, in *Settimana Spinozana*, cit., p. 84 (ed. it. G. Bachelard, *Metafisica della matematica*, cit., p. 60).

<sup>212</sup> Ivi, cit., p. 74 (ed. it. G. Bachelard, *Metafisica della matematica*, cit., p.43).

<sup>213</sup> Viene alla mente l'uso che del termine “cristallizzazione” fa Stendhal in *De l'amour*: “Alle miniere di sale di Salisburgo, si getta, nelle profondità abbandonate della miniera, un rametto d'albero spoglio a causa dell'inverno; due o tre mesi dopo lo si ritrae coperto di cristallizzazioni brillanti: i rami più piccoli, quelli che non sono più grossi della zampina di una cinciallegra, sono guarniti d'una infinità di diamanti, mobili e abbaglianti; è impossibile riconoscere il rametto primitivo” (Stendhal, *Dell'amore*, tr. di M. Bertelà, Garzanti, Milano 1993<sup>6</sup>, p.8).

<sup>214</sup> G. Bachelard, *Physique et Métaphysique*, in *Settimana Spinozana*, cit., p.76 (ed. it. G. Bachelard, *Metafisica della matematica*, cit., p.46).

Al centro della dualità dei termini spinoziani, un terzo termine introdotto dal nuovo spirito scientifico: *natura constructa*, venuta fuori dalla ragione, preparata da un piano, da una teoria, e che non contraddice la teoria, ma è in certo qual modo essa stessa teoretica: «è sotto la monarchia dello spirito»<sup>215</sup>.

L'elettrone non è che un funzionario sotto la dipendenza del pensiero tecnico [...].

Dal momento in cui si comprende, si crea. E, reciprocamente, dal momento in cui si crea, si comprende. Portando a compimento la scienza, l'uomo si compie. Realizzando la scienza, l'uomo si realizza. C'è una reazione del metodo sull'oggetto della conoscenza. C'è un circuito che parte dalla matematica, che passa dalla fisica e che ritorna a una matematica modificata e allargata. I quadri *a priori* della ragione si trovano arricchiti dall'uso e dal successo. La ragione, per mezzo della scienza fisica, si afferma *a posteriori*<sup>216</sup>.

Bachelard parla di una “proliferazione ordinata dell'astratto” e della “potenza di creazione concreta di uno schema di esperienza proposto dal pensiero matematico”<sup>217</sup>. Il Pensiero scientifico completa la creazione del Mondo.

Alla fenomenologia dei filosofi, la scienza contemporanea sostituisce una fenomenotecnica. Anziché partire dai fatti per contemplare non so quale generalità aristotelica o baconiana, la scienza moderna produce dei fenomeni. Essa fa apparire il fenomeno a dispetto delle apparenze. Ormai si creano i fenomeni all'esatta misura del pensiero; meglio, li si crea con la misura, in quanto li si misura, sul piano stesso della misura. Li si crea metodicamente, metricamente, come si effettua un problema di geometria. Non è difficile mostrare all'opera questa fenomenotecnica<sup>218</sup>.

Il piano dell'essere creato dallo scienziato oltrepassa quello creato dalla natura. La *causa formale* rinnovata, che soppianta la causa efficiente, è la forma geometrica conquistatrice<sup>219</sup>. L'esperienza è il prodotto della realizzazione del pensiero *more geometrico*.

L'uomo crea così ciò che la natura oziosa ha dimenticato di produrre [...].

L'esperienza usuale del reale non è più che un pretesto di pensiero [...]. Il pensiero [...] si associa al reale per aumentare il reale [...]. Grazie all'iniziativa umana, viene ad aggiungersi al compossibile una possibilità di realizzazione<sup>220</sup>.

Come nota Castellana,

[q]uando il reale viene interpellato con la ragione matematica che in tal modo riesce ad entrarvi, esso [...] si manifesta con una serie estesa di strutture sempre più organizzate concettualmente, frutto di progressiva generalizzazione, ed in tal modo esso si rivela sempre di più ‘complicato’, come diceva Federigo Enriques in quanto liberatosi progressivamente dalla schiavitù dei dati, e quindi sempre più bisognoso di ulteriori approfondimenti che solo una ‘noumenologia’ con più gradi di astrazione è capace di offrire col creare le condizioni strutturali per produrre e riprodurre oggetti sempre più complessi a livello tecnico [...]. Nei laboratori, che sorgono grazie a dei noumeni pensati matematicamente, tali ‘sogni’ si traducono progressivamente in realizzazioni tecniche, costituiscono il mondo della fenomenotecnica o meglio della noumenotecnica, la cui dinamica produce continuamente degli apparati tecnici che si consolidano col diventare ‘ragione realizzata’, ‘teoremi reificati’ e concreti cioè laboratori altamente specializzati e strumenti indispensabili per la comunità scientifica o quella che chiama in *Le Rationalisme appliqué la cité scientifique*; all'interno di essa si riproducono nuove condizioni strutturali per altre determinazioni astratto-concrete, e vengono a delinearci più complesse noumenotecniche che costruiscono ulteriori ragioni del reale microfisico, dell'atomo, quelle che chiama anche ‘nuove sintesi trasformanti’ [...]. Questa presa di coscienza epistemica della «concretizzazione dell'astratto viene ritenuto proprio un carattere tutto nuovo dell'epistemologia contemporanea», un punto di non ritorno, dove occorre rendersi conto, una volta per tutte, che «la Relatività, la meccanica dei quanta, la meccanica ondulatoria sono ognuna degli avvenimenti decisivi della ragione, delle rivoluzioni della ragione» e che hanno portato a delle sostanziali «mutazioni della razionalità» con

<sup>215</sup> Ivi, p.81 (ed. it., p. 55).

<sup>216</sup> Ivi, pp. 81;76 (ed. it., pp.55; 46-47).

<sup>217</sup> Ivi, p.79 (ed. it., p.52).

<sup>218</sup> *Ibidem* (ed. it., pp.52-53).

<sup>219</sup> Ivi, p.81(ed. it., p.56).

<sup>220</sup> Ivi, pp.81;82 (ed. it., p.56).

l'introdurre quella conseguenziale di 'razionalità tecnica', a nuove modalità di «organizzazione razionale dell'esperienza» [...]. Nello stesso tempo tale 'nuovo carattere' viene ad estendersi al 'regno' del 'reale' costruito nei laboratori, dove esso manifesta le sue potenzialità quelle presenti e preannuncia quelle future, dove esso 'pulsava' e 'transitava' secondo logiche interne che vanno continuamente dal 'razionale al reale'<sup>221</sup>.

L'esperienza scientifica è esperienza dell'evento che insorge nella interazione di soggetto/oggetto/strumento di osservazione (si rivela insensata la pretesa netta separazione di soggetto osservante e oggetto osservato). In microfisica, la cosiddetta 'osservazione' perturba l'oggetto osservato; l'esperienza di rilevamento non è un semplice *contatto*, è un *urto*. Non c'è localizzazione al di fuori delle circostanze sperimentali di localizzazione. Per la filosofia realista,

la localizzazione è la sola vera radice della sostanzializzazione [...].

Bisogna andare dal *metodo* all'*essere*, controcorrente rispetto all'istruzione realista<sup>222</sup>.

Non più localizzazione effettiva, puntuale, dunque, ma celle di localizzazione quali *strutture di probabilità*; non più oggetti particolari, sempre del tutto identificabili lungo la loro traiettoria, ma *atti e momenti sperimentali* che consentono di parlare di un *reale* solo dopo averlo realizzato, fenomeni complessi, fenomeni collettivi, non più semplici contatti, ma *urti* e scambi energetici, *mutazioni quasi ontologiche tra la materia e l'energia, tra la cosa e il movimento*. Un *capovolgimento della filosofia della misura tradizionalmente ancorata nel realismo* è il risultato della *riforma della stessa nozione di misura*<sup>223</sup> che i sistemi di calcolo della meccanica quantistica (e la conseguente ridefinizione interna del concetto di operatore matematico) comportano.

Gli spazi, dunque, si «moltiplicano», non si trovano, piuttosto si costruiscono, si organizzano razionalmente.

Uno spazio astratto è una ipotesi plausibile per organizzare una esperienza<sup>224</sup>.

Adesso l'*homo faber*, guidato dal nuovo spirito scientifico, costruisce finanche lo spazio<sup>225</sup>.

Non uno spazio soltanto, ma nuovi e plurimi *tipi spaziali*, quali sono - secondo la classificazione di Destouches- *gli spazi generalizzati, gli spazi di configurazione* e *gli spazi astratti, tutti complessi*

---

<sup>221</sup> M. Castellana, *Il pluralismo coerente della fenomenotecnica contemporanea*, in Gaston Bachelard, cit., pp. 48-49; 50. Castellana precisa che "i concetti di 'pulsazione' e di 'transito' sono del matematico francese René Guitart che li ha sviluppati nei suoi lavori epistemologici sulla natura delle matematiche approfondendo le opere bachelardiane" (ivi, p.50 n.85). Scrive Guitart: "Il *working mathematician* sa produrre un gesto che io chiamo "pulsazione matematica", e che si esprime in termini di mossa creativa necessaria ai diagrammi di pensiero e d'interpretazione degli scritti matematici. In questa prospettiva, lo statuto di oggetto è definitivamente in riesame, sotto condizione di un gioco di relazioni. Oggi l'obiettivo è di costruire questa pulsazione a partire di ciò che ieri Bachelard proponeva come epistemologia, tanto della matematica quanto della scienza detta fisicamatematica. I legami tra il pensiero bachelardiano e le proposte più recenti di Gilles Châtelet, Charles Alunni [...] sono messi in rilievo e utilizzati; fra altri autori, sono ugualmente utilizzati Jacques Lacan, Arthur Koestler, Alfred N. Whitehead e Charles S. Peirce. In conclusione, proponiamo che il **lavoro matematico sia pensabile come movimento nello spazio dei diagrammi, nella sua mossa pulsativa**, e che questo modo di vedere sia eminentemente compatibile con la **prospettiva bachelardiana secondo la quale la forma intellettuale precede l'oggetto empirico, il quale proviene, in fine, come dalla concrezione di questa pulsazione del pensare**"(R. Guitart, *Bachelard et la pulsation mathématique*, "Revue de synthèse", t.136, 6<sup>e</sup> série, n.1-2, 2015, pp.33-74; 34 [grass. è ns.]).

Sul concetto di *fenomenotecnica* cfr., tra l'altro, G. Canguilhem, *Présentation*, in *Études*, [post.], Vrin, Paris 1970, pp.7-10; 8; T. Castelão-Lawless, *La création et le développement de la phénoménotecnique dans l'oeuvre de Gaston Bachelard*, in "Cahiers Gaston Bachelard", 1, 1998, EUD, Dijon, pp.49-57; Id., *Phénoménotecnique in Historical Perspective: Its Origins and Implications for Philosophy of Science*, "Philosophy of Science", 62 (1995), pp.44-59; F. Bonicalzi, *Oltre la fenomenologia: la genesi del sapere scientifico nell'epistemologia di Gaston Bachelard*, "Bollettino Filosofico" n.13, ed. Brenner, Cosenza 1997, pp.77-106; C. Speranza, *Bachelard et la technique: quelques axes de recherche*, "Cahiers Gaston Bachelard", cit., pp.71-90; P.F. Bungaard, *Bachelard et la phénoméno-poétique; une phénoménologie du détail*, "Cahiers Gaston Bachelard", 2, 1999, EUD, Dijon, pp.71-85.

<sup>222</sup> G. Bachelard, *L'esperienza dello spazio nella fisica contemporanea*, cit., pp.4; 40. Scrive Bachelard: "La sostanza dell'infinitamente piccolo è contemporanea alla relazione" (G. Bachelard, *Noumeno e microfisica*, tr. di M.Chiappini, in G. Sertoli (a cura di), *La ragione scientifica*, cit., p.220; in G. Bachelard, *Studi di filosofia della scienza*, a cura di A. Cavazzini, cit., p.55).

<sup>223</sup> G. Bachelard, *L'attività razionalista della fisica contemporanea*, cit., pp.45; 203.

<sup>224</sup> G. Bachelard, *L'esperienza dello spazio nella fisica contemporanea*, cit., p.72.

<sup>225</sup> Ivi, p.81.



*spirituali e sperimentali molto elaborati, senza rapporto con i quadri primari di una conoscenza ingenua*<sup>226</sup>.

Spazi che si «moltiplicano», si organizzano razionalmente nell'insaziabile bisogno di geometrie che la Fisica moderna mostra di possedere<sup>227</sup>.

Come scrive Gonseth, «si sa molto bene che non c'è una traiettoria perfettamente retta [...]; la retta è un'immagine schematica della realtà [...]; l'adeguamento dello schema al suo oggetto è simbolico»<sup>228</sup>.

Certamente si enuncia un risultato molto preciso dicendo che gli spigoli di questo o quel cristallo determinato sono segmenti di linea retta. Questa affermazione può essere controllata e verificata fino a un certo punto. La nozione di linea retta è dunque perfettamente legittima e praticamente adeguata nella descrizione di questo cristallo. Ma è altrettanto certo che questo adeguamento non è assoluto; è solo macroscopico. Se si passa alla scala atomica, non ne rimane quasi nulla. Il bordo in questione non deve più essere pensato come una linea continua, ma come una successione discontinua di isole materiali: l'immagine della linea retta è ora falsa e in modo irrimediabile. Quando io, quindi, mi rappresento intuitivamente la cresta di un corpo come una linea retta continua, mi faccio un'immagine piuttosto grossolana che pongo su una realtà di cui non so ancora concepire la struttura più dettagliata: la retta è un'immagine sommaria, schematica e provvisoria<sup>229</sup>.

---

<sup>226</sup> Ivi, pp.65-81. Cfr. J.-L. Destouches, *Les notions d'espace et de temps dans leurs rapports avec les theories atomiques*, in Jean-Louis Destouches. *Physicien et Philosophe (1909-1980)*. Recueil de textes choisis et d'inédits, a cura di H. Barreau, P.Février, G.Lochak, CNRS, Paris 1985, pp.173-178; Id., *La logique et les théories physiques*, in *Applications scientifiques de la logique mathématique, Actes du 2<sup>e</sup> Colloque international de la logique mathématique - Paris 25-30 août 1952*, Gauthier-Villars, Paris 1954, pp.119-126; Id., *Aspect dialectique de la notion de système physique*, "Dialectica", vol.11(1957), n.41-42, pp.57-69; Id., *Observation, prévision, invention, objectivité, réalité dans le sciences ayant acquis une forme théorique*, in "Dialectica", 20, 2(1966), pp.137-142; Id., *Les aperçus philosophiques de Borel et de Fréchet*, "Epistemologia", 4 (1981), pp.133-150; M. Fréchet, *Les espaces abstraits*, Gabay, Paris 1989.

<sup>227</sup> Cfr. A. Alison, *Science et poétique de l'espace chez Gaston Bachelard*, Thèse de doctorat en Philosophie 2014, en cotutelle sous la direction de Jean-Jacques Wunenburger, Université Jean Moulin (Lyon 3) et Giulio Raio, Università degli Studi di Napoli l'Orientale (www.theses.fr/2014LYO30026); Id., *Dalla Poetica alla Fenomenologia dello Spazio in Gaston Bachelard*, 2015, in: [https://www.academia.edu/16156249/Dalla\\_Poetica\\_alla\\_Fenomenologia\\_dello\\_Spazio\\_in\\_Gaston\\_Bachelard\\_Lezione\\_di\\_Dottorato\\_o\\_di\\_Filosofia\\_dell'interno\\_architettonico\\_Universit%C3%A0\\_degli\\_Studi\\_di\\_Napoli\\_Federico\\_II\\_26\\_05\\_2015](https://www.academia.edu/16156249/Dalla_Poetica_alla_Fenomenologia_dello_Spazio_in_Gaston_Bachelard_Lezione_di_Dottorato_o_di_Filosofia_dell'interno_architettonico_Universit%C3%A0_degli_Studi_di_Napoli_Federico_II_26_05_2015); Id., *Cos'è il Cyberspazio?*, in [https://www.academia.edu/17118236/Sul\\_Cyber\\_Spazio](https://www.academia.edu/17118236/Sul_Cyber_Spazio); Id., *Épistémologie et Esthétique de l'espace chez Gaston Bachelard*, éd. Mimesis France, Sesto S. Giovanni 2019; F.Palombi, *Provocazioni geometriche: spazio e materia in Gaston Bachelard*, in AA.VV., *Bachelard e le 'provocazioni' della materia*, Il Melangolo, Genova 2012, pp.133-142; S. Malpangotti, *Gaston Bachelard. Sull'architettura*, Testo & Immagine, Torino 2004; F.Conte (a cura di), *Gaston Bachelard. Il poeta solitario della rêverie*, Mimesis, Milano 2010, pp.9-29; J.-J.Wunenburger, *L'immaginario* [2003], tr. di V. Chiore, Il Melangolo, Genova 2008; G. Piana, *La filosofia dell'immaginazione di G.Bachelard. Note di lettura della "Poetica dello spazio"*, Unicopli, Milano 1980.

<sup>228</sup> F. Gonseth, *La verità matematica e la realtà* [1932], in Id., *Il problema della conoscenza nella filosofia aperta*, tr. di M.Bisogno, Franco Angeli, Milano 1992, pp.27-47; 41.

<sup>229</sup> F. Gonseth, *Les mathématiques et la réalité. Essai sur la méthode axiomatique* [1936], A.Blanchard, Paris 1974<sup>2</sup>, p.59.

Si ricorderà che nel 1947, Bachelard insieme al matematico svizzero Ferdinand Gonseth, incontrato per la prima volta dieci anni prima (nel 1937) a Parigi in occasione del *Congrès Descartes*, aveva fondato la rivista di filosofia della scienza *Dialectica*, che programmaticamente si proponeva quale alternativa rispetto all'indirizzo neopositivistico allora dominante in campo internazionale. Su Gonseth cfr. anzitutto gli scritti di Eric Emery, già allievo e poi fraterno amico di Ferdinand Gonseth, studioso di *philosophie ouverte*, che ho avuto la fortuna di incontrare, insieme alla sua amabile consorte, a Digione nel 1998 (in occasione del *Colloque international*, organizzato dal *Centre Gaston Bachelard de recherches sur l'imaginaire et la rationalité*), e la possibilità di apprezzarne l'affabilità, il garbo, la cura nel promuovere i contatti tra gli studiosi, anche grazie a qualche nota epistolare che ne è seguita: E. Emery, *Ferdinand Gonseth*, ed.it. a cura di M.A. Bisogno, Franco Angeli, Milano 1992; Id., *Pour une philosophie du dialogue — Les combats singuliers de Ferdinand Gonseth*, L'Age d'Homme, Lausanne 1995; Id., *Temps et musique*, L'Age d'Homme, Lausanne 1998. Inoltre, cfr. H. Lauener, *Gaston Bachelard et Ferdinand Gonseth, philosophes de la dialectique scientifique*, "Dialectica" 39, 1, 1985, pp.5-18; C. Vinti, *Présence de Ferdinand Gonseth dans la pensée de Gaston Bachelard*, "Revue de synthèse", 5<sup>e</sup> série, année 2005/2, pp. 391-415. Si rimanda, infine, direttamente a F. Gonseth, *Che cos'è la logica*, a cura di M. Lizzio, Palumbo, Palermo 1984; Id., *Connaissance objective et connaissance poétique*, "Dialectica", vol. 1/1947, n. 2, pp.117-125; Id., *Peut-on parler de «science dialectique»?*, "Dialectica", vol.1/1947, n.4, pp.293-304; Id., *Le principe de dualité*, "Dialectica", vol.6/1952, n.22, pp.103-119; Id., *Théorie et expérience*, "Dialectica", vol.6/1952, n.22, pp.143-165; Id., *L'ouverture à l'expérience et les a priori*, "Dialectica", vol.9/1955, n.33-34, pp.5-22; Id., *Le kantisme et la science*, "Dialectica", vol.9/1955, n.33-34, pp.114-122; Id., *Connaître par la science*, "Dialectica", vol.9/1955, n.33-34, pp.123-136; Id., *Recherches méthodologiques. Conclusions de l'ouvrage La Géométrie et le problème de l'espace*, "Dialectica", vol.9/1955, n.33-34, pp.137-185; Id., *Des mathématiques à la philosophie*, "Dialectica", vol.9/1955, n.35-36, pp.222-243; Id., *De l'humanisation de la technique*, "Dialectica", vol.10/1956, n.38, pp.99-112; Id., *La méthodologie des sciences peut-elle être élevée au rang de discipline scientifique?*, "Dialectica", vol. 11/ 1957, n.41-42, pp.9-20; Id., *L'ouverture à l'expérience en épistémologie*, "Dialectica", vol.13/1959, n.49, pp.16-26.



E Bachelard stesso ne *La filosofia del non*:

L'esperienza usuale, è vero, non ci dà che traiettorie analitiche ed effettivamente non sappiamo disegnare altro che curve analitiche. Ma l'argomentazione si ritorce. In effetti, nello spessore stesso del tratto sperimentale, come fa giustamente osservare Buhl, si può sempre inscrivere un sotto-disegno, una linea tremolante, un vero arabesco, che rappresenta precisamente l'indeterminato di seconda approssimazione. In breve, *ogni struttura lineare reale o realizzata racchiude delle strutture fini*. Questa finezza è anche illimitata. Si tratta, in realtà, «di una struttura indefinitamente fine». Si vede dunque apparire nel campo della geometria pura il concetto di struttura fine che ha avuto un ruolo così importante nel progresso della spettrografia. Non vi è qui [...] un accostamento semplicemente metaforico. Sembra invece che i lavori di Buhl chiariscano *a priori* molti problemi della micro-meccanica e della microfisica. In queste strutture fini appaiono, per dirlo di passaggio, le famose *funzioni continue senza derivate*, le curve continue senza tangenti. Esse sono il segno dell'esitazione permanente della traiettoria delle strutture fini<sup>230</sup>.

All'interno di una epistemologia come quella di Bachelard che si dichiara apertamente “non-cartesiana”<sup>231</sup>, la derealizzazione dello spazio geometrico si svolge sulla linea continua (per quanto solcata da *rottture* epistemologiche) della progressiva crescita di razionalizzazione. Tant'è che, per lui, la meccanica ondulatoria è “una delle sintesi scientifiche più ampie di ogni tempo”, un esempio del modo in cui “il razionale domina progressivamente il contingente”, un esempio della dinamica di matematizzazione progressiva del reale che muove la storia delle scienze, “un esempio lampante” del modo in cui “la fisica matematica e la fisica teorica si costituiscono in una dottrina omogenea”, di come “le ipotesi della fisica si formulano matematicamente” di come esse siano oramai “inseparabili dalla loro forma matematica”, così da costituire dei “pensieri matematici”.

Il valore induttivo della meccanica ondulatoria è veramente straordinario<sup>232</sup>.

Quando si arriva alle grandi sintesi della meccanica ondulatoria, la *finezza* dello spirito scientifico e, dunque, l'organizzazione razionale-matematica dell'esperienza è tale che il problema non è di attribuire un *valore ontologico assoluto* all'intuizione corpuscolare oppure a quella ondulatoria. Occorre piuttosto *derealizzare* queste due nozioni per poi misurarne più esattamente la loro possibilità di realizzazione. “Le nozioni di onda e particella – scrive, citando Dirac –devono essere considerate come astrazioni utilizzate per descrivere una sola ed unica realtà fisica. Non dobbiamo rappresentarci questa realtà come qualcosa che contiene contemporaneamente delle onde e delle particelle che reagiscono le une con le altre, né tentare di costruire un meccanismo che possa descrivere correttamente i loro rapporti rendendo conto del moto reale delle particelle”<sup>233</sup>. Un'eventuale conciliazione tra i due termini del dualismo, tra la scienza del corpuscolo e la scienza dell'onda sarà data – aggiunge - da “una compenetrazione delle due matematiche della corpuscolarizzazione e dell'ondulizzazione”. La “dualità matematica” è totalmente equilibrata, prova ne sia che ci sono due modi *perfetti* di esprimere uno stesso “noumeno geometrico”, mentre la “dualità fisica” “resta zoppicante. Non esprime due volte gli stessi fenomeni”<sup>234</sup>. Da qui la necessità di “sfumare” il realismo dei due termini del dualismo e “moltiplicare” il razionalismo. Per dirla con de Broglie, “l'onda non è più che “una rappresentazione simbolica e analitica di certe probabilità e non costituisce affatto un fenomeno fisico nel senso antico della parola”<sup>235</sup>. Lo stesso concetto di “movimento” ha, senz'altro, oltrepassato ogni limite concreto. Si parla di “movimento di un grumo di probabilità in uno spazio di configurazioni”<sup>236</sup>.

Così, attraverso la progressiva de-realizzazione dello spazio, attraverso, cioè, la *progressiva concretizzazione dell'astratto*, il processo di razionalizzazione avanza e dalle celle di localizzazione

<sup>230</sup> G. Bachelard, *La filosofia del non*, cit., p.94.

<sup>231</sup> G. Bachelard, *Il nuovo spirito scientifico*, cit., p.123 sgg..

<sup>232</sup> G. Bachelard, *L'attività razionalista della fisica contemporanea* [1951], cit., p.79.

<sup>233</sup> Ivi, p.222.

<sup>234</sup> Ivi, p.223.

<sup>235</sup> L. de Broglie, *Materia e luce*, tr. di V.Porta, Bompiani, Milano 1940, p.172.

<sup>236</sup> *Ibidem*.

quali “strutture di probabilità” porta sino alla proliferazione di *tipi spaziali plurimi* quali sono gli *spazi generalizzati*, gli *spazi di configurazione*, gli *spazi astratti*.

Ebbene, su questa linea continua della razionalizzazione crescente e perciò rettificante (dire «non-cartesianesimo» non è lo stesso che dire «anticartesianesimo») che conduce all'algebrizzazione di spazi sempre più inestesi e in tal senso più degeometrizzati, il pensiero scientifico annuncia la complessificazione della nozione di retta. Si direbbe un *surrationalismo geometrico* che nell'astrazione matematica recupera l'irregolarità del concreto non rettificato.

Come scrive Bontems, “la «rottura di scala», che avviene, verso l'infinitamente piccolo, con la meccanica quantistica, si comprende solo nella prospettiva ricorrente di una geometrizzazione fisica che integra un nuovo parametro al sistema di coordinate, la sua risoluzione. Questa prospettiva teorica resta oggi surrazionale, vale a dire che rimane la posta in gioco [*enjeu*] sospesa della ragione polemica: la comunità dei fisici teorici tarda ad afferrare la questione. È interessante osservare che, invece, in filosofi come Bachelard o Ferdinand Gonseth, già negli anni '30, si trova una congettura sulla dipendenza degli schemi geometrici dalla loro scala di applicazione a partire da considerazioni sperimentali [...]. Così la filosofia, con il suo surrazionalismo, cerca di proiettarsi nel futuro frattale della scienza [...]. La relatività di scala è una teoria *surrationalista*”<sup>237</sup>.

---

<sup>237</sup> V. Bontems, *La lignée fractale: le surrationalisme des géométries non-différentiables*, in V. Bontems (dir.), *Bachelard et l'avenir de la culture. Du surrationalisme à la raison créative*, pp.61-78; 77;78; 71. Cfr. J.-H. Barthélémy – V. Bontems, *Relativité et réalité. Nottale, Simondon et le réalisme des relations*, “Revue de synthèse”, 4<sup>e</sup> S. n.1, janv.-mars 2001, pp.27-54: “L'esaurirsi della polemica sul realismo in fisica, conseguenza epistemologica della divergenza inspiegabile tra meccanica quantistica e fisica relativistica, manifesta la necessità di un superamento dell' opposizione tradizionale tra realismo e anti-realismo. La Teoria della relatività di scala di Laurent Nottale, nella misura in cui cerca di riunificare microfisica e macrofisica grazie ai concetti di spazio-tempo frattale e di dipendenza di scala, esegue il superamento di quest'opposizione postulando i modi di essere profondi delle relazioni fisiche. L'esigenza di un realismo delle relazioni in fisica conferma dunque le intuizioni della filosofia dell'individuazione di Gilbert Simondon che giudicava necessario di accordare alla relazione un valore ontologico per fondare la «sintesi grandiosa della relatività e dei quanta» (ivi, p.28). Nel suo *Elogio dell'astrazione*, Fabrizio Palombi propone, tra l'altro, anche “elementi di confronto tra la filosofia matematica di Bachelard e la teoria dei frattali che, ai suoi tempi, non era stata ancora formulata”. Posto che i frattali “sono solitamente definiti per mezzo di **procedure ricorsive**, e godono di determinate proprietà di scala, per cui rappresentazioni in scale diverse di uno stesso oggetto frattale presentano similitudini strutturali: in altri termini, se si ingrandisce con un opportuno fattore di scala una porzione comunque piccola dell'oggetto, si manifestano caratteristiche strutturali che riproducono quelle dell'oggetto non ingrandito”, suo intento è “di meglio chiarire il **carattere ricorsivo della dialettica bachelardiana** e del suo quarto stato, «astratto-concreto», dove la rappresentazione geometrica si ripropone con modalità insospettite, più sofisticate e consapevoli” (F.Palombi, *Elogio dell'astrazione. Bachelard e la filosofia della matematica*, Milano - Udine 2017, pp.12; 211; 187-188 [grass. è ns.]). Cfr. B. Mandelbrot, *L'anello frattale: dall'arte all'arte attraverso la geometria, la finanza e le scienze*, in E. Morin – B. Mandelbrot – H. Maturana, *Complessità e neostoricismo. Studi in onore di Giuseppe Gambillo*, a cura di A. Anselmo, G. Giordano, G. Gregorio, Armando Siciliano Editore, Messina 2009, pp. 87-94; F.Russo, *La ricorsività come chiave di lettura del Metodo di Edgar Morin. A proposito di questo inedito*, “Complessità”, anno IX-X, n.1-2, gennaio-dicembre 2014-15, pp.6-17. Su Benoît Mandelbrot e i frattali cfr. G. Gambillo, *Le polilogiche della complessità. Metamorfosi della Ragione da Aristotele a Morin*, Le Lettere, Firenze 2008, pp.225-235; G. Gambillo – A. Anselmo – G. Giordano, *Complessità e formazione*, Enea, Roma 2008, pp.52-62; G. Gambillo, *Da Einstein a Mandelbrot*, Le Lettere, Firenze 2009 (in particolare il cap.VIII *Mandelbrot, la geometria frattale e la sua estensione*, pp.269-294). Scrive Gambillo: “Mandelbrot ha cominciato con una considerazione apparentemente scontata, ma che nessuno prima di lui aveva utilizzato per invitare a guardare il mondo che ci circonda con occhi più critici e più liberi rispetto al modo consueto. In particolare, egli ha richiamato «semplicemente» l'attenzione sul dato di fatto per il quale «le nubi non sono sfere, le montagne non sono coni, le linee di costa non sono cerchi e la corteccia non è liscia, né il fulmine viaggia in linea retta». Dicendo ciò, ha dichiarato che la rettificazione della realtà, implicita nella geometria euclidea ed esplicita nei presupposti della scienza galileiana, è inattuabile. In maniera specifica, egli ha mostrato che la retta non solo è incapace di misurare «contemporaneamente» il lato e la diagonale di un quadrato, ma che è anche incapace di misurare esattamente qualunque oggetto del reale. In concreto, la retta può misurare esattamente solo se stessa, nelle sue innumerevoli «estensioni», ma non può «applicarsi» oltre se stessa [...]. Tale nuova modalità conduceva, appunto, a una descrizione della Natura molto più concreta e «approssimata» a essa. In maniera specifica, «il ruolo dei frattali era quello di consentire una nuova e completa relazione tra la geometria e la natura. Essa ha introdotto nel settore della geometria un nuovo tipo di ordine, precisamente per sostenere le stesse richieste che i poeti avevano sentito come necessarie per la salvezza eterna della geometria!»”. La dimensione frattale “è contemporaneamente una «struttura» e una descrizione. Cioè, «questa dimensione ha sia un aspetto soggettivo, che un oggettivo [...]». [...] Questo significa che l'influenza dell'osservatore sull'oggetto osservato che il principio di indeterminazione di Heisenberg restringeva all'osservazione delle particelle elementari oggetto della microfisica, si estende invece anche a livello della nostra esperienza sensibile [...]. La geometria frattale ha fatto spostare l'attenzione dalla misura quantitativa del Reale alla sua «crescita e forma», rendendolo vivo e mutevole, cioè storico. In questo senso essa rappresenta il linguaggio «visibile» della natura e non più la sua «dimensione nascosta» (ivi, pp.270;273; 278; 279; 294). Cfr. C. Alunni, *Gaston Bachelard face aux mathématiques*, “Revue de Synthèse”, t.136, VI série, nn.1-2, 2015, pp.9-32; Id., *Jacques Derrida/Gaston Bachelard. Pour une métaphorologie fractale. La «fleur de Schrödinger» dans Le Jardin d'Épicure*,

L'induzione che anima la *rêverie* matematica ha, dunque, il carattere della *ricorsività*.

La numerazione ricorsiva è un processo nel quale cose nuove emergono a partire da cose vecchie in virtù di regole fisse. Questi processi riservano molte sorprese, come per esempio, l'imprevedibilità della successione [...]. Si potrebbe pensare che le successioni ricorsivamente definite [...] posseggano una specie di complessità di comportamento che si accresce in modo intrinseco, per cui, più vanno avanti, meno prevedibili diventano. Sviluppando ulteriormente questo pensiero si è tentati di avanzare una congettura: potrebbero esistere sistemi ricorsivi sufficientemente complessi da possedere la forza necessaria per sfuggire ad ogni schema prefissato. E non è forse questa una delle proprietà che definiscono l'intelligenza? Invece di considerare semplicemente programmi composti da procedure ricorsive capaci di *chiamare* stesse, perché non fare veramente uno sforzo e inventare programmi in grado di *modificare* se stessi: programmi in grado di agire sui programmi, estendendoli, migliorandoli, generalizzandoli, riparandoli e così via? Questo tipo di «ricorsività aggrovigliata» è probabilmente ciò che si trova al cuore dell'intelligenza<sup>238</sup>.

Assumiamo questo concetto di “ricorsività aggrovigliata” per calarlo in altro ambito, quello proprio della *rêverie*. In *Rêverie e interpretazione*, Thomas H. Ogden scrive sulla *rêverie* quale componente fondamentale della tecnica analitica; in psicoanalisi, “la creazione e la vitalità di un processo analitico” dipendono dalla capacità di analista e analizzando di impegnarsi in “una reciproca dialettica di stati di *rêverie*”:

Parole e frasi, come le persone, devono poter conservare una certa indeterminatezza.

Non intendo dire che parole, frasi (ed esseri umani) possano significare (ed essere) tutto ciò che noi desideriamo che significhino (o siano). Piuttosto, voglio richiamare l'attenzione sull'effetto soffocante che producono sull'immaginazione i nostri sforzi di definire, di specificare con sempre maggiore precisione ciò che intendiamo (o chi siamo).

**L'immaginazione dipende, infatti, dal gioco delle possibilità.**

Per esprimere a parole, un'esperienza di vitalità, le parole stesse devono essere vitali. Le parole, quando sono vive e respirano, sono come accordi musicali: la piena risonanza dell'accordo o della melodia deve offrirsi all'ascolto in tutta la sua suggestiva imprecisione. Nel nostro uso del linguaggio, sia quando formuliamo una teoria sia nella pratica clinica, dobbiamo cercare di comporre musica, più che limitarci a eseguire note. A questo scopo non abbiamo altra scelta che accettare che una parola o una frase non siano un punto fermo di significato e che un momento dopo non suonino più allo stesso modo o non significhino più la stessa cosa. Quando un paziente mi chiede di ripetere ciò che ho appena detto, posso dirgli che mi è impossibile, perché il momento è ormai passato. E posso aggiungere che insieme potremmo cercare di dire qualcosa a partire dal sentimento evocato in lui da ciò che è appena accaduto. Parole e frasi, come le persone, sono sempre in movimento.

L'analisi è una forma d'arte che ci chiede non soltanto di affrontare il problema di creare un luogo in cui analista e analizzando possano vivere, ma anche di sviluppare un uso del linguaggio adeguato a dare voce alla nostra esperienza di cosa significhi essere vivi in quel luogo che continuamente muta<sup>239</sup>.

Questo movimento – per usare una espressione di Gabriele Lenti – è la “danza delle *rêverie*”<sup>240</sup>.

Consiste nel giocare insieme al paziente uno scambio di *rêverie* [...]; queste [...] sono l'effetto di un libero e strutturante scambio inconscio che solamente in una fase avanzata del gioco sfocia in una interpretazione psicoanalitica [...]. L'originalità della tecnica consiste in una associazione libera e fluttuante dei rispettivi inconsci, lasciati vagare in una dinamica, una danza di immagini co-costruite attivate dal pensiero onirico della veglia senza che ci sia preoccupazione né da parte dell'analista, né da parte dell'analizzando di individuare alcun significato latente anche se questo sarebbe possibile ad ogni passo del gioco complesso. Si tratta di «perdersi nell'ambiente» del paziente [...] in modo che solamente dal gioco inconsapevole possa emergere un «inconscio relazionale» appartenente a entrambi

---

“Rue Descartes”, Collège international de Philosophie, 2016/2, n. 89-90, pp. 21-36 (url: <https://www.cairn.info/revue-rue-descartes-2016-2-page-21.htm>).

<sup>238</sup> D.R. Hofstadter, *Gödel, Escher, Bach: un'Eterna Ghirlanda Brillante* [1979], a cura di G. Trautteur, Adelphi, Milano 1994<sup>3</sup>, p.165 (cfr. in particolare *Ricorsività e imprevedibilità*, pp.164-165).

<sup>239</sup> T.H. Ogden, *Rêverie e interpretazione* [1997], tr. di G. Baldaccini-L. Riommi Baldaccini, Astrolabio, Roma 1999, pp.7; 8;11[il grass. è ns.].

<sup>240</sup> G. Lenti, *La danza delle rêverie. Una nuova tecnica terapeutica nata dall'incontro tra complessità e psicoanalisi*, in Id., *Nuove proposte applicative nella Psicoanalisi e nella teoria della Complessità*, Alpes Italia srl, Roma 2015, pp.77-82.

(contenuto transpersonale o di campo) ma che all'analista interessa soprattutto e, in ultimo, nella misura in cui consente l'individuazione di un significato del paziente da restituire a quest'ultimo tramite una interpretazione che renda consapevole il contenuto latente «danzato».

Il gioco genera ed è generato (**ricorsione**) da uno spaesamento che sospende memoria, desideri e comprensione [...].

La danza comporta la creatività consapevole; questa prerogativa attiva il gioco inconscio il quale non è affatto creativo [...], ma necessita di essere messo in condizione di massima generatività [...]. La danza delle rêverie promuove la non-linearità delle trasformazioni analitiche [...].

«Ciò che il paziente desidera, sono unicamente dei leggeri segni» [...] ecco cosa propone la danza, in modo da non affrettare l'entrata spesso intollerabile nei codici a volte inospitali della consapevolezza prematura. Il pensiero disgiuntivo, semplificante è comunque alla fine una necessità vitale per ogni pensiero che si nutre di complessità, di potere evolutivo, o detto altrimenti, ogni pensiero complesso divora e allo stesso tempo partorisce necessariamente pensiero semplificante. Solamente dalla dialettica intercorrente tra i poli opposti si genera pensiero, la conoscenza non può fare a meno del pensiero disgiuntivo<sup>241</sup>.

“Quante volte – scrive Bachelard ne *La fiamma di una candela* – vivendo in una delle mie «figure», ho creduto di approfondire la mia solitudine. Ho creduto di scendere, spirale dopo spirale, la scala dell'essere. Ma vedo ora che in tali discese sognavo, credendo di pensare. L'essere non è al di sotto. È al di sopra, sempre al di sopra – precisamente nel pensiero solitario che lavora [...]. L'autentico spazio del lavoro solitario è, in una piccola stanza, il cerchio rischiarato dalla lampada [...]. E la lampada da lavoro riduce la stanza alle dimensioni del tavolo [...]. Non si sa a cosa pensi colui che lavora davanti alla lampada, ma si sa che pensa, che è solo a pensare [...]. Davanti a una fiamma, quando si sogna, quel che si percepisce non è nulla a confronto di quel che si immagina [...]. La fiamma è uno dei massimi *operatori di immagini*. La fiamma conferisce un supplemento di animazione, *infiamma* ogni verbo di cui essa è soggetto. Anche le metafore (più fredde) si trasformano in immagini: le prime spesso non sono che “spostamenti di pensieri in una volontà di dir meglio, di dire altrimenti”, le seconde, quando sono “vita primaria dell'immaginazione”, lasciano “il mondo reale per il mondo immaginato, immaginario [...]. Ci si perde in rêverie”<sup>242</sup>.

La lettura – osserva Bontems – *induce certe rêveries*. Quest'induzione si opera sulla base di operatori poetici. Si possono definire come inversi rispetto agli operatori della scienza, nella misura in cui la loro funzione è l'inverso della razionalizzazione della lingua. Per analogia con una nozione matematica, un operatore poetico indica, naturalmente, la coerenza delle immagini, ma anche, al contempo, la distanza che separa questa coerenza dall'organizzazione oggettiva dei fenomeni. La giustezza dell'intuizione poetica non deriva dalla sua adeguatezza alla realtà oggettiva, quanto dall'autenticità dell'emozione che suscita. Il «valore d'essere» delle immagini è ancorato alla sfera dell'intimità<sup>243</sup>.

<sup>241</sup> Ivi, pp.77-78; 80 [grass. è ns.].

<sup>242</sup> G. Bachelard, *La fiamma di una candela* [1961], tr. di G. Alberti, SE, Milano 1996, pp.101; 99;13-14; 15. Giovanni Piana analizza la parola *retentissement* che Bachelard usa per indicare l'idea di una immedesimazione o meglio “di una partecipazione diretta alla vita dell'immagine”: “L'immagine [...] echeggia dentro di noi con voce viva, e noi siamo invasi e pervasi dalla eco dell'immagine come se noi stessi fossimo una grande caverna. In ogni caso deve essere evitato il termine, che ci potrebbe sembrare adatto, di «risonanza» per il semplice fatto che Bachelard lo riserva ad un altro impiego, ad un impiego contrapposto. Bachelard parla di *risonanza* (*resonance*), e la contrappone all'echeggiare dell'immagine, essenzialmente per indicare il ridestamento dei ricordi di nostre esperienze realmente vissute, che l'immagine poetica può eventualmente provocare [...]. Leggiamo i poeti, e allora sapremo che cosa è questo *retentissement*. Ed eventualmente dopo aver letto i poeti potremo provarci a descrivere quello stato d'animo seguendo la via obbligata dell'introspezione [...]. Nella risonanza non è l'immagine che viene rivissuta: l'immagine rappresenta qui unicamente l'inizio di un percorso orientato verso la soggettività psicologica che si è di fatto costituita attraverso le accidentalità della vita vissuta. Nella risonanza sono proprio queste accidentalità che vengono richiamate. Nello stesso tempo, quanto più il lettore si immerge nella rievocazione della propria esperienza passata, tanto più si allontana e si distrae dall'immagine. Dice una volta Bachelard: «Non si legge una poesia pensando ad altro» [...]: una frase in realtà molto felice nella sua espressiva sinteticità. Nel *retentissement* restiamo presso la poesia; mentre leggiamo la poesia pensando ad altro se la poesia si limita a suscitare «risonanze» sentimentali del nostro Passato [...]. Nella risonanza sono richiamati determinati fatti, mentre nel *retentissement* ci muoviamo nello spazio dei valori immaginativi” (G. Piana, *La notte dei lampi. Quattro saggi sulla filosofia dell'immaginazione. I. Il lavoro del poeta – Saggio su Gaston Bachelard*, Edizione digitale 2000, pp.31; 32; 33).

<sup>243</sup> V. Bontems, *Bachelard*, tr.di G. Carrozzini, Mimesis, Milano-Udine 2016, p.103. Bontems parla di “riconversione poetica degli operatori”. Scrive: “Un lettore che investigasse l'azione soggiacente di una tale rigorosa organizzazione concettuale solo nei lavori epistemologici, rischierebbe di attraversare la notte come un sonnambulo. Eppure tuttavia, il dinamismo

Lo «spazio vissuto» della *rêverie* “è fondamentale per l’espansione della vita, comporta [...] una flessione soggettiva della distanza, del contatto e dell’ampiezza rispetto a parametri d’ordine matematico”<sup>244</sup>.

Lo spazio colto per mezzo dell’immaginazione non può restare lo spazio indifferente lasciato alla misura e alla riflessione del geometra. Esso è vissuto. Ed è vissuto non nella sua positività, ma con tutte le parzialità dell’immaginazione [...].

Ogni spazio veramente abitato reca l’essenza della nozione di casa [...].

Prima di essere «gettato nel mondo» [...] l’uomo viene deposto nella culla della casa e sempre, nella nostra *rêverie*, la casa è una grande culla [...].

La casa è il nostro angolo del mondo, è il nostro primo universo. Essa è davvero un cosmo [...].

La casa, ancor più del paesaggio, è uno «stato d’animo» [...].

---

dell’immaginazione non è quello della ragione. Solo adattando gli «operatori» alla sottile fluidità delle immagini si può cogliere questo dinamismo. Alcuni operatori, per esempio l’*induzione*, conservano formulazione analoga”(*ibidem*).

<sup>244</sup> R. Boccali, *Collezioni figurali. La dialettica delle immagini in Gaston Bachelard*, Mimesis, Milano - Udine 2017, p.137 n.31. Boccali fa, inoltre, riferimento al “diagramma che nella conclusione della *Psicoanalisi del fuoco* veniva indicato come finalità principale di ogni analisi poetica: «Ogni poeta dovrebbe elaborare un diagramma per indicare il significato e la simmetria delle sue coordinate metaforiche, esattamente come il diagramma di un fiore fissa il significato e le simmetrie della sua azione floreale». Il *Lautréamont* sembra essere proprio un tentativo di tracciare tale diagramma attraverso le coordinate metaforiche dell’opera, svelandone il senso al di là di ogni riduzionismo biografico e psicocritico” (ivi, p.73). In nota, precisa: “Il parallelismo tra diagramma poetico e diagramma floreale è tutt’altro che scontato. Quest’ultimo è infatti una proiezione che rappresenta in maniera chiara e semplice le diverse parti di un fiore. Tecnicamente parlando, il piano di proiezione è perpendicolare all’asse del fiore così da rendere ben visibile il calice e la corolla, il numero dei verticelli e la posizione degli stami, nonché il tipo del gineceo. La proiezione diagrammatica rende quindi possibile l’individuazione della famiglia di appartenenza o specie del fiore in questione, a cui può addirittura far seguito l’elaborazione di una formula matematica floreale. Allo stesso modo, il diagramma poetico dovrebbe permettere la proiezione delle metafore manifestando l’asse portante del poema e le sue diverse articolazioni, per giungere a una formula poetica in grado di racchiudere la direzione dinamica del poema stesso. Espansione e sviluppo ascendente (*essor*) e movimento verso la profondità (*profondeur*) sono i due poli entro cui si muove la linea del poema” (ivi p.73 n.8).

Cfr. C. Alunni, *Pour une métaphorologie fractale*, in Id., *Spectres de Bachelard. Gaston Bachelard et l’École surrationaliste*, cit., pp.91-112, dove, tra l’altro, è citato Derrida che in *La mitologia bianca. La metafora nel testo filosofico*, scriveva: “Torniamo alla nostra domanda: si può trasportare nel campo filosofico il programma bachelardiano di una metapoetica? Bachelard propone di procedere per *gruppi* e *diagrammi* [...]. Per gruppi: [cit.da *Lautréamont*] «Quando si è meditato sulla libertà delle metafore e sui loro limiti ci si accorge che certe immagini poetiche si *proiettano* le une sulle altre, con certezza ed esattezza, il che è come dire che in *poesia proiettiva* esse non sono che una sola e medesima immagine. Ci siamo accorti, per esempio, studiando la *Psicoanalisi del fuoco*, che tutte le «immagini» del fuoco interno, del fuoco nascosto del fuoco che cova sotto la cenere, in breve del fuoco che non si vede e che richiede di conseguenza delle metafore, sono delle «immagini» della vita. Il legame proiettivo è allora così primitivo che si traducono senza fatica, con la sicurezza di essere compresi da tutti, le immagini della vita nelle immagini del fuoco e viceversa. La deformazione delle immagini deve allora designare, in un modo strettamente matematico, il *gruppo* delle metafore. Quando si potessero precisare i diversi *gruppi* di metafore di una particolare poesia, ci si avvedrebbe che talvolta certe metafore sono mancate perché sono state aggiunte senza tener conto della coesione del gruppo [...] resta comunque che una metapoetica dovrà intraprendere una classificazione delle metafore e che le sarà necessario, presto o tardi, adottare l’unico procedimento essenziale della classificazione, la determinazione dei gruppi». Poi per *diagrammi* (ancora una metafora matematica, o almeno, per essere più precisi, geometrica, questa volta ornata di un fiore, per presentare il campo di una meta-metaforica), [cit.da *La psychanalyse du feu*]: «Se il presente lavoro potesse essere ritenuto la base di una fisica o di una chimica della fantasia [...] dovrebbe preparare gli strumenti per una critica letteraria oggettiva nel significato più preciso del termine. Dovrebbe dimostrare che le metafore non sono semplici idealizzazioni che partono, come razzi per esplodere nel cielo svelando la loro futilità ma che al contrario le metafore si definiscono e si coordinano più delle sensazioni, al punto che uno spirito poetico è puramente e semplicemente una sintassi delle metafore. Ogni poeta dovrebbe fare quindi posto a un *diagramma* che indicherebbe il senso e la simmetria dei suoi coordinamenti metaforici, esattamente come il diagramma di un fiore fissa il significato e le simmetrie della sua azione floreale. Non c’è *fiore* reale senza questa convenzione geometrica. Comunque, non c’è fioritura poetica senza una certa sintesi di immagini poetiche. Non bisognerebbe tuttavia vedere in questa tesi una volontà di limitare la libertà poetica, di imporre una logica, o una realtà, il che è la stessa cosa, alla creazione del poeta. È proprio dopo, oggettivamente dopo il suo sbocciare, che crediamo di scoprire il realismo e la logica intima di una opera poetica. A volte delle immagini veramente diverse, che si credevano ostili, eteroclitiche, dissolventi, giungono a fondersi in una immagine adorabile. I mosaici più stravaganti del surrealismo hanno all’improvviso dei gesti coerenti» [...]. Trasportata nel campo filosofico, tale metaforologia **non ritroverebbe sempre, come destinazione, il medesimo? La medesima physis, il medesimo senso** (senso dell’essere come presenza o, *il che torna a(dire il) medesimo*, come presenza/assenza), **il medesimo circolo, il medesimo fuoco della medesima luce che si mostra/ si nasconde, il medesimo giro del sole? Che altro trovare se non questo ritorno del medesimo quando si cerca la metafora? cioè la somiglianza [*ressemblance*] e quando si cerca di determinare la metafora dominante di un gruppo che interessa per il suo potere di raccolta [*rassemblement*]?” (J. Derrida, *La mitologia bianca. La metafora nel testo filosofico*, in Id., *Margini della filosofia* [1972], a cura di M. Iofrida, Einaudi, Torino 1997, pp.273-349; 340-341; 342). Cfr. F. de Stefano – S. Zanini, *Modelli e metafore nella scienza*, “Didattica delle scienze”, n.198 – novembre 1998, pp.2-9.**

Per la conoscenza dell'intimità, più urgente della determinazione delle date è la localizzazione spaziale della nostra intimità [...].

Lo spazio, nei suoi mille alveoli, racchiude e comprime il tempo: lo spazio serve a questo scopo<sup>245</sup>.

È lo sradicamento da ogni centro, da ogni unità monolitica, irrealmente quanto la sfericità perfetta.

Jacques Brosse medita sul più bello di tutti i frutti, sulla pesca. Essa è rotonda [...]. La felicità arrotonda tutto ciò in cui penetra. Ma beninteso la rotondità della pesca è piena, concreta, intima. Essa non è la mera realizzazione di qualche forma platonica in una geometria delle idee: la rotondità della pesca non sarà mai una sfera. La sua perfezione deriva dalle sue irregolarità<sup>246</sup>.

La vita di un uomo non ha centro [...]. L'essere umano non è mai fisso, non è mai in un luogo, non vive mai nel tempo in cui gli altri lo vedono vivere, dove gli stesso dice agli altri di vivere [...].

In noi la vita non è un oggetto che possiamo afferrare ogni momento. Non è un'unità di essere che possa determinarsi come un essere dato. L'essere umano è un alveare di esseri [...].

Siamo bracieri di esseri<sup>247</sup>.

---

<sup>245</sup> G. Bachelard, *La poetica dello spazio*, cit., pp.26; 33; 35; 32; 95;37; 89; 161; 36. Cfr. A. Alison, *Épistémologie et Esthétique de l'espace chez Gaston Bachelard*, cit., pp.285-291 (*L'intériorisation de l'espace, l'espace vécu*).

<sup>246</sup> G. Bachelard, *Préface* à l'ouvrage de Jacques Brosse: *L'Ordre des choses*, Éd. Plon, Paris 1958; rist. in *Le droit de rêver* [post., 1970], Puf, Paris 1988<sup>6</sup>, pp.186-191; tr.di M. Bianchi, in *Il diritto di sognare*, Dedalo, Bari 1987 [1993<sup>3</sup>], pp.161-166; 164-165.

<sup>247</sup> G. Bachelard, *Poetica del fuoco*, tr. di M. Citterio e A.C. Peduzzi, Red, Como 1990, pp.46; 47.

Jan Patočka dedica il *Supplemento 3* de *Lo spazio e la sua problematica* a *Gaston Bachelard, La poétique de l'espace*, in Id., *Lo spazio e la sua problematica*, a cura di F.Bonicalzi, Mimesis, Milano - Udine 2014, pp.76-79. Nella *Postfazione*, Bonicalzi scrive: «Cos'è lo spazio reale nel quale vivono tutti gli esseri viventi?» [...]: con questa domanda la riflessione sullo spazio vira in direzione dell'*esperienza di spazio del soggetto vivente* [...]. Tale domanda [...] presuppone l'assunzione di consapevolezza che lo spazio della fisica è inscindibile dalla rappresentazione che ne abbiamo: [...] nello studio dello spazio, viene normalmente dimenticata la cosa più importante e cioè «il nostro modo peculiare di essere nello spazio, il nostro modo di essere spaziali» [...]. In realtà non esiste un soggetto «fuori» dallo spazio, essendo esso stesso spaziale, e dunque non esiste un soggetto conoscente che colga da subito le relazioni geometriche nella loro formalità: questo è piuttosto l'esito di un processo di geometrizzazione delle relazioni esperienziali che coinvolge lo stesso spazio il quale, attraverso una graduale formalizzazione, diventa geometria realizzata [...]. Le relazioni spaziali fanno originariamente parte del contesto della vita e questo implica un diverso piano di considerazione della soggettività. Il soggetto non è un ente a sé stante che mette poi in opera delle relazioni: le relazioni sono parte integrante, appartengono originariamente alla vita, sono costitutive del soggetto e lo spazio è la messa in ordine della realizzazione di relazioni che produce ordine. Questa individuazione di uno *spatium ordinans*, accanto e prima di uno *spatium ordinatum*, mette in evidenza uno spazio della persona che precede lo spazio oggettivo della geometria, un vivere lo spazio intrinseco al processo della sua oggettivazione [...]. Queste considerazioni sullo spazio come effetto della realizzazione delle relazioni personali nascono dal riconoscimento dell'*atto della relazione come atto del costruire*: «[...] L'essenziale spazialità dell'ente consiste originariamente nell'interpellazione e nella costruzione. Solo su questo terreno si possono intraprendere delle relazioni spaziali puramente oggettive – che si tratti di proto-relazioni topologiche quali *vicino, fra, all'interno*, di relazioni proiettive oppure metriche» [...]. Radicato nel movimento della vita, lo *spazio costruito, ordinatum*, lascia posto al *costruire dello spazio ordinans*, spazio in azione, avvenimento di incontri, dramma nel quale gli esseri si avvicinano e tendono al noi per creare il loro io, il loro essere presso di sé» (F. Bonicalzi, *Postfazione. Patočka oltre Patočka*, in J. Patočka, *Lo spazio e la sua problematica*, cit., pp.81-92; 82; 83;84). Si parla di «*insostenibilità teorica di uno spazio che non si concepisca in rapporto alla realizzazione delle relazioni e dei sistemi relazionali*» (ivi, p.83).

## 2.2 Bachelard e il valore «transazionale» dell'induzione

Il razionalismo è una filosofia di mezzo, mediata, una filosofia transazionale [*philosophie transactionnelle*], dobbiamo seguirla nei suoi due movimenti, nel movimento di assimilazione e nel movimento di distinzione<sup>248</sup>.

Già prima che ne *Il razionalismo applicato*, Bachelard ricorre alla parola «*transactionnel*» ne *La valeur inductive de la relativité* per qualificare il ruolo da attribuire alla «fisica dei campi» o meglio la funzione di *mediazione concettuale* che Bachelard trova associata in Cassirer al concetto di «campo», concetto che per che lo stesso Cassirer, in *Sulla teoria della relatività di Einstein*, è un «*Mittelbegriff*»<sup>249</sup>.

Ci chiediamo se un tale ruolo, per così dire, «transazionale»<sup>250</sup>, nel pensiero di Bachelard, non sia da riconoscere proprio al concetto di *induzione* per lo slancio creatore (ad esso riconducibile) di unitaria

<sup>248</sup> G. Bachelard, *Il razionalismo applicato*, cit., p.172.

<sup>249</sup> Bachelard si riferisce espressamente in nota ad una pagina ben precisa di *Zur Einstein'schen Relativitätstheorie* di Cassirer: "On verrait ensuite, après le déclin de cette explication par les fluides spécifiques, la physique des champs essayer de remplir un même rôle transactionnel. Mais encore qu'elle aille plus avant, cette transaction est loin d'être parfaite"(G. Bachelard, *La valeur inductive de la relativité*, cit., p.228).

Il passo in questione si riferisce al seguente brano di Cassirer (tratto dal testo in tedesco) richiamato in nota da Bachelard: Zwischen die „Materie“ und den „leeren Raum“ tritt jetzt, im Begriff des „Feldes“, ein neuer Mittelbegriff: und er ist es, der fortan immer bestimmter und deutlicher als der eigentliche Ausdruck des physisch Realen, weil als der vollgültige Ausdruck der physikalischen Wirkungsgesetze erscheint. In diesem Begriff des Feldes hat die typische Denkweise der modernen Physik ihre erkenntnistheoretisch schärfste und deutlichste. Ausprägung gewonnen. Jetzt vollzieht sich, von der Elektrodynamik her, eine fortschreitende Umbildung des Begriffs der Materie. (In E. Cassirer, *Zur Einstein'schen Relativitätstheorie. Erkenntnistheoretische Betrachtungen*, Bruno Cassirer Verlag, Berlin 1921, p. 61 [grass. è ns.]).

In traduzione francese, il passo di Cassirer recita così: "Entre la matière et l'espace vide, il existe maintenant un nouveau concept qui opère la médiation à savoir le concept de champ", in E. Cassirer, *La théorie de la relativité d'Einstein* (Berlin, 1921), *Œuvre XX*, Cerf. (2000), trad. J.Seidengart, *Hommage d'Einstein*, p.78.

E in traduzione italiana: "Ora, tra la «materia» e lo «spazio vuoto» interviene una nuova mediazione concettuale nel concetto di «campo»", in E. Cassirer, *La teoria della relatività di Einstein* a cura di N.Zippel, ebook Lit Edizioni Srl – Castelvechi, Roma 2015, p.56; in E. Cassirer, *Sostanza e funzione. Sulla teoria della relatività di Einstein*, a cura di G.A. De Toni, La Nuova Italia, Firenze 1973, p.527.

**La parola "transazionale" non deriva, perciò, dalla traduzione letterale da Cassirer ma si può ricondurre ad una precisa scelta di Bachelard.**

Su Cassirer cfr. G. Polizzi, *L'interpretazione neokantiana di Cassirer*, in Id., *Einstein e i filosofi*, cit., pp.16-19; M.T. Speranza, *Cassirer e la fisica einsteiniana. Il vantaggio epistemologico della teoria della relatività*, S&F, n. 15/2016, pp.84-102 ([http://www.scienzaefilosofia.com/wp-content/uploads/2018/03/res709991\\_15-06-SPERANZA.pdf](http://www.scienzaefilosofia.com/wp-content/uploads/2018/03/res709991_15-06-SPERANZA.pdf)); F. Coniglione, *Astrazione e funzione in Ernst Cassirer*, in AA.VV., *Filosofia e storiografia. Studi in onore di Giovanni Papuli*, vol.III.1. L'età contemporanea, a cura di M. Castellana - F. Ciraci - D.M. Fazio - D. Ria - D. Ruggieri, Congedo Editore, Galatina 2008, pp.165-188.

<sup>250</sup> Sulla parola "transazione" e sulla prospettiva cosiddetta *transazionale* in gnoseologia cfr. J. Dewey- A.F. Bentley, *Knowing and the known*, Beacon Press, Boston 1949; tr. di E. Mistretta, *Conoscenza e transazione*, La Nuova Italia, Firenze 1974. Il volume, che raccoglie articoli e saggi, alcuni dei quali editi già tra il 1945 e il 1948, esce in Italia nel 1974 nelle edizioni de La Nuova Italia di Firenze con un titolo che non è la traduzione letterale dell'originale inglese, ma volutamente ricorre al termine "transazione", parola-chiave dell'opera. A tal proposito cfr. G. Gembillo, *Le polilogiche della complessità. Metamorfosi della Ragione da Aristotele a Morin*, cit., pp.165-176; ci permettiamo, inoltre, di rimandare al ns. *La circolarità transazionale in Dewey*, in G. Gembillo - A. Anselmo (a cura di), *La metafora del circolo nella filosofia del Novecento. Omaggio a Edgar Morin*, Armando Siciliano, Messina 2002, pp.193-250: "Transazione è parola attinta dal gergo economico, indica lo scambio di merci con merci o con denaro, implica un venditore, un compratore e l'azione dello scambio. Venditore e compratore sono l'uno in funzione dell'altro, e, come tali, esistono solo in quanto sono impegnati nella relazione di scambio, non sussistono prima di essa o indipendentemente da essa. Nel processo conoscitivo, soggetto/oggetto/atto del conoscere, *conoscente e conosciuto* possono definirsi reciprocamente in modo *transazionale* [...]. Nel capitolo quarto di *Conoscenza e transazione*, intitolato *Interazione e transazione*, Dewey si propone di mostrare in che misura nella fisica moderna si è affermata la cosiddetta "presentazione transazionale degli oggetti (*the transactional presentation of objects*), attraverso un confronto sia con l'antica prospettiva autoazionale (*the antique view of self-action*) sia con la prospettiva interazionale propria della fisica classica (*the presentation of classical mechanics in terms of interactions*). I tre livelli individuati dalle categorie di *auto-azione, inter-azione e trans-azione*, secondo Dewey, "rappresentano tutti i comportamenti umani in rapporto ed in riferimento al mondo, costituiscono tutti i modi in cui il mondo stesso si presenta nelle descrizioni che gli uomini ne danno", anche i diversi modi di vedere il mondo da parte del senso comune. Sono tre stadi dello sviluppo del pensiero filosofico e scientifico e richiamano alla mente i tre stadi di Comte: teologico, metafisico, positivo, ai quali Dewey fa esplicito riferimento [...]. Il terzo «stadio» è rappresentato dalla prospettiva cosiddetta transazionale, la quale si afferma con Einstein nel dominio della fisica e con Darwin in biologia. Secondo tale prospettiva, non esistono elementi o essenze, ma sistemi in cui ogni parte è definita in relazione alla totalità, come momento di un processo. Mentre le leggi di Newton esprimono relazioni tra entità che preesistono alla relazione stessa, la concezione di Einstein (preparata dalla nozione

radice, che anima, seppur diversamente articolato, sia l'attività razionalistica della *rêverie* matematizzante sia la *rêverie* poetica, garantendo altresì la coordinazione della sintesi dialettica di contenuto, interna al pensiero bachelardiano.

Il concetto di induzione percorre l'intera opera di Bachelard, ne è la *chiave di volta*, non solo della sua epistemologia. Il valore *induttivo* contrassegna tutta l'impronta fattiva dello spirito umano.

Lo assumiamo, perciò, come una sorta di *Mittelbegriff* e, di seguito, ne citiamo "trasversali" ricorrenze individuate nelle opere di Bachelard<sup>251</sup>.

G. Bachelard, *Saggio sulla conoscenza approssimata* [1928]<sup>252</sup>:

(intendiamo sempre l'**induzione** che scopre, non quella che insegna a giochi fatti).

[...] Un giudizio che nega è immediatamente completo. Il concetto positivo apre invece un questionario riguardo al suo contenuto e alle grandezze implicate. L'induzione per infirmazione sembrerà perciò più decisiva e più pura dell'induzione per conferma. «La conferma di una legge apportata da un caso favorevole – scrive Jean Nicod – o l'infirmità provocata da un caso contrario non hanno lo stesso valore. Un caso favorevole incrementa più o meno la verosimiglianza della legge, mentre un caso contrario l'annienta completamente. La conferma è solo favorevole, mentre la falsificazione è fatale [...]. L'azione corroborante esercitata da un caso favorevole appare quindi come avvolta da una certa nebulosità, mentre l'azione contraria appare tanto limpida e intelligibile quanto fatale» [...].

È così che in ogni modo, appena si lavora sulla realtà, l'**induzione** corre un rischio, quale che sia la sua forma. In certi casi favorevoli, essa può ancora fornirci una *previsione* certa, ma **quando viene applicata può procurarci comunque soltanto una conoscenza approssimata**.

Questa potenza [dell'ammirevole strumento analitico costituito dal metodo delle approssimazioni successive] si spiega secondo noi per gli stretti rapporti fra approssimazioni indefinite e il **principio di induzione completa** che Poincaré ha riconosciuto essere alla base dei ragionamenti matematici. Lo sviluppo dei due metodi segue in effetti le stesse fasi. Per prima cosa si lancia l'operazione e la si abbozza. In una seconda ricerca si mostra che tale operazione è nuovamente possibile, e siccome ci si era fermati a un termine indeterminato, se ne conclude che l'approssimazione è indefinitamente possibile. L'iterazione è sempre seguita da una reiterazione. **Ma questa ricorrenza è proprio un'induzione**: essa

---

di campo) definisce le entità *come* relazioni che non preesistono alla relazione, ma che si producono nella relazione stessa" (ivi, pp.226; 212-213; 214-215).

<sup>251</sup> Il grassetto nelle citazioni a seguire è *ns*.

<sup>252</sup> G. Bachelard, *Saggio sulla conoscenza approssimata* [1928], cit., pp.145; 149; 216.

Come scrive Palombi: "Il *Saggio sulla conoscenza approssimata* esamina anche la differenza tra l'accezione matematica e quella fisica del termine 'induzione' ragionando sulla funzione della «iterazione» e della «reiterazione»". [Nel brano citato], l'aggettivo «completa» precisa il valore di un'induzione matematica che «acquisisce la certezza che su questa strada non troverebbe ormai più nessuna novità». Questo peculiare significato della parola 'induzione' può essere chiarito richiamando ancora quella genealogia intellettuale che attraverso Brunschvicg risale a Poincaré. Il primo, avendo ben presente la problematicità del concetto, si premura di definire «completa» l'induzione matematica proprio per differenziarla dalle sue accezioni fisica e filosofica. Una distinzione, già proposta dal secondo, che la chiama «dimostrazione per ricorrenza» e l'associa a una «proprietà dello spirito» in grado di «concepire la reiterazione indefinita di un medesimo atto». A questo proposito possiamo comprendere perché la «rottura con il passato delle conoscenze» propugnata da Bachelard sia stata definita come un «atto di audacia induttiva della ragione scientifica». Infatti, il nostro autore sostiene che «quando si vorrà misurare il valore epistemologico di un'idea fondamentale bisognerà volgersi dalla parte dell'induzione e della sintesi» (F. Palombi, *Elogio dell'astrazione. Bachelard e la filosofia della matematica*, Milano - Udine 2017, p.34 ). L'induzione è oggetto di trattazione dell'intero Cap.VIII *L'induzione, la correlazione e la probabilità in relazione con la conoscenza approssimata* dell'*Essai* (pp.141-163). E ancora: "[...] L'interpolazione lineare è allora lo stato elementare dell'**induzione**. Nella sua generalità, il **ragionamento induttivo** deve sempre passare dal simile all'identico [...]. Dobbiamo [...] determinare [...] che genere di certezza possa esserci data dall'**induzione nel momento della sua applicazione**. [...] Anche così delimitato, però, il nostro oggetto va incontro a un problema preliminare: ci si può chiedere infatti se l'applicazione di quel principio non faccia corpo col principio stesso. Quindi: se l'**induzione** è un principio sperimentale, come riusciamo a liberarlo da ogni riferimento all'esperienza? Il senso delle osservazioni con cui Lalonde ha arricchito il dibattito, molto innovative nella loro profonda ispirazione, ci impegna senza esitazione a isolare il principio dalla sua applicazione. In effetti, il principio non è una sintesi dell'esperienza, ma una sua *conditio sine qua non*. Bisogna scegliere, senza mezzi termini, fra la validità assoluta dell'**induzione** e lo scetticismo totale. Lo stesso probabilismo implica la validità assoluta del ragionamento induttivo, perché implica una fluttuazione dei termini, ma non del legame fra i termini stessi. Spesso si crede che per la conoscenza l'**induzione** sia un principio di acquisizione. In realtà, essa non solo ha un certo valore acquisitivo, ma ne ha anche uno per conservare. La concettualizzazione e l'induzione rappresentano la stessa operazione. Se non mi garantite che il piombo fonderà domani come oggi alla temperatura di 335<sup>0</sup>, non mi permettete oggi di poter costruire il concetto di piombo. La credenza nella validità del **ragionamento induttivo** è necessaria già per credere all'identità degli oggetti. Vi è una transizione insensibile fra i tre giudizi 'A è A', 'A resta A' e 'A deve restare A'. E questo vale senza fare ricorso all'esperienza. È legalmente, ossia per le necessità del pensiero stesso, che vi è un legame fra il principio d'identità e il **principio d'induzione** [...]. Qual è l'approssimazione che realizziamo quando applichiamo il **principio d'induzione** alla Realtà? Possiamo conservare la sua certezza originaria o cadiamo inevitabilmente nella probabilità?

[...] Un principio d'esattezza è stato conquistato per il solo fatto di aver tenuto conto sia sperimentalmente che razionalmente dell'inesattezza dei dati. Insomma, il **ragionamento induttivo** viene adattato al reale" (ivi, pp.129; 141; 142; 148).



generalizza un'operazione che si sa fare, che si fa una volta, che si fa  $n$  volte. Si riconosce che quest'induzione è completa perché si *prova* che le condizioni d'applicazione delle regole operative non sono cambiate. In tale prova sta tutta **la forza dell'induzione matematica**, come la **debolezza dell'induzione fisica** sta nell'impossibilità di provare l'invarianza delle condizioni del fenomeno.

G. Bachelard, *Étude sur l'évolution d'un problème de physique: la propagation thermique dans les solides* [1928]<sup>253</sup> :

[...] Prendendo come punto di partenza [*base d'élan*] una formula mutilata, come potrebbe l'**induzione** suggerirci l'introduzione del termine omissso e **guidarci** nella sua **costruzione**? A pensarci bene, è strano che, partendo dal risultato finale di un calcolo che riassume solo un caso particolare, ci si riconosca il diritto di riconquistare la generalità che non si era accettata nell'ipotesi. Sembra che manchi così una regola essenziale che vieta nella conclusione di andare oltre il grado di generalità che si è iscritto nelle premesse. Finché si resta nel puro calcolo, si è nel campo della deduzione, quindi si devono osservare le regole e, di conseguenza, ci si deve vietare di modificare le premesse ricevute. Certo, la fisica matematica comporta, come ogni dottrina matematica, degli arricchimenti successivi che apportano gli elementi necessari al ragionamento costruttivo nel senso in cui l'intende Goblot.

G. Bachelard, *Le pluralisme cohérent de la chimie moderne* [1932]<sup>254</sup> :

[...] Le sostanze chimiche appaiono allora come esempi di leggi piuttosto che come esempi di cose. Lo studio di una particolare sostanza si limiterà pertanto alle ragioni di un'induzione molto speciale, audace tra tutte, poiché questa **induzione** è un'estrapolazione sistematica delle qualità sostanziali.

[...] Si cerca di trovare le coordinazioni fenomeniche dei fenomeni e si finisce per rendersi conto che queste coordinazioni si eliminano estendendosi, si arricchiscono generalizzandosi, *diventano più rigorose diventando più induttive*, in breve, l'irrazionalità regredisce nella proporzione in cui aumenta l'*estensione* della nostra esperienza.

[...] Da ogni parte si vedeva dunque l'esperienza rifiutare l'analisi. Sembrava che ci fosse posto solo per una scienza descrittiva. Non si presentava una chiara **induzione** per passare da un corpo all'altro e per fondare una legge generale che collegasse, in una stessa teoria, i fenomeni della dispersione.

[...] Ci sembra in primo luogo che si potrebbe, per certi versi, considerare il ragionamento sperimentale, che si conferma per mezzo di un'armonia, come un'estensione del **ragionamento induttivo**. Si tratta infatti di un'**induzione** che *attraversa le classi*, che postula da una qualità ad un'altra qualità, che confida in un'omografia delle sostanze. Diversi elementi, integrati in una serie, ricevono da questa serie il riflesso di un'unità ideale. Come giustamente afferma Lalande, proprio a proposito della classificazione di Mendeleeff «la serialità può essere considerata come un caso particolare della continuità». Sembra infatti che la continuità di un ordine trascenda la discontinuità dei fatti, al punto che si potrebbe parlare della continuità di un discontinuo ben ordinato. Qui, come in matematica, la legge della serie prevale sulla struttura degli elementi, o almeno si considera dalla struttura degli elementi solo ciò che illumina la costruzione di una legge generale che facilita le **induzioni più audaci**. **Si può dire veramente che il pensiero induttivo passa dal fenomeno al noumeno; in altre parole, si ha l'impressione di aver trovato la ragione dell'induzione**. Ne risulta, come abbiamo dimostrato, una sorprendente mobilità del *valore esemplare*: si dispone di tanti esempi, che qualsiasi esempio ha un valore generale. Pertanto, l'esempio non è più un semplice richiamo, ma una spiegazione. Così, un corpo di chimica organica spesso non avrà altro interesse che dare l'esempio di una funzione. Realizza per un istante una teoria. Illustra un'armonia.

Il **valore induttivo di un pensiero** armonico è peraltro molto flessibile; esso si traduce nei gradi differenti della necessità. Si potrebbe infatti ravvicinare la ricerca di un pensiero armonico ad un **principio di costruzione sufficiente**.

[...] Quando si considera questa messa in ordine, sia attiva, sia naturale, si ha l'impressione di percorrere una totalità ben definita, un sistema di sostanze ben completo, ovviamente chiuso su se stesso. Così come è stata definita **un'induzione completa, si potrebbe parlare qui di una costruzione completa**. Un pluralismo a 2, 3, 4, 5 o 7 termini potrebbe senza dubbio coordinarsi in un pitagorismo tutto in deduzioni, mentre un pluralismo a 92 termini può costituirsi in sistema solo con un pensiero costruttivo. Questa costruzione deve dare prova del suo completamento [...]. Liebig non aveva paura di modificare la legge positivista dei tre stati per iscrivere come ideale scientifico quello che si potrebbe chiamare lo stato matematico. «Le scienze **induttive**, diceva, iniziano con la materia; poi arrivano le idee giuste, e infine, la matematica... che completano l'opera. » Si tratta infatti, con la matematica, di sostituire le idee giuste con le idee feconde, di sostituire alle idee che riassumono, le idee che inventano. È con la matematica che si può veramente esplorare il reale fino al fondo delle sue sostanze e in tutta la sua diversità. Nella scienza contemporanea si delinea il panorama matematico della materia.

<sup>253</sup> G. Bachelard, *Étude sur l'évolution d'un problème de physique: la propagation thermique dans les solides* [1928], Vrin, Paris, 1973<sup>2</sup>, p.87. E ancora: «[...] Di solito si crede sempre di fondare il problema differenziale completo su un esperimento più o meno rettificato; qui si tratta piuttosto, per raggiungere la posizione differenziale definitiva del fenomeno, di procedere ad un'**induzione interamente teorica, di ordine in qualche modo algebrico**. Lamé si esprime così: «All'inizio, all'epoca dei tentativi e delle prove, la parte differenziale, basandosi su una o più leggi, preconcelte, cede rapidamente il posto alla parte integrale, per ottenere, con le integrazioni più semplici, dei numeri il cui confronto con i risultati forniti dall'esperimento, o dall'osservazione, permette di pronunciarsi sul valore dell'idea primitiva. Dopo un numero sufficiente di prove simili, le equazioni alle differenze parziali, successivamente modificate, indicano una forma definitiva verso la quale convergono. Contemporaneamente, i processi della loro integrazione si sono estesi e generalizzati in modo da indicare anche una convergenza verso un andamento uniforme». Questa doppia convergenza è quindi la base di una doppia induzione che spinge la teoria e che ci consente infine di stabilire l'andamento differenziale del problema preso nella sua massima generalità" (ivi, p.108).

<sup>254</sup> G. Bachelard, *Le pluralisme cohérent de la chimie moderne* [1932], Vrin, Paris 1973<sup>2</sup>, pp.23; 26; 199-200; 227-228; 230-231.

G. Bachelard, *Les intuitions atomistiques. Essai de classification* [1933]<sup>255</sup>:

Ma come limitare l'esperienza ad un semplice ruolo di occasionalismo metafisico? Fatalmente le intuizioni sensibili dovevano propagare la loro influenza passo dopo passo nell'intera filosofia della materia. Un viale **induttivo** [*avenue inductive*] continuava la via stretta della deduzione logica.

G. Bachelard, *Il nuovo spirito scientifico* [1934]<sup>256</sup>:

La geometria non-euclidea non è fatta per contraddire la geometria di Euclide; ma costituisce piuttosto una specie di fattore aggiunto che permette la totalizzazione, il completamento del pensiero geometrico, l'assorbimento in una pangeometria [...]. In tutto il corso della nostra ricerca, troveremo gli stessi caratteri di estensione, di inferenza, di **induzione**, di generalizzazione, di complemento, di sintesi, di totalità. Altrettanti sostituti dell'idea di novità. Questa novità è profonda, poiché non si tratta della novità di una scoperta, ma della novità di un metodo [...].

Non esiste quindi transizione fra il sistema di Newton e quello di Einstein. Non è possibile passare dal primo al secondo, accumulando cognizioni, raddoppiando l'accuratezza delle misure, rettificando leggermente certi principi. Occorre invece uno sforzo di novità totale. Procedendo dal pensiero classico al pensiero relativista si segue perciò un'**induzione trascendente**, non un'**induzione amplificante**. Naturalmente, dopo questa induzione si può, per riduzione, ottenere la scienza newtoniana. L'astronomia di Newton è pertanto, in ultima analisi, un caso particolare della panastronomia di Einstein, come la geometria di Euclide è un caso particolare della geometria di Lobatchewsky [...].

Quando si vorrà misurare il valore epistemologico di un'idea fondamentale, sarà bene volgersi sempre dal lato dell'**induzione** e della sintesi. Si vedrà allora l'importanza del movimento dialettico, che fa trovare variazioni sotto l'identico e illumina veramente il pensiero primitivo completandolo [...].

[B]enché sia vero che storicamente lo spettro dell'idrogeno è stato la prima guida della spettroscopia, è pur vero che esso è ormai ben lontano dal fornire la migliore base di lancio per l'**induzione**. In verità, s'**induce** la teoria degli spettri alcalini procedendo dallo spettro dell'idrogeno. I fenomeni dell'idrogeno dovrebbero dunque *essere indotti*, poi, fondandosi sui fenomeni alcalini. Ma si continua a fare **induzioni**, s'**induce** sempre, e si finisce con lo scoprire una nuova struttura nei fenomeni iniziali, o per meglio dire, si arriva a *produrre* la nuova struttura con potenti mezzi artificiali.

G. Bachelard, *L'esperienza dello spazio nella fisica contemporanea* [1937]<sup>257</sup>:

In particolare, una "rivoluzione copernicana" dell'astrazione deve essere tentata. In quanto lo spirito non trae più l'astratto dal concreto, in quanto lo spirito è, al contrario, abilitato a formare direttamente l'astratto, esso è del tutto naturalmente portato a proporre questo astratto razionale all'esperienza, in breve, a *produrre* l'esperienza su nuovi temi astratti. Questa *produzione* supera, singolarmente, in portata l'**induzione più o meno amplificante**. Essa rovescia davvero l'asse della conoscenza empirica. Porta a sostituire alla fenomenologia unicamente descrittiva una fenomenotecnica che deve ricostituire di tutto punto i suoi fenomeni sul piano ritrovato dallo spirito scacciando i disturbi, le perturbazioni, i miscugli, le impurità, che abbondano nei fenomeni bruti e disordinati.

G. Bachelard, *La formazione dello spirito scientifico* [1938]<sup>258</sup>:

L'utilità fornisce a sua volta un genere d'**induzione** molto speciale che si potrebbe chiamare l'[**induzione**]\* **utilitaria** e conduce a delle generalizzazioni esagerate. Si possono prendere allora le mosse da un fatto verificato, e lo si può persino estendere in maniera felice, ma la spinta utilitaria porterà quasi infallibilmente troppo lontano. Ogni forma di pragmatismo, per il solo fatto di essere un pensiero mutilato, è portata fatalmente a esagerare. L'uomo non è capace di limitare l'utile. E per sua natura l'utile si capitalizza in modo smisurato. Ecco ora un esempio in cui l'**induzione** utilitaristica viene fatta giocare in modo infelice [...]. Basta ricoprire di vernice una crisalide perché il suo sviluppo ne venga rallentato o bloccato. Con un'[**induzione**]\* ardita, Réaumur pensa che anche le uova siano una «specie di crisalide». Propone quindi di guarnire le uova che si vogliono conservare con sego o con vernice. Ai giorni nostri, ovviamente, tutte le massaie impiegano questo procedimento fondato su una dubbia generalizzazione. Ma l'[**induzione**]\* utilitaristica si fermerà a questo punto? Si limiterà a questi primi successi? [...].

Una volta che a una sostanza viene attribuita una potenza segreta, si può esser certi che l'[**induzione**]\* valorizzante non avrà più limiti<sup>259</sup>.

<sup>255</sup> G. Bachelard, *Les intuitions atomistiques. Essai de classification* [1933]<sup>255</sup>, Boivin, Paris 1933; (réédité chez Vrin, Paris, 1975<sup>2</sup>), pp.44.

<sup>256</sup> G. Bachelard, *Il nuovo spirito scientifico* [1934], a cura di A. Alison, cit., pp.37; 61-62;130;136.

<sup>257</sup> G. Bachelard, *L'esperienza dello spazio nella fisica contemporanea* [1937], a c.d. M.R. Abramo, A. Siciliano, Messina 2002, p.81.

<sup>258</sup> G. Bachelard, *La formazione dello spirito scientifico*, cit., p.148.

<sup>259</sup> L'asterisco ("\*") per indicare che poiché nella traduzione italiana c'è scritto «intuizione» laddove nel testo francese si legge «induzione» (G. Bachelard, *La formazione dello spirito scientifico. Contributo a una psicoanalisi della conoscenza oggettiva*, cit., pp.107-108; 143), si fa riferimento (quanto ai termini contrassegnati da asterisco\*) alla versione francese G. Bachelard, *La formation de l'esprit scientifique: contribution à une psychanalyse de la connaissance objective* [1938], Vrin, Paris 1986<sup>13</sup>: "L'utilité donne elle-même une sorte d'induction très spéciale qu'on pourrait appeler l'**induction** utilitaire. Elle conduit à des généralisations exagérées. On peut partir alors d'un fait avéré, on peut même en trouver une extension heureuse. Mais la poussée utilitaire conduira presque infailliblement trop loin. Tout pragmatisme, par le seul fait qu'il est une pensée mutilée, s'exagère fatalement. L'homme ne sait pas limiter l'utile. L'utile, par sa valorisation, se capitalise sans mesure. Voici un exemple où l'induction utilitaire joue malheureusement [...]. Il suffit de recouvrir une chrysalide de vernis pour que le développement en soit ralenti ou arrêté. Or les oeufs, pense Réaumur par une **induction** hardie, sont des «espèces de chrysalides». Il propose donc de garnir de suif ou de vernis les oeufs à conserver. Toutes les

[L]'**induzione sostanzialista** ha preceduto e non seguito gli esperimenti particolari. Tale induzione è infatti fondata sulla spiegazione assolutamente sostanziale dei *succhi* che possono «portare la loro freschezza nel sangue».

G. Bachelard, *La psicoanalisi del fuoco* [1938]<sup>260</sup>:

In verità il fuoco fu scoperto in noi prima di essere strappato dal Cielo [...].  
È l'esperienza del fuoco d'amore il fondamento dell'**induzione oggettiva**.

G. Bachelard, *Lautréamont* [1939]<sup>261</sup>:

ménagères emploi de nos jours ce bon procédé fondé sur une généralisation douteuse. Mais l'**induction** utilitaire va-t-elle s'arrêter là ? va-t-elle se borner à ce premier succès? [...]. Une fois qu'on attribue une puissance secrète à une substance, on peut être sûr que l'**induction** valorisante ne connaîtra plus de bornes" (ivi, pp.91-92; 121).

<sup>260</sup>G. Bachelard, *La psychanalyse du feu* [1938], Gallimard, Paris 1949 [già in "Nouvelle Revue Française", 26, Paris 1938]; tr. di G. Silvestri, *L'intuizione dell'istante/La psicoanalisi del fuoco*, Dedalo, Bari 1993<sup>4</sup>, pp.123-236; 156; 157.

Scrivendo Bachelard qui riferendosi a *La formazione dello spirito scientifico*: "La pedagogia dello spirito scientifico trarrebbe vantaggio se rendesse esplicite le seduzioni che falsano le induzioni"(ivi, p.129). Parla, inoltre, di «autoinduzione [self-induction]» (ivi, p.152).

<sup>261</sup>G. Bachelard, *Lautréamont* [1939], tr.di F. Fimiani, Jaca Book, Milano 2009, pp.71;70. Come scrive Bachelard, "all'inizio dell'era relativista, per provare la solidità delle nuove dottrine, parlando dei cinquanta matematici riuniti intorno a Einstein, Painlevé diceva agli inesperti: «Guardate, si vede che si capiscono». Bisogna dire lo stesso a quelli che si spaventano delle libertà dei surrealisti: «Guardate, si vede che capiscono Lautréamont»" (ivi, p.65).

"Siamo di fronte a una «poesia proiettiva»" – rileva Renato Boccali – "che può essere compresa solo se paragonata alla geometria proiettiva [...]. La poesia proiettiva di Lautréamont induce allora nel lettore «un ritmo nervoso, ben differente dal ritmo linguistico. Bisogna leggerli [*I canti di Maldoror*] come una lezione di vita nervosa, come una lezione di voler-vivere originale» [...] che permette di fondare l'atto di trasgressione e il capovolgimento radicale della morale [...], con una trasvalutazione di tutti i valori [...]. La morale ha origine nel fisico, nella carne e nel sangue [...]. Per lo stesso principio anche le immagini prendono vita dal corpo; è da qui che si genera la dinamo primitiva che crea schemi di movimento tradotti in immagini motrici. Non si tratta di immagini visuali, inerti e mimetiche rispetto alla realtà, ma di immagini corporee e cinetiche, in cui è attiva la forza biologica, l'eccitazione muscolare che permette loro di trasformarsi in azioni [...]. Le forme animali non sono allora riprodotte ma direttamente prodotte. «Sono indotte dalle azioni. Un'azione crea la sua forma [...]. È dal di dentro che l'animalità è colta nel suo gesto atroce, irrettificabile, scaturito da una volontà pura». Nello sviluppo dell'azione, nell'atto vigoroso, nella frenesia del movimento l'animale prende forma, poiché «È l'eccesso del voler-vivere che deforma gli esseri e determina le metamorfosi» [...]. Le metafore hanno dunque una base vitale [...], indicano delle vere e proprie linee di forza dell'immaginazione, giacché le diverse metamorfosi mostrano la materia vivente in continuo divenire, il movimento della vita e il carattere biologico dell'immaginazione, da cui consegue la necessità stessa, vitale, della poesia, «lo sforzo estetico della vita» [...]. Proprio grazie alle immagini deformate e trasformate in metafore, Lautréamont realizza una vera e propria liberazione dello psichismo primitivo attraverso una poesia altrettanto primitiva e pura, cioè in grado di esprimere la mobilità delle immagini, il loro dinamismo, ma anche il loro antirealismo. L'immaginazione deforma le immagini, imprimendo loro un movimento e una forza di trasformazione tale da farle accedere a una nuova forma, profondamente antimimetica. Contro la funzione del reale, la poesia ducassiana afferma la «funzione realizzante», che realizza, appunto, la realtà psichica" (R. Boccali, *Collezioni figurali. La dialettica delle immagini in Gaston Bachelard*, Mimesis, Milano - Udine 2017, pp.74-75; 78;79; 80; 81).

Cfr. F. Bonicalzi, *Bachelard lettore di Lautréamont*, introduzione all'ed. it., in G. Bachelard, *Lautréamont*, cit., pp.7-11. Come Bonicalzi osserva, "il testo esce nel 1939, negli anni in cui Bachelard – dopo la pubblicazione di significative opere epistemologiche – sente l'urgenza nata dall'interno della riflessione sulla pratica scientifica, di interrogarsi sul ruolo dell'immaginazione nel funzionamento della ragione e della sua creatività teorica e poetica [...]. Il *Lautréamont*, pur lasciandosi allineare ai testi della *rêverie*, in quanto testimonia l'urgenza di impegnarsi con l'immaginazione, è, nella produzione bachelardiana, un' *apax*, se così possiamo dire, rispetto al contenuto, ma ciò non permette di isolarlo: esprime tutto il movimento della ragione che Bachelard mette in campo e offre le risorse di pensiero che consentono di produrre un'esperienza di lettura che attraversa e penetra il testo affondando in ciò che lo genera, ripercorrendo il movimento del suo prodursi [...]. All'animalizzazione cui Maldoror si consegna, Bachelard non contrappone la ragione: riconosce il dramma culturale di una conflittualità insanabile tra vita e pensiero. È un dramma che Lautréamont radicalizza nel grido di rimprovero a Dio colpevole di aver creato la vita, invece di creare direttamente il pensiero e, ribelle al Dio creatore della vita, si prostra in adorazione del Dio onnipotente creatore del pensiero matematico. Bachelard riconosce il dolore di tale ferita, ma annuncia il percorso di una dialettizzazione che reintegra l'umano [...]. L'asse del *lautréamontismo* disegna la linea di forza che rappresenta la tensione estetica della vita [...], mentre il *non-lautréamontismo* spalanca un essere umano che è tale nell'incessante «trasformazione di sé nella direzione dei valori intellettuali», trasformazione che insiste in una divisione interna, percorso tracciato dal pensiero ma guidato dall'immaginazione che – restituita alla funzione di rischio, di prova, d'imprudenza e di creazione – assolve a quella funzione di irrealtà che non è fuoriuscita dalla vita, ma sua penetrazione, percorso in profondità che riattraversa la vita dal suo interno. [La] prospettiva di *non-lautréamontismo* (con un significato pari a quello delle geometrie non-euclidee, secondo le linee della «filosofia del non») [...] riorganizza [il *non detto* del testo ducassiano] nella prospettiva di una generalizzazione che produce superamento e inclusione perché permette di dare vita a dialettiche più profonde e più feconde" (ivi, pp.7-8; 10).

Inoltre cfr.: il numero monografico de "L'Arc": *Pour le centenaire de Maldoror*, n. 33, Aix-en-Provence, 4° trimestre 1967; F. Botturi, *L'immaginario nel pensiero di Gaston Bachelard*, in "Annali Scuola Superiore delle Comunicazioni Sociali", 5, La Scuola, Brescia 1971, pp.19-61; F. Bonicalzi, *L'immagine poetica e l'uomo felice. Sull'immaginazione materiale in Gaston Bachelard*, "Bollettino Filosofico", XXII (2006), Aracne, Roma 2007, pp.242-250; Id., *Leggere Bachelard. Le ragioni del sapere*, Jaca Book, Milano 2007; J.-J. Wunenburger, *L'immaginario* [2003], tr. di V. Chiore, Il Melangolo, Genova 2008; Id., *Immaginario e razionalità: una teoria della creatività generale*, tr. di G. Tallarico, "Bollettino Filosofico",

Bisogna, in effetti, passare dal regno dell'immagine a quello dell'azione. La poesia della collera si oppone allora a quella della seduzione. La frase deve diventare uno schema di impulsi collerici [...]. Come dire che l'esplosione non è sillabica, ma semantica [...]. Il *verbo frangente* di Lautréamont e dei buoni surrealisti è, dunque, fatto meno per essere *inteso* nei suoi scatti che per essere *voluto* nelle sue brusche decisioni, nella sua gioia di decidere. Non si può afferrare il suo significato energetico con la dizione; bisogna accettare un' **induzione attiva**, nervosa [...].

Riassumendo: una cultura matematica personale, una poesia sicura di sé, un verbo dalle sonorità esatte, una potenza d' **induzione poetica** testimoniata dalla lunga influenza dell'opera; non sono queste un insieme di prove che possono testimoniare dell'integrità di uno spirito?

G. Bachelard, *Univers et réalité* [1939]<sup>262</sup> :

In realtà, penso soltanto quando *adatto*. Non concepisco quasi mai un pensiero senza una certa enoftalmia, senza un ingrandimento del cristallino e, quando smetto di adattare, di riguardare al *punctum proximum*, ho l'impressione di percorrere la traiettoria delle evasioni, che la mia mente se ne vada, dolcemente, in vacanza e che a poco a poco la *rêverie* - questa antitesi della meditazione - riprenda i suoi diritti. Da quel momento in poi, nel mio caso personale, di cui confesso il carattere anormale *l'idea dell'Universo si presenta come un'antitesi dell'idea dell'oggetto*. Essa è per me simultanea a un allentamento dell'oggettivazione. Più il mio atteggiamento nei confronti dell'oggettività si indebolisce, più grande è il mondo. L'Universo è l'infinito della mia disattenzione. Dove posso trovare, allora, i caratteri primari della mia idea dell'Universo?

Non può essere che nel momento in cui la mia idea di oggetto si disorganizza, l'oggetto si deforma, si diluisce, si dissolve. Essa, dal mio punto di vista, *realizza una perdita di struttura*. Un'osservazione sulla *realtà* diventa un'induzione sull'Universo nella misura in cui realizza un punto di vista particolare, si ipnotizza su un fenomeno particolare. Deformalizzare è ipnotizzarsi [...]. Nelle tesi relativiste, l' **induzione matematica** che consiste nel passare da una *deformazione locale* dello spazio a una *chiusura totale dello spazio* mi sembra parimenti una dotta semplificazione. Chiudendosi, lo spazio si semplifica poiché si riassume in una formula [...]. È del resto impressionante che questa struttura totale porti il nome del suo inventore. Si parla dell'Universo di Einstein, di De Sitter, di Eddington. L'Universo è allora un brevetto da ingegnere. A questo riguardo, la relatività generale mi sembra una sorta di piano quinquennale dell'astronomia. Mi sembra affetta da quel bisogno di «vedere grande» che è la caratteristica della nostra epoca. Tuttavia, ripeto, si tratta a questo punto di un'impressione personale e può essere dovuta al fatto che smetto di comprendere bene le dottrine della relatività generale quando pretendono di passare dal fenomeno meccanico preciso a una sorta di *fenomeno mondiale* o, per essere più precisi, quando inducono a passare da una «linea dell'Universo», giusta totalizzazione dello spazio e del tempo, a un *volume globale* dell'Universo.

G. Bachelard, *La filosofia del non* [1940]<sup>263</sup>:

Il razionalismo appare dunque come una filosofia di sintesi. Riesce per mezzo di un'inchiesta **induttiva** [...]. Siamo [...] ben lontani dall'ideale analitico che è sicuro della sua conoscenza soltanto dopo una analisi esaustiva, intima, statica, unica. La definizione della sostanza è ottenuta con una sorta di **induzione** che raggruppa delle sintesi multiple. La *filosofia del non* non è una volontà di *negazione* [...]. Solo in ben definiti punti di articolazione fa nascere il movimento induttivo che la caratterizza e che determina una riorganizzazione del sapere su base più larga [...]. [Per] Poincaré, si tratta di dire la stessa cosa in altro modo; per Destouches, si tratta di dire altra cosa nello stesso modo. Dall'uno all'altro si passa dalla *filosofia del come se* alla *filosofia del non*, si passa da una epistemologia deduttiva e analitica ad una epistemologia **induttiva** e sintetica.

G. Bachelard, *Una psicologia del linguaggio letterario di Jean Paulhan* [1942/43]<sup>264</sup>:

Sono rari i critici che si misurano con uno stile nuovo sottomettendosi alla sua *induzione*. Immagino infatti che fra autore e lettore dovrebbe intercorrere un' *induzione verbale* con non pochi caratteri in comune con la **induzione elettromagnetica** fra due circuiti. Un libro sarebbe allora un apparecchio d'induzione psichica che dovrebbe provocare nel lettore delle tentazioni d'espressione originale.

G. Bachelard, *Immaginazione e mobilità* (introduzione a *L'air et les songes*) [1943]<sup>265</sup>:

---

XXII (2006), cit., pp.17-29.

<sup>262</sup> G. Bachelard, *Univers et réalité* [1939], "Travaux du 2<sup>e</sup> Congrès des Sociétés des Philosophie française et de Langue française", Lyon 13-15 avril 1939, Neveu, Paris 1939, pp.63-67; rist.in *L'engagement rationaliste*, cit., pp.103-108; tr. di E.Sergio, a cura di F.Bonicalzi, cit., pp.115-120; 115-116; 117; tr.di M. Chiappini, in G. Sertoli (a cura di), *La ragione scientifica*, cit., pp.505-510; 505-507. "Si dice che la sfera è la forma più bella; ma è anche la più povera" (ivi, p.506).

<sup>263</sup> G. Bachelard, *La filosofia del non* [1940], trad. it. di A. Vio, Pellicano Libri, Catania 1978, pp.55;78;129;135 (ed.a cura di G. Quarta, Armando, Roma 1998, pp.77;95;143;148)

<sup>264</sup> G. Bachelard, *Une psychologie du langage littéraire: Jean Paulhan*. Compte-rendu de: J. Paulhan, *Les Fleurs de Tarbes ou La Terreur dans les Lettres*, Gallimard, Paris 1941, "Revue Philosophique de la France et de l'Étranger", 132, janvier-juin 1942-43, 67<sup>e</sup>-68<sup>e</sup> années, pp.151-156; rist. in *Le droit de rêver*, cit., pp.176-185; tr. di M. Bianchi, cit., pp.153-160; 157-158.

<sup>265</sup> G. Bachelard, *Immaginazione e mobilità*. *Introduction à L'air et les songes. Essai sur l'imagination du mouvement* [1943], J.Corti, Paris 1987<sup>16</sup>; con il titolo di: *Psicanalisi dell'aria. Sognare di volare. L'ascesa e la caduta*, tr. di M. Cohen Hemsì, Red, Como 1988 (dalla traduzione sono state omesse: l'Introduzione e la Conclusione); l'introduzione *Immaginazione e mobilità* si trova tradotta in parte (paragrafi I e II) in F. Conte (a cura di), *Il mondo come capriccio e miniatura*, C. Gallone Ed., Milano 1997, pp.43-50; 46;47.

Nella traduzione italiana *Psicanalisi dell'aria. Sognare di volare. L'ascesa e la caduta*, tr. di M. Cohen Hemsì, Red, Como 1988 troviamo, inoltre, le seguenti corrispondenze (dove, com'è evidente, quest'altra specie di *valore induttivo da rêverie* si perde nella resa in italiano):

Percepire e immaginare sono tanto antitetici come la presenza e l' assenza. Immaginare è assentarsi, è lanciarsi verso una vita nuova. Spesso questa assenza è priva di legge, ed è uno slancio senza perseveranza. La *rêverie* si accontenta di trasportarci altrove senza che possiamo veramente vivere tutte le immagini del percorso. Il sognatore se ne va alla deriva. Un vero poeta non si soddisfa con questa immaginazione evasiva. Egli vuole che l'immaginazione sia un *viaggio*. Ogni poeta ci parla dunque del suo *invito al viaggio*. Con esso il nostro intimo essere riceve una dolce spinta, una spinta che ci scuote e muove in noi la *rêverie* salutare, la *rêverie* davvero dinamica. Se l'immagine iniziale è ben scelta, essa si rivela come un impulso verso un sogno poetico definito, una vita immaginaria dotata delle autentiche leggi delle immagini in successione, un vero senso vitale. Le immagini messe in serie dall'*invito al viaggio* assumono nel loro ordine ben scelto una vivacità speciale che ci permetterà di designare un *movimento dell'immaginazione*. Questo movimento non sarà una semplice metafora. Lo proveremo effettivamente in noi stessi, nella maggior parte dei casi come alleggerimento, come disinvoltura a immaginare immagini unite, come ardore a inseguire il sogno incantatore. Un bel poema o è oppio o è alcool. È un alimento nervino. Deve produrre in noi un' **induzione dinamica**.

G. Bachelard, *Immaginazione e mobilità* (introduzione a *L'air et les songes*) [1943]<sup>266</sup>:

Per comprendere appieno le varie sfumature di questa sublimazione attiva e in particolare la differenza radicale tra sublimazione cinematica e sublimazione veramente dinamica, bisogna rendersi conto che il movimento offerto dalla vista non è *dinamizzato*. Il mobilismo visivo rimane puramente cinematografico. La vista segue troppo gratuitamente il movimento per insegnarci a viverlo integralmente, interiormente. I giochi dell'immaginazione formale, le intuizioni che completano le immagini visive, ci indicano il lato opposto della partecipazione sostanziale. Solo una simpatia per una materia può determinare una partecipazione realmente attiva che si potrebbe chiamare volentieri un' **induzione** se la parola non fosse già stata presa dalla psicologia del ragionamento [...]. Solo questa **induzione materiale e dinamica**, questa «duzione» dall'intimità del reale, può sollevare il nostro essere intimo. Lo impareremo stabilendo tra le cose e noi stessi una corrispondenza di materialità. A tal fine sarà necessario penetrare in questa regione che Raoul Ubac chiama molto bene il *controsazio*.

G. Bachelard, *Psicanalisi dell'aria* [1943]<sup>267</sup>:

La freccia che vola è, a partire da quel momento, la *parola induttrice*, l'immagine primaria che provoca immagini secondarie.

G. Bachelard, *La dialettica dinamica de la rêverie mallarméenne* [1944]<sup>268</sup>:

Il faut ensuite accepter le mouvement de notre lourdeur, puis travailler à notre destin de pesanteur terrestre en creusant à pleine bouche l'abîme souterrain de nos rêves. C'est après cette longue et lente chute, cette chute prolixe, minutieuse, savamment totale, qu'on sentira l'**induction du mouvement inverse**. Alors l'ennui s'élève, l'ennui nous élève.

- 
- «image **inductrice**» (p.72) → «*immagine-stimolo*» (p.52);
  - «**induction directe**» (p.115) → «stimolo diretto» (p.99);
  - «*images inductrices*» (pp. 136; 137) → «*immagini-stimolo*» (pp.121; 123);
  - «**induction du mouvement imaginaire**» (p.140) → «stimolo del movimento immaginario» (p.126);
  - vie inductive, [...] vie induite (p.145) →
  - «Ce n'est pas là l'**induction** d'une douce envolée» (p.179) → «Non si tratta di un avvio a un dolce volo» (p.163);
  - «**induction dynamique réciproque**» (p.179) → «stimolo dinamico reciproco» (p.163);
  - «**induction imaginaire**» (p.209) → «stimolo immaginario» (p.196);
  - «**induction purement dynamique de la constellation**» (p.209) → «stimolo dinamico della costellazione» (p.196);
  - «Au début du rêve les nuages, à la fin les poissons et les oiseaux, sont des **inducteurs** de mouvement» (p.217) → «All'inizio del sogno le nuvole, e poi i pesci e gli uccelli, diventano stimoli di un movimento» (p.204);
  - «au monde végétal s'attache un monde de rêveries si caractéristiques qu'on pourrait désigner bien des végétaux comme des **inducteurs** de rêverie particulière» (p.231) → «al mondo vegetale è legato un mondo della *rêverie* così particolare da poter considerare moltissimi vegetali come stimolatori di rêveries particolari» (p.219);
  - «nous allons étudier, avec la dynamique de l'arbre, une des **inductions** les plus lentes, les plus fraternelles, celle du rêveur doucement adossé contre l'arbre» (p.236) → «approfondiremo perciò, insieme con la dinamica dell'albero, uno degli stimoli più lenti, più fraterni, quello cioè di un sognatore addossato a un albero» (p.223);
  - «Faute d'avoir reçu cette **induction**, le lecteur ne peut vraiment lier les images» (p.237) → «Se il lettore non riceve questo stimolo, non è in grado di collegare le immagini» (p.225).

<sup>266</sup> G. Bachelard, *Imagination et mobilité*, cit., p.16 [tr.ns.]

<sup>267</sup> G. Bachelard, *Psicanalisi dell'aria. Sognare di volare. L'ascesa e la caduta*, cit., p.52 («Cette flèche qui vole est, dès lors, le mot inducteur, l'image première productrice d'images secondaires», in *L'air et les songes. Essai sur l'imagination du mouvement*, cit., p.72).

<sup>268</sup> Citazione in francese perché **in entrambe le traduzioni italiane pubblicate si è persa la parola «induzione»**. G. Bachelard, *La dialettica dinamica de la rêverie mallarméenne* [1944], «Le Point», Souillac, 8, XXIX-XXX, février-avril 1944, pp.40-44; rist. in *Le droit de rêver*, cit., pp.157-162; tr. di M. Bianchi, in *Il diritto di sognare*, cit., pp.137-141; 138 (dove l'espressione «**induction du mouvement inverse**» è stata resa con «**impulso al movimento contrario**»: «In seguito, si accetti il movimento della pesantezza per lavorare poi al destino dell'attrazione terrestre onde si perfora con la bocca l'abisso sotterraneo dei sogni. Soltanto dopo questa lunga lenta caduta, dopo questa caduta prolissa e minuziosa, sapientemente totale, si avvertirà l'**impulso al movimento contrario**. Ed ecco sorgere la noia, elevarsi!); in F. Conte (a cura di), *Il mondo come capriccio e miniatura*, cit., pp.95-100; 97 (dove l'espressione «**induction du mouvement inverse**» è stata resa con «**la spinta del movimento inverso**»).



G. Bachelard, *La terra e le forze. Le immagini della volontà* [1947]<sup>269</sup>:

Prendiamo ora le immagini dalla natura tranquilla e studiamo le impressioni dinamiche che ci danno la collina e la montagna, nelle loro prime sollecitazioni e poi nella loro **forza di induzione**.

Sembra infatti che, al di là della partecipazione alle immagini della forma e dello splendore, ci sia, per l'uomo sognatore, una partecipazione dinamica [...]. La montagna sollecita l'inconscio dell'uomo con delle forze di sollevamento. Immobile di fronte al monte, il sognatore è già sottomesso al movimento verticale delle vette. Forse viene trasportato, dal profondo del suo essere, con uno slancio, verso le cime, e allora partecipa alla vita aerea della montagna. Ma può anche vivere una sensazione tutta terrestre di schiacciamento [...]. Rivolgiamoci dunque ai poeti per scoprire l'inconscio della montagna, per ricevere gli insegnamenti più disparati della verticalità. Le impressioni di **verticalità indotta** vanno dalle più lievi sollecitazioni alle sfide più orgogliose e insensate. Diamo però, anzitutto, un esempio delle **induzioni verticali** più dolci, più sottilmente sollecitate, assistendo a un'unione di cielo e terra sotto suggerimento di una collina.

G. Bachelard, *La terra e il riposo. Un viaggio tra le immagini dell'intimità* [1948]<sup>270</sup>:

La parola 'radice' [...] è una **parola induttiva**, che fa sognare e che sogna in noi. Pronunciatela dolcemente, per un motivo qualsiasi, essa farà *calare* il sognatore nel suo passato più profondo, nell'inconscio più remoto, addirittura al di là di tutto ciò che fu la sua persona. La parola 'radice' ci aiuta ad andare alla radice di tutte le parole, al bisogno radicale di esprimere le immagini [...]. Crediamo che ci siano degli oggetti [...] che ci servono per integrare le immagini. Ai nostri occhi, l'albero è un **oggetto integrante** [...]. Quando riusciamo a dare allo psichismo aereo dell'albero la preoccupazione complementare delle radici, una vita nuova anima il sognatore [...]. Una delle più grandi verticali della vita immaginaria dell'uomo riceve tutta la portata del suo **dinamismo induttore**.

G. Bachelard, *Il razionalismo applicato* [1949]<sup>271</sup>:

Il fascino per una teoria è funzione del suo potere d'**induzione**. Si può oggettivamente attribuire ad una organizzazione logica di idee, un valore di bellezza, e quindi una notevole attitudine pedagogica [...].

Per formulare il cogito fondamentale del soggetto razionalista, occorre [...] isolare, nelle formule d'interpsicologia, quelle che corrispondono a un'**induzione sicura** [...]. [Il] cogito da **induzione reciproca obbligatoria** [si] forma prima dell'accordo dell'io e del tu, perché appare, nella sua prima forma, nel soggetto solitario come una certezza d'accordo con l'«altro» razionale [...].

[Se] la psicanalisi classica elimina gli arresti di sviluppo psichico, non suggerisce, per questo solo fatto, dei motivi di sviluppo [...]. Eliminare un cattivo passato non dà automaticamente un buon avvenire [...], si vede dunque la necessità di unire alla funzione del controllo di sé la funzione di incoraggiamento di sé stesso che ha bisogno della costituzione di un super-io della simpatia intellettuale. Fiducia e controllo si sviluppano in modo ritmanalitico: dal momento che la fiducia tende all'**induzione**, il controllo alla riduzione [...].

Il razionalismo è una filosofia che lavora, una filosofia che vuole espandersi, che vuole moltiplicare le sue applicazioni. Si considera troppo spesso la filosofia razionalista come una filosofia che *riassume*, come una filosofia che *riduce* la ricchezza del diverso alla povertà dell'identico [...]. Il vero procedimento, il procedimento attivo del razionalismo non è per nulla una *riduzione* [...].

Non bisogna confondere l'apparato delle prove e le funzioni della ricerca, la deduzione che assicura e l'**induzione** che inventa. Il razionalismo nel suo lavoro positivo è eminentemente **induttore** e ciò avviene anche nel pensiero matematico.

<sup>269</sup> G. Bachelard, *La terra e le forze. Le immagini della volontà* [1947], tr. di A.C. Peduzzi e M. Citterio, Red, Como 1989, pp. 318-319. Bachelard parla di «immaginazione dinamica» (ivi, p.305) e scrive: «Tutte le immagini dinamiche che abbiamo raccolto sono altrettante variazioni su un tema dinamico antropologicamente fondamentale. Si tratta di immagini che superano sistematicamente le esperienze, che danno realtà stabile a pericoli effimeri e, soprattutto, che tendono a *drammatizzare* la caduta, a renderla un *destino*, un tipo di *morte*. Esse esprimono il nostro essere di caduta, il nostro essere-che-diviene-nel-divenire-di-caduta, ci fanno conoscere il *tempo fulmineo*. Riflettendo sulle immagini di caduta, si avrà una nuova prova del fatto che è in virtù del superamento della realtà che l'immaginazione ci rivela la *nostra* realtà» (ivi, p.314).

<sup>270</sup> G. Bachelard, *La terra e il riposo. Un viaggio tra le immagini dell'intimità* [1948], tr. di M.Citterio e A.C.Peduzzi, Red, Milano 2007, pp.239-240; 243-244. Bachelard parla, inoltre, di «*rêverie inventiva*», di «potere induttivo» e di «valori inventivi» (ivi, p.42), di «induzioni dinamiche di *rêveries*» (ivi, p.234).

<sup>271</sup> G. Bachelard, *Il razionalismo applicato* [1949], cit., pp.61; 75; 94; 107-108; 112;117. Alle pagg.203-206, riferendosi ad esempi di montaggi elettrici, circuiti, bobine per rappresentare «il potere regolatore dell'astrazione» (ivi, p.257), Bachelard parla di **auto-induzione/self-induction** («L'auto-induzione è dunque un'inerzia elettrica»; misura un'opposizione al cambiamento *elettrico* [...]). Il razionalismo elettrico è molto più algebrico che geometrico [...]. Al tempo di Henri Poincaré si amava dire che un *dizionario* era sufficiente a tradurre i teoremi euclidei in teoremi non euclidei. La corrispondenza dell'elettrismo e del meccanicismo non è meno precisa e serrata [...]. Niente di concreto può qui suscitare le immagini, la fenomenologia è oscura, è il pensiero che crea. L'attività noumenologica è manifesta», (ivi, pp.206; 208; 257). A partire dalla considerazione del movimento di un pendolo, parlando di piccole oscillazioni, di ritmologia o meglio di microritmologia, Bachelard scrive: «Non è immaginabile che non si possano mai *contare* le oscillazioni di una tale *frequenza*. Possono essere determinate solo da numerose *induzioni* che richiedono una scienza molto avanzata [...]. Del resto se volessimo affinare le nostre intuizioni, ci renderemmo conto che la discontinuità della materia comporta la discontinuità dei ritmi» (ivi, p.239).

Sulla critica di Bachelard alla «spiegazione» meyersoniana del teorema di Pitagora e la possibilità di estendere progressivamente la «pitagoricità» del triangolo rettangolo cfr. F. Palombi, *Elogio dell'astrazione. Bachelard e la filosofia della matematica*, Milano - Udine 2017, p.176 sgg. Ci permettiamo di rinviare anche al ns. *Gaston Bachelard e le fisiche del Novecento*, Guida, Napoli 2002 (in particolare pp. 58-63).

Appena è stato trovato un teorema, si cerca di generalizzarlo, di prolungarlo. Una nozione come l'ortogonalità formulata nel teorema geometrico di Pitagora si generalizza in spazi algebrici, si applica nella dottrina degli insiemi, diviene una nozione di base per le funzioni della meccanica ondulatoria. Indubbiamente queste estensioni costituiscono l'oggetto di nuove posizioni, di nuove definizioni. Ma una grande linea di **pensieri induttivi** rimane visibile sotto queste estensioni. A seguire questa linea di estensioni ci si convince facilmente che il razionalismo è, non un pensiero di riduzione, ma un pensiero di produzione. Ma per dar subito delle prove di questo **andamento induttivo** sceglieremo il più semplice principio di ragione, il principio d'identità che ai filosofi piace mettere sotto la vuota forma  $A=A$  e mostreremo come il pensiero razionale fa lavorare questo principio, come innanzi tutto l'impegna senza fidarsi di una identità in sé, senza mai basarsi su una ontologia. Ci sforzeremo dunque di staccare il principio d'identità da ogni riferimento a un realismo assoluto, vedremo poi, che, una volta determinato, il suo campo, il principio d'identità può essere *produttore*. Il principio d'identità sarà così presentato come una sorta di *identità continuata*, nello stesso senso in cui si parla di una *creazione continuata* [...]. Svilupperemo [...] un solo esempio, quello stesso che Émile Meyerson ha utilizzato per stabilire la sua tesi della *riduzione* del diverso all'identico nelle dimostrazioni geometriche, il tradizionale teorema di Pitagora sul triangolo rettangolo [...]. Prima di esaminare la dimostrazione su un triangolo rettangolo *qualunque* tenteremo di riimmaginare in qualche modo la *preistoria* della dimostrazione pitagorica. Noi stessi abbiamo, in effetti, constatato nell'insegnamento che questa preistoria poteva servire vantaggiosamente da *induzione pedagogica* [...].

Quando la memoria è stata organizzata attraverso l'**induzione razionale**, gli elementi della dimostrazione si condensano, e questa condensazione può finalmente imitare una intuizione. Un docente abile deve portare l'allievo a questa condensazione intuitiva, ma deve per ciò non trascurare lo psicologismo della velocità di pensiero.

G. Bachelard, *L'attività razionalista della fisica contemporanea* [1951]<sup>272</sup>:

[La] scienza contemporanea cerca di *moltiplicare l'estensione* della nozione [di movimento]. Il bergsonismo approfondisce una *intuizione*, associando alle immagini esterne le nostre esperienze *interiori* di esseri in movimento – le meccaniche ondulatoria e quantica sviluppano una *induzione* a lunga gittata, un'**induzione** che estende e dialettizza i principi della scienza classica [...].

Il valore induttivo della meccanica ondulatoria è veramente straordinario [...].

Il mondo reale e il *determinismo dinamico* che esso implica, chiede altre *intuizioni*, *intuizioni dinamiche* per le quali si rende necessario un vocabolario filosofico nuovo. Se il termine *induzione* non fosse già così carico di significati, proporremmo di applicarlo a queste intuizioni dinamizzanti.

G. Bachelard, *Il materialismo razionale* [1953]<sup>273</sup>:

«[...] I fatti si concatenavano, era sufficiente impararne qualcuno per trovarsi a saperne molti». Eccellente espressione dell'**intellegibilità induttiva** che ordina un informe empirismo. I fatti scientifici si moltiplicano e tuttavia l'empirismo diminuisce. Ecco la memoria dei fatti sottomessa alla comprensione delle leggi. Su questa strada continua la rivoluzione epistemologica.

G. Bachelard, *Germe e ragione nella poesia di Paul Eluard* [1953]<sup>274</sup>:

Chi è sensibile all'**induzione psichica** della sveglia e del risveglio – di nascita e rinnovamento, di giovinezza – non si stupirà della reale potenza dei poemi riuniti sotto il segno della Fenice.

G. Bachelard, *Dormeurs éveillés. La rêverie lucida* [1954]<sup>275</sup>:

Tutto ciò che riguarda, in noi, una diminuzione d'essere, una perdita d'essere, non può essere descritto. Descrivere è già vivere, è già comunicare la vita. Il *dormeur éveillé* non ci comunica altro che il proprio risveglio: non può offrirci altro che una sana **induzione** verso il carattere diurno dell'essere. Egli medita, egli pensa. Egli sogna nel segno di un'aurora di umanità.

---

<sup>272</sup> G. Bachelard, *L'attività razionalista della fisica contemporanea* [1951], cit., pp.79; 246. Cfr. F. Varenne, *Bachelard avec la simulation informatique: nous faut-il reconduire sa critique de l'intuition?* [2002], in R. Damien & B. Huffschmitt (éds.), *Bachelard: Confiance raisonnée et défiance rationnelle*, Presses Universitaires de Franche Comté, Besançon, 2006, pp.111-143.

<sup>273</sup> G. Bachelard, *Il materialismo razionale* [1953], tr. di L. Semerari, Dedalo, Bari 1975, pp.260-261.

Scrivo, inoltre, Bachelard: "Il punto di partenza del processo d'integrazione cosmologica di Agrippa è il seguente: poiché l'universo comporta *quattro* elementi, occorre che tutto nell'universo e nell'uomo stesso si espliciti in un modo quaternario [...]. Noi ci siamo permessi, a rischio di stancare il lettore, di fornire nel suo sviluppo inesauribile questa **induzione materiale** particolare" (ivi, pp.57; 60). E ancora: "occorre esaminare la moderna *esatta determinazione* delle sostanze chimiche di base. Questa determinazione esatta del *numero* delle sostanze elementari prima empiricamente ammassate nel corso dei secoli corrisponde, nella scienza contemporanea, a una specie di **induzione completa** di cui dovremo caratterizzare le novità. Invece di una vana prova di una razionalità dei 4 elementi presentata in un precedente capitolo, noi vedremo svilupparsi a scaglioni un razionalismo del novantadue. Che ci siano 92 elementi chimici, 92 *sostanze elementari ordinate senza lacune* in un ordine reale e razionale, ecco una sicurezza che, sembra, fa sparire ogni *contingenza* del dato sostanziale" (ivi, p.103).

<sup>274</sup> G. Bachelard, *Germe et raison dans la poésie de Paul Eluard*, "Europe", n. 93, 1953, pp.115-119; rist. in *Le droit de rêver*, cit., pp.169-175; tr. di M. Bianchi, in *Il diritto di sognare*, cit., pp.147-152; 150; in F. Conte (a cura di), *Il mondo come capriccio e miniatura*, cit., pp.131-138; 136 (dove però l'espressione «induction psychique» nella traduzione è stata resa con «richiamo psichico»: "Se si è sensibili al richiamo psichico del risveglio, della nascita, del rinnovamento e della giovinezza, non ci si potrà stupire della vera potenza delle poesie raccolte sotto il segno della Fenice").

<sup>275</sup> G. Bachelard, *Dormeurs éveillés. La rêverie lucida* (19 gennaio 1954), in *Causeries (1952-54)*, tr. di V. Chiore, Il Melangolo, Genova 2005, pp. 90-111; 111.

G. Bachelard, «*Séraphîta*» [1955]<sup>276</sup>:

Questa la questione da chiarire: come si situa la swedenborghiana *Séraphîta* nel quadro dei personaggi balzaciani? [...] vorremmo mostrare che lo swedenborghismo di Balzac è un'esperienza psichica positiva e che il lettore potrà beneficiare di tale esperienza se accetterà, quale **induzione dinamica**, le linee delle immagini balzaciane.

G. Bachelard, *La poetica dello spazio* [1957]<sup>277</sup>:

Attraverso la grazia di un'immagine letteraria, di una immagine inattesa, l'anima toccata segue l'**induzione della tranquillità**.

Secondo Bontems, "nell'*Essai sur la connaissance approchée*, Bachelard dimostra che l'induzione rappresenta la condizione per la riproducibilità degli esperimenti (tende, pertanto, a confondersi con la nozione matematica). Tuttavia nelle sue opere successive quest'accezione viene abbandonata, definendo l'induzione *per analogia con l'induzione elettromagnetica*: nella scienza, il valore induttivo delle matematiche consente d'inferire l'esistenza di realtà fisiche, come dimostra ne *La valeur inductive de la relativité*, mentre in letteratura, le parole inducono certe dinamiche immaginarie nello spirito del lettore"<sup>278</sup>.

In effetti, Bachelard usa, come si è visto, l'espressione "induzione elettromagnetica" in uno scritto di *rêverie*: *Una psicologia del linguaggio letterario di Jean Paulhan*. Tuttavia, da qui ad affermare che nelle opere successive all'*Essai* (il che vuol dire già ne *La valeur inductive de la Relativité*), Bachelard abbandoni l'accezione di induzione *matematica* a favore dell'induzione intesa *per analogia con l'induzione elettromagnetica*, vuol dire abbracciare senza esitazione una particolare prospettiva ermeneutica, alla quale per esempio anche Fabrizio Palombi si riferisce quando, con maggiore rigore concettuale, specifica in nota: "Segnaliamo una **diversa posizione teorica** che evidenziando soprattutto **Bachelard (1929 [La Valeur Inductive de la Relativité])**, **attribuisce all'induzione un'accezione più vicina a quella fisica, cfr. Alunni (1999)**"<sup>279</sup>.

Tanto più che, per Bachelard, la matematica non è solo un linguaggio.

Bontems stesso ha occasione di precisarlo:

L'induzione matematica procede dal particolare al generale, dal contingente all'incondizionato. Essa amplia la comprensione e l'estensione del concetto, perché l'invariante noumenale è sempre più ricco in quanto oggetto di ulteriori variazioni. Ogni teorema contiene virtualmente in sé delle conseguenze, dei prolungamenti. In fisica, il valore induttivo dei noumeni si manifesta quando l'induzione abbandona il piano strettamente virtuale delle matematiche, quando «le matematiche entrano nel cuore stesso della sostanza». L'induzione noumenale suggerisce il passaggio dal matematicamente pensabile al fisicamente possibile, dal virtuale al potenziale. Bachelard interpreta così la meccanica quantistica come una microfisica noumenale [...]. Bachelard identifica il noumeno con la struttura matematica delle equazioni fisiche. Un punto cruciale del ragionamento risiede nel fatto che la *matematica non è un linguaggio*: le equazioni [...] *costruiscono* l'oggetto, cioè *inducono* la sua interpretazione fisica. Un'interpretazione resa difficile, in meccanica quantistica, dal fatto che il suo noumeno (la funzione d'onda) può indurre due traduzioni fenomeniche incompatibili, quella dell'onda e quella del corpuscolo: in alcuni esperimenti si troverà una particella, in altri si osserveranno effetti ondulatori [...]. Sono le equazioni a guidare il fisico durante la sua ricerca, a tal punto che si può affermare che «il vero pensiero scientifico è metafisicamente induttivo», poiché inferisce dalla forma delle equazioni le potenzialità che verranno attualizzate dalla fenomenotecnica [...].

<sup>276</sup> G. Bachelard, «*Séraphîta*» [1955], in L'Oeuvre de Balzac, t.12, Collection "Formes et Reflets", Club Français du Livre, 1955; rist. in *Le droit de rêver*, cit., pp.125-133; tr. di M. Bianchi, in *Il diritto di sognare*, cit., pp.111-117; 113. Cfr. R. Boccali, *Collezioni figurali. La dialettica delle immagini in Gaston Bachelard*, cit., p.159 n.87.

<sup>277</sup> G. Bachelard, *La poetica dello spazio* [1957], tr. di E. Catalano, Dedalo, Bari 1984<sup>2</sup>, p.229.

Scrivo, inoltre, Bachelard: "Tutto è dialettico nell'essere che esce da un guscio, e, dal momento che esso non esce tutto intero, quanto esce contraddice ciò che resta racchiuso [...]. L'animale non è qui che un pretesto per moltiplicare le immagini dell'uscire». L'uomo vive immagini: come tutti i grandi verbi, *uscire da* richiederebbe numerose ricerche in cui riunire, accanto ad istanze concrete, i mori appena sensibili di certe astrazioni. Non si avverte più un'azione nelle derivazioni grammaticali, nelle deduzioni, nelle **induzioni**. I verbi stessi si congelano come se fossero sostantivi. Soltanto le immagini possono rimettere i verbi in movimento (ivi, pp.132; 133-134). Cfr. G. Piana, *La filosofia dell'immaginazione di G. Bachelard. Note di lettura della "Poetica dello spazio"*, Unicopli, Milano 1980.

<sup>278</sup> V. Bontems, *Bachelard*, cit., p.169-170.

<sup>279</sup> F. Palombi, *Elogio dell'astrazione. Bachelard e la filosofia della matematica*, cit. p.34 n.59 [il grass. è ns].



Ne *La valeur inductive de la relativité* (1929), Bachelard afferma che «il valore d'inferenza è uno dei caratteri più profondi, e anche più curiosi, del pensiero einsteiniano. L'induzione, qui più che altrove, è il movimento stesso del sistema, è l'invenzione che passa al rango di metodo». Bachelard fornisce qui la *formula generale dell'induzione come metodo d'invenzione* [...].

L'induzione algebrica è dunque il metodo d'invenzione dei fisici, essa li guida dopo che la scoperta dei limiti della cornice teorica precedente ha imposto loro la rottura, tanto che la ricorrenza non fa loro ancora vedere il corretto fondamento del cambiamento di referente [...].

La sua filosofia è *indotta* dal progresso dello spirito scientifico e, in particolare, dalle «virtù filosofiche della rivoluzione einsteiniana». Vi si può intravedere il tentativo di elaborare un'autentica «Relatività filosofica», a costo però di distinguere questo progetto da qualsiasi tendenza *relativista* in senso tradizionale: quel che la Relatività introduce in filosofia non è l'equivalenza di tutti i valori, né lo scetticismo che ne scaturisce, ma la loro relatività a diversi sistemi di valutazione e la coordinazione fra questi «referenti» (secondo il termine illuminante di Goussier) [...].

La formulazione [degli] **operatori d'induzione scientifica e poetica** è **analogica**, nonostante i loro effetti siano differenti <sup>280</sup>.

Ora, a nostro avviso, se c'è un concetto bachelardiano capace di esemplificare questa potenza, per così dire, *transazionale* dell'induzione, questo è il “fuoco”. Il fuoco che resta *incompiuto*<sup>281</sup>. Si tratta di un concetto che, nel pensiero di Bachelard, è declinato *sotto la duplice radice della ragione scientifica e della immaginazione poetica*. Al *fuoco* Bachelard dedica uno scritto della sua iniziale produzione scientifica: *Étude sur l'évolution d'un problème de physique: la propagation thermique dans les solides*, la tesi di dottorato (complementare rispetto alla dissertazione principale: *Saggio sulla conoscenza approssimata*) sostenuta nel 1927, pubblicata nel 1928 e mai tradotta in italiano. Qui il *fuoco* è presente come problema del calore nella scienza. Molti i riferimenti e più di uno scritto tra quelli del filone della *rêverie*, in particolare: *La psychanalyse du feu* (1938); *La flamme d'une chandelle* (1961); *Fragments d'une poétique du feu*, lavoro rimasto incompiuto e pubblicato postumo a cura della figlia Suzanne nel 1988<sup>282</sup>.

La meditazione sul *fuoco* appare, dunque, come un luogo privilegiato in cui il pensiero di Bachelard si è articolato<sup>283</sup> nella duplice veste del *concetto* e dell'*immagine*, della *razionalità scientifica* e della *rêverie*.

<sup>280</sup> V. Bontems, *Bachelard*, cit., pp.57; 56; 57-58; 59; 70; 170.

<sup>281</sup> Il **fuoco**, ancora una volta, come in Eraclito metafora del *λόγος*, principio ordinatore del cosmo, qui – crediamo – immagine della *vis* induttiva del *λόγος* ovvero dell'*esprit de géométrie* e insieme *de finesse*. Le considerazioni che seguono hanno ispirato un *ns.* intervento al Convegno Internazionale di Studi *Conoscere è fare. Fare è conoscere. Da Vico a Fourier, Marx, Maturana* (S.Marco d'Alunzio (Me), 15 dicembre 2018), dal titolo *Il fuoco incompiuto di Gaston Bachelard*.

Su Prometeo e il fuoco cfr. inoltre L.Tonoli, *Futuro: tra paura e speranza*, Relazione presentata al Convegno *Futuro: tra paura e speranza. Un contributo alla comprensione del domani da psicologia sociale e psicoanalisi*, Associazione Uma.na.mente, Lograto (BS), 28.09.2019, <http://www.umanamenteonline.it/>; C. Bordoni, *Il paradosso di Icaro. Ovvero la necessità della disobbedienza*, Il Saggiatore, Milano 2018 (in particolare pp.154-163: *Tutti i meriti di Prometeo*).

Cfr., inoltre, A. Alison, *Épistémologie et Esthétique de l'espace chez Gaston Bachelard*, cit., pp.145-156.

<sup>282</sup> G. Bachelard, *La psychanalyse du feu*, Gallimard, Paris 1938; tr.di G. Silvestri, in *L'intuizione dell'istante e la psicoanalisi del fuoco*, Dedalo, Bari 1987<sup>3</sup>, pp.125-235; *La flamme d'une chandelle* [1961], Puf, Paris 1986<sup>8</sup>; tr. di M. Beer, Editori Riuniti, Roma 1981; tr. di G. Alberti, SE, Milano 1996; *Fragments d'une poétique du feu* [post.], Puf, Paris 1988; tr. di M. Citterio e A.C. Peduzzi, Red, Como 1990. Ricordiamo anche G. Bachelard, *Fragment d'un journal de l'homme*, in *Mélanges d'esthétique et de science de l'art offerts à Etienne Souriau*, Librairie Nizet, 1952; tr. it. *Frammento di un diario dell'uomo*, in *Il diritto di sognare*, tr. di M. Bianchi, Dedalo, Bari 1987, pp.200-209. Cfr. M. Courtois (dir.), *L'imaginaire du feu: approches bachelardiennes*, Jacques André Editeur, Paris 2007.

<sup>283</sup> Dico: si è «articolato» ma non per questo è da ritenere «spezzato». Di «linea spezzata» e di «coscienza divisa» ha, infatti, parlato più di un interprete di Bachelard in riferimento al duplice volto della sua riflessione e produzione. Cfr. G.Bachelard, *La poétique de la rêverie* [1960], Puf, Paris 1986<sup>6</sup>; tr. di G.Silvestri Stevan, Dedalo, Bari 1972, p.61; Jean-Claude Beaune, *Le problème de l'unité dans l'oeuvre de G.Bachelard*, in AA.VV., *Gaston Bachelard du rêveur ironiste au pédagogue inspiré*, a cura di J. Libis, C.R.D.P., Dijon 1984, pp.39-60. Scrive Michel Fabre: “Il razionalismo bachelardiano può in effetti definirsi come un «progetto di apertura integrale» [*projet d'ouverture intégrale*], una prospettiva[*une visée*] di novità scientifica e poetica” (M.Fabre, *Bachelard éducateur*, Puf, Paris 1995, p.21). E Christian Cailliès: «Bachelard pone [in essere] ciò che chiama l'antropologia dell'uomo delle ventiquattr'ore. Bisogna accettare la nostra duplice natura di uomini» (C. Cailliès, *Profil de Gaston Bachelard*, in AA.VV., *Gaston Bachelard du rêveur ironiste au pédagogue inspiré*, cit., pp.3-11; 10). Come nota Jean Libis: «Bachelard stesso non ha mai preteso di conferire alla sua opera l'unità che vi ricercano certi bachelardiani accorti [*avertis*]. È giustamente celebre l'affermazione secondo cui non potrebbe esserci tra il concetto e l'immagine né sintesi né filiazione [...]: i due versanti della produzione bachelardiana non si dispiegano né in maniera parallela, né in maniera isomorfa». Libis parla di «duplice cammino filosofico [che] corrisponde ad una dualità *ouverte* nel funzionamento

Anzitutto il *rêveur* che evoca Prometeo, la Fenice, Empedocle. Poi, con lo scritto di carattere epistemologico, il riferimento a Jean Baptiste Joseph Fourier<sup>284</sup>.

### LA RÊVERIE SUL FUOCO

Tra coloro che lo hanno conosciuto, Étienne Souriau scrive di Bachelard che egli *fu, autenticamente, un'anima di fuoco*<sup>285</sup>. Il fuoco, si sa, è metafora della vita, anzi della dialettica della vita. Vive della sua interna contraddizione: perciò esso è “uno dei principi di spiegazione universale [...]. Splende in Paradiso. Brucia all'Inferno. È dolcezza e tortura. È cucina e apocalisse”<sup>286</sup>.

Il fuoco “è buono e crudele. È veramente un dio”<sup>287</sup>. C'è chi lo va a cercare nella ruota del sole e lo ruba per darlo agli uomini: Prometeo, ladro di fuoco<sup>288</sup> celeste e perciò simbolo della disobbedienza costruttiva<sup>289</sup>, *disobbedienza sagace*<sup>290</sup>, *la furba disobbedienza*<sup>291</sup>:

La prima cosa che conosciamo del fuoco è che non bisogna toccarlo [...].

Il bambino vuole fare come suo padre: lungi da suo padre, è come un piccolo Prometeo, ruba i fiammiferi.

Proponiamo [...] di annoverare sotto il nome *complesso di Prometeo* tutte le tendenze che ci spingono a «sapere» come i nostri padri, più dei nostri padri, come i nostri maestri, più dei nostri maestri [...].

Il complesso di Prometeo è il complesso di Edipo della vita intellettuale<sup>292</sup>.

[Prometeo] ha il dominio intellettuale del fuoco<sup>293</sup>.

Il fuoco “suggerisce il desiderio di cambiare, di affrettare il tempo, di portare tutta la vita al proprio compimento, al proprio superamento”<sup>294</sup>. È qui il fascino del rogo: Empedocle appartiene al Vulcano prima ancora di gettarvisi dentro. Il suo è un compiuto ritorno al cosmo.

Quello di Empedocle è per così dire un *fuoco compiuto*.

Empedocle si è buttato nel cratere dell'Etna [...] i poeti si gettano nell'immagine [...]”<sup>295</sup>.

---

stesso dell'*esprit umano*» (J. Libis, *Janus et la mélancolie*, in P. Nouvel-J. Libis, *Gaston Bachelard un rationaliste romantique*, Éditions Universitaires de Dijon, Dijon 1997, pp.31-70; 33-34;58). Mikel Dufrenne scrive che “Bachelard non accetta tanto facilmente d'essere un uomo diviso. Poesia e scienza ‘sono complementari come due contrari ben forgiati’. E in più tali contrari si rassomigliano: lo spirito scientifico costituisce l'universo oggettivo come l'anima poetica costituisce il suo mondo singolare, l'imago-tecnica della poesia è parallela alla noumeno-tecnica della scienza. Ma è all'interno dell'attività costituente che scienza e poesia si somigliano” (M. Dufrenne, *G.Bachelard et la poésie de l'imagination*, “Les Études Philosophiques”, 4, 1963, pp. 395-407; p.407).

Mi permetto, a tal proposito, di rimandare ai *ns. Introduzione*, in Gaston Bachelard, *L'esperienza dello spazio nella fisica contemporanea* (1937), ed. it. a cura di M.R. Abramo, A.Siciliano, Messina 2002, pp. IX-LXXXVII; *Gaston Bachelard*, in AA.VV. (a cura di G. Gembillo e G. Giordano), *Epistemologi del Novecento*, Armando Siciliano, Messina 2004, pp.51-97; *Gaston Bachelard filosofo-rêveur poeta della fiamma*, in M.R.Abramo, *Il razionalismo di Gaston Bachelard*, Armando Siciliano, Messina 2000, pp.113-123.

<sup>284</sup> Cfr. V. Bontems, *Le feu bachelardien* in <http://www.fabriquedesens.net/Le-feu-bachelardien-par-Vincent>.

Come dice Bontems, “Bachelard si è interessato al fuoco in molti modi. In primo luogo, dal punto di vista scientifico, attraverso lo studio dell'evoluzione delle teorie fisiche del calore, «desostanzializzando» il fuoco, cioè riducendolo ad un processo chimico e fisico. Poi, in quanto «ostacolo epistemologico», perché, appunto, le immagini del fuoco impediscono di pensare correttamente questi processi e testimoniano uno strato arcaico della nostra psiche in cui si radicano le metafore complesse e ambivalenti del fuoco, della fiamma e di tutti gli esseri ignei. Ma, rapidamente, ha capito che era necessario rendere giustizia a questa vita incessante delle immagini del fuoco e che la dinamica dell'immaginazione non si riduceva ad un rovescio della ragione, che essa aveva queste proprie leggi di divagazione, la sua ricchezza e la sua bellezza. Allora ha coltivato questa immagine, l'ha purificata, e le ha dato la forma meditativa di «la fiamma di una candela» che simboleggia mirabilmente la saggezza dell'uomo vecchio, la vulnerabilità delle nostre esistenze e la continuità della condizione umana attraverso i secoli. Forse il fuoco è l'elemento che dà l'immagine più giusta dell'insaziabile desiderio di conoscenza e di poesia che anima Gaston Bachelard ed è verso l'immagine della fenice, uccello di fuoco che risorge dalle sue ceneri, che il filosofo si voltò alla sera della sua vita”.

<sup>285</sup> É. Souriau, *L'esthétique de G.Bachelard*, “Annales de l'Université de Paris”, I, 1963, pp. 10-23; 23.

<sup>286</sup> G. Bachelard, *La psicoanalisi del fuoco*, cit., p.131. Cfr. V.Chiore, *Il Poeta, l'Alchimista, il Demone. La Dottrina Tetravalente dei Temperamenti Poetici di Gaston Bachelard*, Il Melangolo, Genova 2004.

<sup>287</sup> G. Bachelard, *Poetica del fuoco. Frammenti di un lavoro incompiuto*, cit., p.132.

<sup>288</sup> Ivi, p.104.

<sup>289</sup> Ivi, p.103.

<sup>290</sup> V. Bontems, *Bachelard*, cit., p.110.

<sup>291</sup> G. Bachelard, *La psicoanalisi del fuoco*, cit., p.135.

<sup>292</sup> Ivi, pp.135;136. «Il complesso di Prometeo [...] allude al complesso di Edipo nell'evocare l'intreccio trasgressione-sapere» (F. Bonicalzi, *Leggere Bachelard. Le ragioni del sapere*, cit., pp.106-131; 122).

<sup>293</sup> G. Bachelard, *Poetica del fuoco. Frammenti di un lavoro incompiuto*, cit., p.104.

<sup>294</sup> G. Bachelard, *La psicoanalisi del fuoco*, cit., p.140.

<sup>295</sup> G. Bachelard, *Poetica del fuoco. Frammenti di un lavoro incompiuto*, cit., p.128

Gettarsi in un'immagine cosmica non vuol forse dire aprirsi al mondo, aprire un mondo? [...].

La meditazione filosofica lascia il filosofo *davanti* al mondo. L'azione poetica getta il sognatore dentro un mondo<sup>296</sup>.

Così, ancora una volta: "Ci si perde in *rêverie*"<sup>297</sup>. Ci si distacca dal mondo e il mondo della *rêverie* si dilata. Bachelard cita Hegel: è «come nell'hegeliana filosofia della Natura [che] c'è un *pyróchronos*, un tempo del fuoco»<sup>298</sup>.

L'ultima *rêverie* di Bachelard è in un "libro rimasto in cantiere"<sup>299</sup> intitolato all'inizio *Il Fuoco vissuto*<sup>300</sup> e poi *Poetica del fuoco*. Un incompiuto con molteplici spunti, solo abbozzati, che si annunciava diversamente rispetto alle precedenti meditazioni sul fuoco, sugli elementi.

Bisognava adesso vivere le immagini. Non più psicoanalizzarle per scacciarle e purificare il sapere:

quando si opera nel campo delle idee, bisogna scacciare le immagini<sup>301</sup>.

Questo Bachelard aveva inteso fare nel '38 con *La formazione dello spirito scientifico. Contributo a una psicanalisi della conoscenza oggettiva* e soprattutto con *La psicanalisi del fuoco* (che inaugurava la riflessione sulla *rêverie* e solo il fuoco, tra tutti gli elementi, veniva fatto così oggetto di psicoanalisi<sup>302</sup>). Invece, nell'ultima meditazione:

[...] vorrei tracciare l'abbozzo di una Poetica del linguaggio, mostrare che la Poesia istituisce un linguaggio autonomo e che ha senso parlare di un'estetica del linguaggio<sup>303</sup>.

Esaminando le immagini poetiche del fuoco [...] affrontiamo lo studio del linguaggio infiammato. Nel discorso infiammato, sempre l'espressione oltrepassa il pensiero<sup>304</sup>.

[...] intravedere germi di ontologia poetica<sup>305</sup>.

[sul] problema specifico del linguaggio poetico<sup>306</sup>.

La Poesia è un Regno del linguaggio. Il Regno poetico non è più in continuità con il Regno del significato<sup>307</sup>. Indipendente dalla schiavitù del significato<sup>308</sup>.

[...] libertà di immaginare; non ho più la necessità di associare significante e significato<sup>309</sup>.

[...] un Regno poetico dove vengono meno gli obblighi del linguaggio quotidiano, noi fuggiamo due volte fuori dall'essere del mondo e fuori dall'essere del nostro vissuto personale<sup>310</sup>.

Venivo scoprendo che il linguaggio poetico era un'apertura verso l'elevatezza della parola. Una sovrapparola, una parola poetica, costituisce quindi un consolidamento delle trascendenze<sup>311</sup>.

Rispetto ai precedenti scritti, la novità più significativa sembra ora essere costituita dall'immagine poetica della Fenice che trascina con sé in qualche modo anche le «immagini» riguardanti le figure di Prometeo e di Empedocle (già oggetto d'esame, come «complessi» nella *Psicanalisi del fuoco*)<sup>312</sup>.

---

<sup>296</sup> Ivi, p.129.

<sup>297</sup> G. Bachelard, *La fiamma di una candela*, cit., p.15.

<sup>298</sup> G. Bachelard, *La terra e le forze. Le immagini della volontà*, cit., p.42.

<sup>299</sup> L'espressione è di Bachelard, come riferisce la figlia Suzanne (G.Bachelard, *Poetica del fuoco. Frammenti di un lavoro incompiuto*, cit., p.10).

<sup>300</sup> La parola "vissuto" sembrava a Bachelard troppo carica di un significato esistenzialista: "Egli temeva che il lettore avrebbe potuto cogliere nel titolo *Il Fuoco vissuto una nuova seduzione dell'esistenzialismo, al quale rimaneva estraneo*" (Gaston Bachelard, *Poetica del fuoco. Frammenti di un lavoro incompiuto*, cit., p.12).

<sup>301</sup> G. Bachelard, *Poetica del fuoco. Frammenti di un lavoro incompiuto*, cit., pp.35-36.

<sup>302</sup> F. Bonicalzi, *Leggere Bachelard. Le ragioni del sapere*, cit., pp.106-131; 122. Cfr. J. Gagey, *D'un feu psychanalyzable à une eau qui ne l'est pas*, in Id., *Gaston Bachelard ou la conversion à l'imaginaire*, Marcel Rivière et C<sup>ie</sup> éd., Paris 1969, pp.103-127.

<sup>303</sup> G. Bachelard, *Poetica del fuoco. Frammenti di un lavoro incompiuto*, cit., p.38.

<sup>304</sup> Ivi, p.39.

<sup>305</sup> Ivi, p.40. Cfr. R. Boccali, *Collezioni figurali. La dialettica delle immagini in Gaston Bachelard*, cit., pp.181-212.

<sup>306</sup> Ivi, p.42.

<sup>307</sup> *Ibidem*

<sup>308</sup> Ivi, p.44.

<sup>309</sup> Ivi, p.63.

<sup>310</sup> Ivi, p.41.

<sup>311</sup> Ivi, p.47.

<sup>312</sup> Cfr. A. Derigibus, *La filosofia di Gaston Bachelard tra scienza e immaginazione*, Le Lettere, Firenze 1997, pp.125-133.

La Fenice, uccello di fuoco che rinasce a ogni aurora, spicca il volo dirigendosi verso il sole, là dove la voce del poeta non può più raggiungerla:

La Fenice, fenomeno del linguaggio. Un archetipo dell'immaginazione del fuoco<sup>313</sup>.  
Una delle immagini naturali del fuoco vissuto<sup>314</sup>.  
Un ardente desiderio di ardere<sup>315</sup>.  
Ideale della fiamma voluta e non subita<sup>316</sup>.  
Un fuoco che si alza in volo, una fiamma volante [...]. Il fuoco ha le ali<sup>317</sup>.  
Esige questo incendio del fuoco vissuto, incendio immenso che rigenera il Mondo. Incendio-risurrezione<sup>318</sup>.  
Rinasce da se stessa e non dalla 'cenere' altrui<sup>319</sup>.  
Si infiamma con il proprio fuoco; rinasce dalle proprie ceneri<sup>320</sup>.  
È padrona degli istanti magici della vita e della morte, strana sintesi delle grandi immagini del nido e del rogo.  
Essa raggiunge la sua massima gloria nell'incendio finale del suo rogo [...]: il trionfo per mezzo della morte<sup>321</sup>.  
È una creatura del linguaggio, un essere del linguaggio poetico. È solo questo, ma è tutto questo.  
È una creatura dei libri. Rinasce senza posa, rinasce poeticamente, sempre con una nuova forma<sup>322</sup>.  
Non smette di vivere, di morire e di rinascere nella poesia, per mezzo della poesia, per la poesia<sup>323</sup>.  
La Fenice è proprio il simbolo di un'eternità vivente<sup>324</sup>.  
La parola 'Fenice', la parola soltanto, fa scattare la rêverie<sup>325</sup>.  
È essenzialmente un'immagine fattasi Verbo, un'immagine che suscita una molteplicità di metafore<sup>326</sup>.

E a proposito di metafore, Bachelard citava Giambattista Vico :

Vico diceva: *ogni metafora è «un mito in piccolo» , «un mito in miniatura»*<sup>327</sup>.

Prima, dunque, una psicanalisi del fuoco, poi una poetica del fuoco, nel diverso tentativo di affrontare, sotto il segno della *rêverie*, la dialettica del fuoco e del calore<sup>328</sup>.

Così Bachelard scriveva ne *La terra e il riposo. Un viaggio tra le immagini dell'intimità* pubblicata nel 1948:

Quando il calore e il fuoco assumono le proprie immagini distinte, queste immagini sembrano poter essere usate per designare un'immaginazione introversa e un'immaginazione estroversa.  
Il fuoco si esteriorizza, esplose, si mostra. Il calore si interiorizza, si concentra, si nasconde [...].  
Il calore sognato è sempre dolce, costante, regolare. Per mezzo del calore, tutto è *profondo*.  
Il calore è il segno di una profondità, il senso di una profondità.  
L'interesse per il calore delicato raccoglie tutti i valori intimi<sup>329</sup>.

Nel 1928, Bachelard aveva parlato del calore in altri termini, cioè sotto il profilo della razionalità scientifica.

<sup>313</sup> G. Bachelard, *Poetica del fuoco. Frammenti di un lavoro incompiuto*, cit., pp.57; 80.

<sup>314</sup> Ivi, p.65.

<sup>315</sup> Ivi, p.66.

<sup>316</sup> Ivi, p.66.

<sup>317</sup> Ivi, p.68.

<sup>318</sup> Ivi, p.83.

<sup>319</sup> Ivi, p.69.

<sup>320</sup> Ivi, p.57.

<sup>321</sup> Ivi, p.65.

<sup>322</sup> Ivi, p.42.

<sup>323</sup> Ivi, p.51.

<sup>324</sup> Ivi, p.75.

<sup>325</sup> Ivi, p.71.

<sup>326</sup> Ivi, p.58.

<sup>327</sup> "Vico disait: «Toute métaphore est un mythe en petit»"(G.Bachelard, *L'air et les songes. Essai sur l'imagination du mouvement*, cit., p.48; tr. it. *Psicanalisi dell'aria. Sognare di volare. L'ascesa e la caduta*, cit., p.29).

Cfr. G. Dorflès, *Bachelard o l'immaginazione creatrice*, "Aut-Aut", 9, 1952, pp.224-232.

<sup>328</sup> G. Bachelard, *Le immagini del fuoco* (29 novembre 1952), in *Causeries (1952-54)*, tr. di V. Chiore, Il nuovo Melangolo, Genova 2005, pp.41-89; 49.

<sup>329</sup> G. Bachelard, *La terra e il riposo. Un viaggio tra le immagini dell'intimità*, cit., pp.46-47.

## IL FUOCO IRREVERSIBILE OVVERO IL PROBLEMA DEL CALORE NELLA SCIENZA

*L'Étude sur l'évolution d'un problème de physique: la propagation thermique dans les solides*, cui si faceva prima cenno, è un libro di storia della scienza, storia della teoria dei fenomeni termici o ancora meglio “storia dell’origine della termologia matematica”<sup>330</sup>, dedicato a Brunschvicg.

È l’unica opera di Bachelard a carattere storiografico<sup>331</sup> che prende le mosse dalle prime ricerche sul calore compiute in Francia agli inizi dell’Ottocento per rintracciare – come scrive Redondi – “l’evoluzione sinuosa di un concetto scientifico o di un problema”<sup>332</sup>: quello della propagazione del calore nei solidi.

Prigogine, ne *La Nuova Alleanza* [1979], scrive che volendo scegliere un avvenimento simbolico, inaugurale, si poteva, senza esitazione alcuna, far cominciare la scienza della complessità nel 1811, l’anno in cui Joseph Fourier vince il premio dell’Académie per la sua trattazione teorica sulla propagazione del calore nei solidi.

Dunque, Fourier presentava una teoria del calore che avrebbe presto sconvolto la fisica e – per dirla con Gembillo – “era [...] il fuoco del vecchio Prometeo che tornava per vendicarsi di Giove”<sup>333</sup>.

Fourier aveva scoperto che il calore ha la capacità di trasformare anche qualitativamente i corpi<sup>334</sup>, mentre la forza di gravitazione agisce sui corpi dall’esterno lasciandoli sostanzialmente inalterati. La capacità di tutti i corpi di ricevere, accumulare e trasmettere calore era, perciò, regolata da una legge universale precisa, dipendente dalla differenza di temperatura tra i corpi che vengono a contatto, differenza che impone sempre un passaggio di calore dal corpo più caldo a quello più freddo. Si tratta di una legge universale propria di tutti i corpi che descrive un fenomeno irreversibile<sup>335</sup>. Il fenomeno che descrive è altrettanto universale quanto quello della gravità<sup>336</sup>.

Ebbene Bachelard dedica a Fourier il terzo e il quarto capitolo di questa sua tesi complementare. Legge Fourier attraverso l’interpretazione che ne dà Comte. Scrive:

È un errore credere che le nostre osservazioni possano tradursi in termini di sensazioni immediate. Limitandoci a ciò che inerisce ai fenomeni termici, è facile vedere quanto la sensazione sia impropria a verificare anche soltanto l’uguaglianza di temperatura in circostanze solo di poco variate e per conseguenza a soddisfare non solo la misura, ma anche la semplice individuazione delle temperature giacché attraverso il tatto l’organismo fornisce calore agli oggetti che lo circondano, ciò che impedisce l’oggettivazione razionale della nostra conoscenza della realtà<sup>337</sup>.

Rilevante è quanto sottolinea Redondi:

L’esame dell’opera di Fourier da parte di Bachelard è per diverse ragioni un elemento di centrale interesse. La teoria analitica della propagazione termica proposta da Fourier rappresenta infatti una tappa fondamentale per il costituirsi della fisica matematica, destinata a diventare [...] l’archetipo della

<sup>330</sup> P. Redondi, *Epistemologia e storia della scienza. Le svolte teoriche da Duhem a Bachelard*, cit., p.170.

Cfr. G. Bachelard, *La richesse d’inférence de la physique mathématique*, in *L’engagement rationaliste*, cit., pp.109-119; 123 sgg.

<sup>331</sup> M. Castellana, *Razionalismi senza dogmi. Per una epistemologia della fisica-matematica*, cit., p.180 n.5.

<sup>332</sup> P. Redondi, *Epistemologia e storia della scienza. Le svolte teoriche da Duhem a Bachelard*, cit., p.170.

<sup>333</sup> G. Gembillo, *La scienza contemporanea tra riduzionismo e complessità*, in AA.VV., *La scienza sociale dell’educazione nel contesto della civiltà planetaria*, a cura di A. Mangano e A. Michelin-Salomon, Piero Lacaita ed., Manduria 1998, pp.107-123; 114.

<sup>334</sup> “Il calore, invece, trasforma la materia e determina cambiamenti di stato e modificazioni delle proprietà intrinseche. Su questa opposizione fra gravità e calore il positivismo costruirà la sua classificazione delle scienze riunite sotto il segno comune dell’ordine, vale a dire dell’equilibrio. All’equilibrio dinamico fra le forze si affianca ormai l’equilibrio termico, dal momento che la propagazione del calore tende sempre a stabilire una distribuzione omogenea della temperatura del corpo in cui essa si effettua” (I. Prigogine-I. Stengers, *La nuova alleanza. Metamorfosi della scienza*, a cura di P.D.Napolitani, Einaudi, Torino 1993, p.111). Su *Fourier e l’entropia come misura della dissipazione dei corpi* cfr. G. Gembillo, *Le polilogiche della complessità. Metamorfosi della Ragione da Aristotele a Morin*, cit., pp.94-100.

<sup>335</sup> Per il significato rivoluzionario di questa scoperta, cfr.: I.Prigogine-I.Stengers, *La nuova alleanza. Metamorfosi della scienza*, cit., pp.110 e sgg.. Come nota Gembillo: «In questo modo cominciava ad essere riconosciuta, contro la negazione della scienza classica, centralità scientifica e strutturale al mutamento e al tempo. Inoltre la scoperta di Fourier imponeva, come ulteriore conseguenza, il passaggio dal concetto newtoniano di *forza* a quello più generale di *energia*» (G. Gembillo, *La scienza contemporanea tra riduzionismo e complessità*, cit., p.115).

<sup>336</sup> I. Prigogine-I. Stengers, *La nuova alleanza. Metamorfosi della scienza*, cit., p.110.

<sup>337</sup> G. Bachelard, *Étude sur l’évolution d’un problème de physique: la propagation thermique dans les solides*, cit., p.169.

scientificità razionale nel pensiero di Bachelard [...].

[Le considerazioni contenute nella tesi complementare] definiscono quelli che sarebbero poi rimasti alcuni dei suoi **postulati epistemologici definitivi**.

[...] questo libro bachelardiano sulla storia della terminologia-matematica, [...] **pur essendo rimasto tra i meno conosciuti del filosofo francese a causa del livello tecnico della sua trattazione**, risulta invece un documento fondamentale della formazione delle categorie del bachelardismo epistemologico e storiografico [...].

[Il suo] esito coincide con il problema tradizionale della filosofia: **come cioè la realtà possa essere analizzata dalla ragione**.

Appare inoltre chiaramente un elemento di grande importanza: **la storia della scienza** non può che venire abbracciata **all'interno di una prospettiva scientifica che ha di mira ciò che la scienza ha già portato a compimento razionale**. Si può dunque assumere una metodologia di esame interno del pensiero scientifico soltanto lungo un percorso a ritroso dal presente verso il passato, onde poter mettere in luce la vicenda razionale e astratta del sapere scientifico.

La categoria di storicità della scienza introduce e coincide quindi con quella di razionalità<sup>338</sup>.

Il Bachelard epistemologo che via via si sarebbe confrontato con tutte le tappe della rivoluzione scientifica novecentesca in campo fisico (la relatività einsteiniana, la teoria quantistica nelle versioni heisenberghiana e ondulatoria di Louis de Broglie e Schrödinger) esordisce pertanto con Fourier in una trattazione sul problema del calore che lascia intravedere l'annuncio di quelle che sarebbero divenute alcune delle sue tesi epistemologiche fondamentali: la razionalità del reale, la *rottura* tra senso comune e conoscenza scientifica, l'idea di *storia ricorrente*, ma soprattutto la potenza *induttiva* della fisica-matematica<sup>339</sup>.

Dunque, dal fuoco irreversibile della propagazione termica al fuoco incompiuto dell'ultima *rêverie* ci sembra di poter rintracciare, *nel segno del fuoco*, una unità di pensiero sia pure in una duplice prospettiva: da una parte quella del razionalista, dall'altra quella del *rêveur*; da una parte il conoscere,

---

<sup>338</sup> P. Redondi, *Epistemologia e storia della scienza. Le svolte teoriche da Duhem a Bachelard*, cit., pp.167-168; 169; 179; 170; 168. Scrive Redondi: "Orbene, la lezione che viene offerta dalla fisica matematica, grande banco di prova della presa razionale sulla realtà, implica in prima istanza il rifiuto di quell'empirismo nel quale il pensiero matematico non abbia altre funzioni che quelle di riassunto e generalizzazione descrittiva e predittiva dei fenomeni" (ivi, p.179). E ancora: "l'affermazione della ricorrenza sulla base del valore razionalista della scienza nella sua storia di irreversibile progresso è, pur con i suoi contorni idealistici, una richiesta di trattare la scienza da un punto di vista teoretico e non meramente metodologico" (ivi, p.195).

<sup>339</sup> "L'induzione di cui ci stiamo occupando non ha niente a che vedere con il ragionamento induttivo degli empiristi. Non si tratta di generalizzare delle osservazioni, ma di inferire una forza a partire dal movimento di un concetto o di un'immagine, misurarne gli effetti indotti nel nostro spirito [...]. La formulazione analogica dell'induzione si attaglia tanto alla *rêverie* quanto al lavoro della ragione. Coniuga quel che dapprima era opposto: se lo spirito scientifico recupera in certe astrazioni l'occasione per immaginare diversamente la realtà fisica, seguendo le metafore di un poeta, lo spirito immaginativo, a sua volta, scopre una cristallina solidarietà, una coerenza insospettata tra le immagini. Il pensiero di Bachelard non oppone affatto cultura scientifica e cultura letteraria, le combina senza confonderle: coniuga i dinamismi dello spirito" (V. Bontems, *Bachelard*, cit., p.31). Cfr. C. Alunni, *Relativité et puissances spectrales chez Gaston Bachelard*, cit.

"Mi pare convincente - scrive Gaspere Polizzi - la tesi di Vincent Bontems sulla centralità della categoria bachelardiana di 'induzione', «*inférer une force à partir du mouvement d'un concept ou d'une image*», per comprendere sia la ragione scientifica che l'immaginazione poetica (G. Polizzi, *Dalla materia purificata al fuoco alchemico: pluralismo coerente, materialismo razionale e "chimica della fantasia"*, in F. Bonicalzi, P. Mottana, C. Vinti, J.-J. Wunenburger (a cura di), *Bachelard e le provocazioni della materia*, Il Melangolo, Genova 2012, pp.105-114; 111 n.19). Cfr.: H. Saget, *L'induction «transcendente» selon Bachelard*, in AA.VV., *G.Bachelard. L'homme du poème et du théorème. Colloque du Centenaire. Dijon 1984*, Éditions Universitaires de Dijon, Dijon 1986, pp. 93-102; J. Morizot, *L'induction métaphysique dans la pensée de Gaston Bachelard*, in AA.VV., *G.Bachelard. L'homme du poème et du théorème. Colloque du Centenaire. Dijon 1984*, cit., pp.197-204; J. Gayon, *Bachelard: Le rationalisme appliqué*, Centre National d'Enseignement à Distance, Centre de Vanves, 1995, pp.111-117. Rilevanti a tal proposito i contributi di Mario Castellana: *Razionalismi senza dogmi. Per una epistemologia della fisica matematica*, cit., pp.141-213; Id., *Gaston Bachelard ou la rêverie anagogique dans les enjeux du surrationnel*, "Revue de synthèse", t. 136, 6<sup>e</sup> série, n.1-2, 2015, pp. 93-116; Id., *Introduzione a A. Lautman*, in Albert Lautman, *La matematica come resistenza*, tr. di M.Castellana, cit., pp. 7-47; Id., *Il pluralismo coerente della fenomenotecnica contemporanea in Gaston Bachelard*, in P. Donatiello - F. Galofaro - G. Ienna (a cura di), *Il senso della tecnica. Saggi su Bachelard*, cit., pp.37-52.



dall'altra il fare, *un fare tutto poetico* (immaginare è creare) che si riflette nella vita pratica poiché la *rêverie*, per Bachelard, è produttrice di umanità<sup>340</sup>.

Considerato nella sua complessità, l'uomo è un essere che non soltanto pensa, ma innanzitutto immagina.

Il silenzio non è il contrario del rumore, non più di quanto la notte non sia il contrario del giorno<sup>341</sup>.

L'essere umano non è mai fisso, non è mai in un luogo, non vive mai nel tempo in cui gli altri lo vedono vivere, dove gli stesso dice agli altri di vivere<sup>342</sup>.

Questa **sintesi di conoscere e fare** Bachelard l'ha realizzata nella sua vita<sup>343</sup>.

In una pagina dal titolo *La sublimazione delle sofferenze attraverso la poesia*, scrive:

Il passato brucia, soffre ancora sotto le ceneri. Il dolore delle bruciature intime e la possibilità di vivere con coraggio si sfidano incessantemente nel nostro cuore. Distruggere in noi le antiche pene comporta una lunga sofferenza. Ogni amore defunto mette l'anima in un purgatorio<sup>344</sup>.

È stato **corporalmente intenso** il suo impegno nella **vita attiva**: la sua esperienza di docente prima al Collège di Bar sur Aube, poi all'Università, come risulta dalle testimonianze dei suoi allievi<sup>345</sup> e dalle sue *considerazioni vissute* sulla scuola<sup>346</sup>:

---

<sup>340</sup> Scrive Christian Cailliès: «Homme de raison, il savait essentielle la lecture des poètes et il avait bien compris que la rêverie pouvait être productrice d'humanité» (C. Cailliès, *Profil de Gaston Bachelard*, cit., p.4). Cfr. F. Conte, *Introduzione*, in *Gaston Bachelard. Il poeta solitario della rêverie*, Mimesis, Milano - Udine 2010, pp.9-29.

<sup>341</sup> G. Bachelard, *Dormeurs éveillés. La rêverie lucida* (19 gennaio 1954), in *Causeries (1952-54)*, cit., pp.91-111; 91; 105.

<sup>342</sup> G. Bachelard, *Poetica del fuoco*, cit., pp.46-47.

<sup>343</sup> Bachelard ha trent'anni quando parte per la *grande guerra* e poco dopo il suo ritorno resta, con la figlia di neppure un anno, da *solo* con un dolore che non gli passerà mai per la morte prematura della moglie. «Credo -scrive Pierre Malgras- che la morte della sua giovane moglie lo abbia profondamente segnato, anche dal punto di vista filosofico [...]. C'è un suo testo che mi commuove molto e che so a memoria – è la sola volta in cui egli evoca il suo ménage di giovane sposo e il suo dolore [chagrín, spiagere]: «Il falegname del villaggio aveva intagliato nello spessore degli scuri due cuori, affinché il sole del mattino svegliasse tutta la casa. Così la sera, e a notte fonda, attraverso i due intagli degli scuri, la lampada, la nostra lampada, proiettava due cuori di luce d'oro sulla campagna immersa nel sonno». *Non si può dire con più discrezione il dolore di un uomo*» (P. Malgras, *Interview*, in AA.VV., *Bachelard (1884-1962). Témoins de Gaston Bachelard*, suivi de *Gaston Bachelard, travailleur solitaire*, a cura di D. Giroux, Association des Amis de Gaston Bachelard, Bar-sur-Aube 1985, p.36; la tr. è ns. (il brano che Malgras cita è tratto da G. Bachelard, *La fiamma di una candela*, cit., p.96. Pierre Malgras, medico, è stato allievo di Bachelard a Bar-sur-Aube).

«Nei grandi dolori della vita, ci si fa coraggio se si è di sostegno per un bambino» – scrive Bachelard (G.Bachelard, *La poetica della rêverie*, cit., p.144).

Non c'è, in verità, solo questo riferimento. Basti ricordare la *Préface* a *Je et tu* di M.Buber, laddove Bachelard scrive: «Bisogna essere due - o, per lo meno, ahimè, bisogna esser stati due - per comprendere un cielo blu, per nominare un'aurora! Le cose infinite come il cielo, la foresta e la luce non trovano il loro nome che in un cuore amante. Ed il soffio delle pianure, nella sua dolcezza e nel suo palpito è, anzitutto, l'eco di un sospiro intenerito. Così l'anima umana, ricca di un amore eletto, anima le grandi cose prima delle piccole. Dà del tu all'universo dal momento in cui ha sentito l'ebbrezza umana del tu. E poi, nel chiarore nuovo di un giovane focolare, le cose diventano piccole, diventano familiari, e vicine; sono d'improvviso della famiglia. Non tanto dell'antica famiglia che ha schiacciato l'esprit del fanciullo sotto il peso dell'esso, dell'istruzione ricevuta, unicamente e passivamente ricevuta, ma della famiglia scelta, divinamente incontrata sulla strada del destino. Allora, il tu dona alle cose un altro nome, e anche quando dà loro il nome comune, il nome antico, ecco che una risonanza ignota agita [tourmente] e rinnova le sillabe:- È là il tuo porta-penne, Michel? – È là il tuo specchio, Jeanne?. Una partecipazione della persona apporta alle cose dei valori poetici così evidenti che tutto il linguaggio ne è magnificato» (G. Bachelard, *Préface* a: *Je et tu* di M.Buber [1923; la *Préface* di Bachelard è nell'edizione francese del 1938], tr. fr. dal tedesco di G. Bianquis, Aubier, Paris 1969, pp.7-15; 11-12 [la tr. è ns.]).

<sup>344</sup> G. Bachelard, *Poetica del fuoco. Frammenti di un lavoro incompiuto*, cit., p.16.

Come osserva Pascal Nouvel: «Delle sue posizioni riguardo alla disfatta, all'occupazione, alle deportazioni, nessuna traccia al di fuori di qualche breve menzione sulle difficoltà di approvvigionamento nella sua corrispondenza. In un'epoca in cui la filosofia comincia a presentarsi come «impegno» sotto l'influenza, com'è noto, di Jean Paul Sartre (pubblicazione de *L'être et le néant* nel1943), questo silenzio potrebbe esser indice del fatto che la scrittura non rappresenti per Bachelard un *impegno* nello stesso senso di Sartre. E qui, conviene forse [...] ritrascrivere una nota presa (da Jean Lesclure) all'epoca di uno degli ultimi corsi di Bachelard alla Sorbona: «c'è un impegno dell'essere che scrive infinitamente più radicale di quello di cui parla Sartre. L'ontologia del linguaggio reclama l'ontologia della parola scritta..., c'è, nella parte scritta di un uomo, un impegno corporale [engagement corporel]» – dice. Impegno corporale contro impegno politico. È corporalmente che Bachelard si era trovato impegnato nella prima guerra mondiale» (P. Nouvel, *Gaston Bachelard, philosophe surnuméraire*, in P. Nouvel – J.Libis, *Gaston Bachelard un rationaliste romantique*, cit., p.15 [la tr. è ns.]).

<sup>345</sup> Su Bachelard insegnante, Pierre Malgras scrive: «È un uomo che è vissuto con una ampiezza [ouverture] di letture estremamente grande e al tempo stesso una grande solitudine quotidiana [...]. Ci parlava di letture che ci aprivano la mente [lett. *la cervelle*]. Ci faceva leggere un mucchio di cose che all'epoca non erano conosciute; ci ha fatto scoprire tutto il teatro di Ibsen, ci ha fatto scoprire sin da quell'epoca Pirandello. Ci ha spiegato i primi libri di Freud che cominciavano ad essere

tradotti» (P. Malgras, *Interview*, cit., pp. 33-34). Significativa la testimonianza di un'allieva alla Sorbona, poeta, Denise Laborde : «Era una forza trascinate progressiva [*entraînement progressif*] del pensiero. Vorrei farvelo provare. Non si può restare calmi quando si è conosciuto Gaston Bachelard. Lui era il contrario del calmo, era posseduto, l'entusiasmo nel senso etimologico [...]. Il matematico era sempre presente in lui per canalizzare le onde dell'immaginazione, dando tuttavia la priorità all'immaginario, "il cuore è l'immaginazione" – diceva. Il pensiero profondo viene dal cuore [...]. Si nasce poeta e lo si diventa al tempo stesso per un "dono" che, secondo me, si è attualizzato nel mio caso, al contatto con i corsi di Gaston Bachelard poiché egli insegnava l'arte di trasmettere l'immagine [...]. Se il suo aspetto scientifico è considerevole, il suo contributo alla poesia e alla conoscenza dei poeti è immenso. Se sono un po' poeta, molto lo devo a Bachelard. Se è vero che il poeta, secondo Eluard, è "ancora più colui che ispira che colui che è ispirato", Bachelard, ispirato-ispiratore [*inspiré-inspirant*], matematico, fisico, chimico, alchimista, era un grandissimo poeta» (*Entretien avec Madame Denise Laborde*, in AA.VV., *Bachelard (1884-1962). Témoins de Gaston Bachelard*, cit., pp.25-30; 27; 26; 29; la tr. è ns.). Infine, Madame Babeau de Troyes: «Ho conosciuto Gaston Bachelard al momento del mio ingresso in seconda classe, al *Collège de Bar* (oggi l'ancien *Collège*). Eravamo nel 1926 ed io fui una delle prime ragazze a frequentare il *Collège* divenuto misto [...]. Gaston Bachelard che ci insegnava fisica, chimica, poi, in Terminale [ultimo anno di scuola media superiore], filosofia, fu un professore come non ne ho mai visto per la sua tenacia, la chiarezza delle sue spiegazioni. Aveva uno sguardo di bontà, in lui assai caratteristico, e che irradiava dalla sua persona [...]; quando spiegava qualcosa, non si poteva non capire; dapprima vi ascoltava, poi, pazientemente, facendovi seguire il cammino inverso del vostro ragionamento, vi conduceva a ritrovare il vostro errore [...]. Dava ad ognuno la sensazione di essere importante; sapeva far emergere ciò che era interessante in ciascuno di noi. Tutti gli alunni lo amavano perché era talmente buono che voleva che tutti riuscissero. Credeva nella cultura, nella sua importanza nella vita e ce ne donava il gusto con ardore [...]. Era un lavoratore accanito, vivendo letteralmente due giorni e due notti in ogni giornata. Si coricava verso le 21 h 30 e dormiva fino a mezzanotte, poi si metteva al lavoro, da mezzanotte alle quattro per poi ricaricarsi fino alle 7h 30 del mattino, ora in cui cominciava la sua "seconda" giornata! [...]. Amava le parole, ne afferrava una e poteva tenerla in bocca per cinque minuti [...]. Era un uomo completo, aveva delle qualità che si raramente incontrano coniugate, e insieme a ciò una memoria prodigiosa. Per imparare una lingua straniera, per esempio, lui lo dice del latino, si accontentava di andare dal testo originale alla traduzione e così ritrovava la grammatica, la sintassi... e alla fine del libro, sapeva leggere bene quella lingua» (*Entretien avec Madame Babeau de Troyes*, in AA.VV., *Bachelard (1884-1962). Témoins de Gaston Bachelard*, cit., pp.21-23; la tr. è ns.).

<sup>346</sup> Cfr. G. Bachelard, *Valeur morale de la culture scientifique* [1934], in AA.VV., *Actes du VI Congrès international d'éducation morale*, Cracovia 1934, in D. Gil, *Bachelard et la culture scientifique*, Puf., Paris 1993, pp.7-11; 9-11 [la tr. è ns.]: «Facendo scienza ci si accorge che "la materia obbedisce allo spirito". Come potrebbe allora lo spirito non obbedire allo spirito, la coscienza morale alla ragione? [...] A mio avviso, niente si oppone a una educazione morale francamente razionale, a una condotta morale interamente fondata sulla ragione pura [...]. Ora questo interesse e questo rispetto per la verità, questa sottomissione all'oggettivo possono essere raggiunti per vie diverse. I compiti scientifici sono a tal riguardo estremamente educativi [...]. Riformando un pensiero, dando a un pensiero vago e personale un andamento preciso e oggettivo, non ci accorgeremo che arriviamo a *estovertere l'interesse* che un'anima porta innato in se stessa. Troviamo tutta una serie di esempi di correzione intima. Non si corregge una mancanza [*faute*] se non si è potuto far comprendere che questa mancanza è un errore [*erreur*]. La coscienza morale non deve restare sorda e confusa; riceve una gran luce dall'apprendistato [*apprentissage*] discorsivo di una condotta razionale. Si insite abitualmente sulla buona intenzione; però è la meditazione sulle sottili conseguenze dell'atto che determinerà nell'intenzione le delicatezze che dipendono evidentemente dall'intelligenza [...]. Non c'è formazione morale senza formazione intellettuale obiettiva [...]. Bisogna sottolineare l'importanza formativa del *momento* in cui la conoscenza illumina un'anima, bisogna insistere sull'istante in cui un'attività della ragione costituente arricchisce la ragione costituita. L'essere che pensa il vero [che si eleva verso l'universale] rompe in quello stesso momento con l'egoismo; oppone in se stesso la coscienza universale a un inconscio soggettivo misterioso e impuro [...]. Le nostre società limitano alla Scuola l'attività intellettuale. Non vedono l'immenso interesse della *conoscenza continuata* che pertanto sarebbe una *creazione morale continuata* [...]. Una delle idee più immorali e più false è di rappresentare la vita umana alla luce di una lotta per la vita [...]. Non è la Scuola che deve essere fatta a immagine della Vita, ma è la Vita che deve essere fatta a immagine della Scuola [...]. Le classi solide e ordinate sono le classi in cui la conoscenza si presenta nella sua novità, nella freschezza della scoperta. Allora si sente che gli spiriti si rettificano, si costituiscono, si universalizzano. La noia di vivere – vaga coscienza di uno psichismo diviso- fa posto alla gioia di pensare [...]. La verità è un fine. È il fine dell'uomo [*fin humain*].».

Cfr. J. Libis, *La page blanche du politique*, in Id., *Bachelard et la mélancolie. L'ombre de Schopenhauer dans la philosophie de Gaston Bachelard*, Presses Universitaires du Septentrion, Lille 2000, pp.301-307; M. Mansuy, *Bachelard et le politique*, in AA.VV., *G. Bachelard. L'homme du poème et du théorème. Colloque du Centenaire. Dijon 1984*, cit., pp.231-239. Inoltre, G. Bachelard, *La vocation scientifique et l'âme humaine* [1952], in AA.VV., *L'homme devant la science*, Ed. de la Baconnière, Neuchâtel 1952, pp.11-29; 18-19; 20; 27; 29: "Si tratta del sapere per il sapere. Nell'uomo bisogna parlare di una vera e propria tendenza al sapere. Il sapere è in sé un *fattore di vita*. Herder l'aveva scritto 150 anni fa: «Niente, nell'uomo, stimola così tanto l'attività della sua esistenza quanto la conoscenza... Quando si lancia sulla traccia di un pensiero elevato che lo sollecita, l'uomo dimentica tutto, si dimentica di se stesso, perde la coscienza del tempo che scorre, oltrepassa la misura delle sue forze vitali». Così Herder indicava l'essenziale vitalizzazione del sapere. L'uomo è destinato alla conoscenza. [...]. La scienza [...] si presenta come un campo di rettificazioni, è in stato di rivoluzione epistemologica permanente [...]. Il campo del lavoro scientifico si presenta ormai come un campo aperto. Siamo in stato manifesto di *scienza aperta* [*science ouverte*]. Una specie d'induzione dinamica anima una cultura scientifica [...]. La cultura scientifica, lungo tutto il suo sviluppo, si accompagna a una coscienza di creatività, a una speranza sostenuta e invincibile di creatività. Una tale coscienza di possibilità di creazione, una tale esigenza di creazione, accresce la primitiva coscienza dell'*homo faber* [...]. La scienza moderna è un *umanismo*. Intendiamoci: non è soltanto una semplice questione di fatto. È una necessità psichica [...]. La scienza ci insegna una necessità in azione [...]. E noi dobbiamo comprendere che questa necessità è un valore umano. L'*inter-umanismo* necessario alla scienza progressiva ha un valore attivo-agente (agissante) ben superiore all'*universalismo* del razionalismo classico. L'interrazionalismo è in qualche modo un universalismo incarnato e un universalismo in atto. L'universalità del vero, come pure l'universalità del verificato, è, nella scienza, formulata come una attualità del razionale.



... la scuola continua per tutta una vita. Una cultura bloccata su un periodo scolastico è la negazione stessa della cultura scientifica. Non c'è scienza che grazie a una scuola permanente<sup>347</sup>.

Questa posizione – nota Bontems – ha un risvolto politico come testimonia la fine della citazione: «È questa la scuola che la scienza deve fondare. Solo così gli interessi sociali saranno definitivamente capovolti: la Società sarà fatta per la Scuola e non la Scuola per la Società». Nella Scuola ideale, la filosofia non occupa esclusivamente la posizione dello spirito che insegna, ma anche quella dello spirito cui s'insegna<sup>348</sup>:

Restare uno scolaro deve essere il desiderio segreto di un maestro<sup>349</sup>.

L'inversione dei ruoli è necessaria affinché la corrente del pensiero sia alternata<sup>350</sup>.

Dunque, *conoscere e fare* in Bachelard appaiono legati come in una sorta di *coincidenza oppositorum*:

tutto è sempre da fare, e per prima cosa noi stessi<sup>351</sup>.

Seppure “per conoscere la singolarità di un vissuto, non si deve sottometterlo al livellamento dei confronti”<sup>352</sup>, c'è un passo di Benedetto Croce in cui si legge:

La morte sopravverrà a metterci in riposo, a toglierci dalle mani il compito a cui attendevamo; ma essa non può fare altro che così interromperci, come noi non possiamo fare altro che lasciarci interrompere, perché in ozio stupido essa non ci può trovare<sup>353</sup>.

Fa venire in mente la conclusione del primo capitolo della *Poetica della rêverie: Rêveries sulla rêverie. Il sognatore di parole*. Scrive Bachelard:

Una serena [buona] coscienza, è per me, per quanto insufficienti siano le opere, una coscienza occupata – mai vuota – la coscienza di un uomo al lavoro fino al suo ultimo respiro.<sup>354</sup>

Di Bachelard oggi, con Bontems, diciamo:

Bachelard è stato tradotto in tredici lingue. I riferimenti all'opera, anche se marginali o imprecisi, non sono mai stati tanto presenti nel campo internazionale delle scienze sociali, delle scienze umane e della filosofia. Uno strumento bibliometrico come il *Web of Science*, per quanto imperfetto possa essere per apprendere le dinamiche in questi campi [...], dimostra un aumento delle citazioni a livello mondiale [...].

Il lavoro di Bachelard è dunque ridiventato una fonte d'ispirazione feconda. Tuttavia una rinascita del bachelardismo all'altezza delle poste scientifiche dei nostri tempi non è stato ancora attuato, tanto necessita di un investimento della testa e del cuore in quest'opera: per far partecipare Bachelard alla comprensione di oggetti scientifici contemporanei, occorre recuperare e seguire i ragionamenti ricorrenti che egli ha formulato in rapporto a quelli del suo tempo e, inoltre, riattualizzarli a contatto con la scienza viva [...].

Leggere Bachelard resta un'impresa formatrice per chi filosofa oggi: la sua lettura trasmette un bagaglio intellettuale ancora assai poco diffuso, ma anche un inestimabile atteggiamento dello spirito per la ricerca.

---

Ho esaminato a lungo in un capitolo del mio libro *Le rationalisme appliqué* questa unione dei lavoratori della prova. Credo che lì ci sia un vero e proprio dominio di ricerche per l'*antropologia filosofica* [...]. l'orgoglio d'essere uomo e umiltà di non essere che uomo tra gli uomini, in breve [...] una coscienza di lavoratore [*conscience de travailleur*]. [...] il valore della cultura scientifica può esser dato come il valore dell'uomo, il valore dell'umanità”.

<sup>347</sup> G. Bachelard, *La formazione dello spirito scientifico*, cit., p. 252.

<sup>348</sup> V. Bontems, *Bachelard*, cit., p.32; ivi, nota 8.

<sup>349</sup> G. Bachelard, *Il razionalismo applicato*, cit., p.32 (ivi, p.33: “In un laboratorio, un giovane ricercatore può acquisire una conoscenza così avanzata di una tecnica o di una tesi tale da diventare in questo campo il maestro del suo maestro”). Scrive ancora Bachelard: “*colui a cui s'insegna deve insegnare*. Un'istruzione che si riceve senza poi trasmetterla a propria volta forma degli spiriti privi di dinamismo e di autocritica” (G. Bachelard, *La formazione dello spirito scientifico*, cit., p. 290). Come nota Bontems: “Uno spirito scientifico, dunque, non deve rinsecchire all'interno di un sapere chiuso e definitivo: deve apprendere la ricerca come processo aperto, invito a mettere alla prova le gerarchie di valori e tutti i dogmi. Questa stessa analisi vale per lo spirito poetico” (V. Bontems, *Bachelard*, cit., pp.32-33).

<sup>350</sup> V. Bontems, *Bachelard*, cit., p.32.

<sup>351</sup> G. Bachelard, *Poetica del fuoco. Frammenti di un lavoro incompiuto*, cit., p.97.

<sup>352</sup> Ivi, p.67.

<sup>353</sup> B. Croce, *Soliloquio* [1951], in Id., *Dal libro dei pensieri*, Adelphi, Milano 2002, pp.205-206 [il grass. è ns.]

<sup>354</sup> G. Bachelard, *La poetica della rêverie*, cit., p.62.

Ne abbiamo sintetizzato le grandi linee: l'epistemologia *transstorica*, la Relatività filosofica, lo studio dei ritmi del pensiero e sviluppato gli invarianti (operatori) e il metodo. Ma **Bachelard non deve servire da sistema chiuso: è una fonte cui può abbeverarsi ogni scoperta intellettuale**<sup>355</sup>.

In particolare, “la «fenomenotecnica» non è soltanto il marchio di fabbrica dell'epistemologia bachelardiana, ma definisce il programma di uno studio pertinente della strumentazione scientifica contemporanea”<sup>356</sup>.

---

<sup>355</sup> V. Bontems, *Bachelard*, cit., pp.159; 163; 166 [il grass. è *ns.*]. Facciamo nostre le parole di Bontems che, a conclusione del suo intervento, dice: “Allora, spero di avervi trasmesso soprattutto la voglia di *rileggere* Bachelard, alla luce dei tempi attuali come al suono della musica barocca, studiando oppure in *rêverie*, con in mano la matita o un bicchiere di vino” (V. Bontems, *Le feu bachelardien*, cit.).

Cfr. O. Perru, *Relire Gaston Bachelard aujourd'hui*, Univ.Lyon 1, 2015 (<https://www.researchgate.net/publication/277018488>).

<sup>356</sup> V. Bontems – T. Guy, *L'étude des lignées phénoménotecniques. De Bachelard à Simondon et aux Micromegas*, in P. Donatiello – F. Galofaro – G. Ienna (a cura di), *Il senso della tecnica. Saggi su Bachelard*, cit., pp.109-120; 119; G. Simondon, *Mentalité technique*, “Revue philosophique de la France et de l'Étranger”, 2006/3, t.131, pp.343-357 (<https://www.cairn.info/revue-philosophique-2006-3-page-343.htm>).

## **INTRODUZIONE**

### **LA RELATIVITÀ, UNA RIVOLUZIONE DI PENSIERO**

---

G.Bachelard, *Il valore induttivo della Relatività*

## INTRODUZIONE

### LA RELATIVITÀ, UNA RIVOLUZIONE DI PENSIERO

11 marzo 1944, alla Sorbona si commemora il XX anniversario della *Meccanica ondulatoria*, presente Louis de Broglie. Alla seduta celebrativa, interviene Gaston Bachelard, professore alla Facoltà di Lettere di Parigi e direttore dell'Istituto d'*Histoire des Sciences et Techniques*. Per l'occasione, svolge un breve ed incisivo intervento sul tema: *La filosofia della Meccanica ondulatoria*<sup>357</sup>. De Broglie pronuncia alla fine parole di ringraziamento rivolte agli intervenuti. Riserva a Bachelard questa nota particolarmente lusinghiera:

Caro *Monsieur* Bachelard, lei è uno dei rappresentanti più qualificati della Filosofia della scienza e le tendenze che orientano la spinta dei più giovani rami della Fisica non hanno segreti per l'autore del «Nuovo spirito scientifico». Nessuno meglio di Lei poteva sottolineare la portata filosofica della nuova Meccanica e l'importanza dei problemi che essa pone alla meditazione dei pensatori. Le sono molto grato per aver accettato di rappresentare qui la Filosofia della Scienza<sup>358</sup>.

Bachelard sostiene che la meccanica ondulatoria abbia posto la scienza in un “clima filosofico veramente nuovo”, preparando la via per realizzare un ideale di conoscenza razionale unitaria, una “prospettiva di unità aperta al pensiero umano”, una “fenomenologia sintetica” del sapere scientifico che, invece, pareva irrimediabilmente segnato da un angusto destino di “specializzazione”<sup>359</sup>.

La filosofia della scienza, quando è sviluppata dagli scienziati, è una filosofia vivente [...]. Fenomeni che l'uomo non aveva mai visto, ma che l'intuizione matematica aveva appena scoperto nelle sue formule astratte non tardarono a essere realizzati dalla tecnica [...]. Momento filosofico stupefacente in cui l'ente matematico sconosciuto formato dalla sintesi della nozione di punto materiale e della nozione di lunghezza d'onda ottica dà il piano da seguire per produrre un fenomeno nuovo. Se i filosofi meditassero su questa storia, dovrebbero dire che un *noumeno* è qui in azione e che la tecnica alleata alla matematica ci fa percorrere il tragitto metafisico che va dal noumeno al fenomeno. La fisica matematica ispirata dai lavori di Louis de Broglie merita il nome di *noumenologia*. La meccanica ondulatoria è del resto di una singolare elasticità. In effetti, fin dalle prime opere di Louis de Broglie, la scienza fisica ha preso coscienza di possedere ormai *due metodi di induzione matematica* in grado di compensarsi a vicenda. Quando la noumenologia ottica si appanna, il matematico fa appello alla noumenologia meccanica. Quando la noumenologia meccanica rallenta, il matematico fa ricorso alla scienza delle vibrazioni. Non sorprende che questa induzione a due marce abbia dato allo scienziato mezzi di esplorazione in settori molto lontani dalle prime ricerche<sup>360</sup>.

La novità di cui la meccanica ondulatoria è portatrice fa di essa “una specie di romanzo della ragione che appassiona ogni lettore felice di vivere idee che non erano mai state vissute”. Questa novità si innesta sulla trama della continuità storica senza con ciò affievolirsi.

Uno degli aspetti che colpirà senza dubbio lo storico del futuro è che una dottrina così nuova, così poco preparata dalla scienza antecedente si manifesti, tuttavia, in una *continuità di pensiero* così regolare [...]. [Q]uesta continuità storica minuziosa, [...] questo prolungamento [delle nozioni classiche] voluto è un *metodo* di invenzione. Così, sia nella sua azione storica che nel suo sforzo di pensiero costitutivo, la Meccanica ondulatoria manifesta il suo valore di sintesi<sup>361</sup>.

<sup>357</sup> G. Bachelard, *La philosophie de la Mécanique ondulatoire* [1944], in AA.VV., *Vingtième anniversaire de la Mécanique ondulatoire*, discours prononcé à la Sorbonne le 11 mars 1944, Comité Louis de Broglie, ed. Gauthier-Villars, Paris 1944, pp.53-56.

<sup>358</sup> “Cher Monsieur Bachelard, vous êtes l'un des représentants les plus qualifiés de la Philosophie des sciences et les tendances qui orientent la poussée des plus jeunes branches de la Physique n'ont pas de secrets pour l'auteur du «Nouvel esprit scientifique». Nul mieux que vous ne pouvait souligner la portée philosophique de la nouvelle Mécanique et l'importance des problèmes qu'elle pose à la méditation des penseurs. Je vous suis très reconnaissant d'avoir accepté de représenter ici la Philosophie des Sciences” (L. de Broglie, *Allocution de remerciement*, in AA.VV., *Vingtième anniversaire de la Mécanique ondulatoire*, cit., pp.113-119; 115).

<sup>359</sup> G. Bachelard, *La philosophie de la Mécanique ondulatoire*, cit., p.53.

<sup>360</sup> Ivi, pp.55; 54.

<sup>361</sup> Ivi, pp.54; 55. Ne *L'esperienza dello spazio nella fisica contemporanea*, e dunque già nel '37, Bachelard scriveva: “Mai il valore induttivo della matematica è stato così grande come nella costituzione della meccanica ondulatoria” (G. Bachelard, *L'esperienza dello spazio nella fisica contemporanea*, cit., p.57).

Quasi s'intravede la soluzione del "problema della sintesi di pensiero ed esperienza", che, per Bachelard, è "il problema filosofico tradizionale"<sup>362</sup>.

Riferirsi ora a questa pagina della riflessione di Gaston Bachelard non risponde, senz'altro, all'intento di avvalorare la "tesi del silenzio di Bachelard sulla Relatività a partire da *Il nuovo spirito scientifico*" (eccezion fatta per il saggio del '49 scritto per il volume celebrativo dei settant'anni di Einstein) e sullo spostamento d'attenzione, da allora in poi, esclusivamente rivolta alla meccanica quantistica<sup>363</sup>.  
Scrive Daniel Parrochia:

La presa in considerazione esplicita della svolta e del distacco, rispetto alle tesi de *La Valeur inductive de la relativité*, può essere rilevata nelle ultime pagine del libro che Bachelard ha consacrato allo spazio nella fisica contemporanea [...]: nel momento in cui gli spazi astratti si moltiplicano in connessione con nuove esperienze, la ragione deve, secondo l'autore, operare essa stessa una «rivoluzione copernicana dell'astrazione», e non soltanto formare dell'astratto ma «produrre l'esperienza su temi astratti nuovi». Questa *produzione*, spiega allora Bachelard, supera, singolarmente, in portata l'*induzione* più o meno amplificante. Essa rovescia davvero l'asse della conoscenza empirica. Porta a sostituire alla fenomenologia unicamente descrittiva una **fenomenologia tecnica**»<sup>364</sup>.

Al contrario, per Charles Alunni lo sviluppo del percorso bachelardiano sulla Relatività non avrebbe conosciuto, da parte di Bachelard, alcun "voltafaccia" ovvero nessuna più o meno moderata inversione di marcia. Così egli replica a Parrochia:

Ancora una volta non si vede in cosa questa dichiarazione dimostri una qualsiasi *svolta* o *distacco* riguardo alle teorie relativistiche [...]. In questo testo [*L'esperienza dello spazio nella fisica contemporanea*], Bachelard non volta assolutamente le spalle alla Relatività in nome di una superiorità fenomenotecnica della fisica quantistica, e di una minore astrazione! Al contrario, la meccanica quantistica appare come *più astratta ancora* [...]. Riassorbendo la rottura tra il lato diurno e il lato notturno dell'opera bachelardiana, Parrochia ripristina ormai la divisione nel cuore stesso del suo pensiero diurno, tra un *Bachelard I* (relativista nel 1929, ma giustificato dagli sviluppi della Fisica del XXI sec.) e un *Bachelard II* (pienamente quantista nel 1949, ma alla fine e paradossalmente indietro, se non in ritardo)<sup>365</sup>.

Il ventesimo anniversario della *Meccanica ondulatoria* cadeva quindici anni dopo la pubblicazione de *La valeur inductive de la Relativité* e Bachelard continuava a parlare di "metodo di induzione" nel senso di *induzione* espressamente *matematica* (sia pure con riferimento alla meccanica ondulatoria), a parlare di fisica matematica, di alleanza di matematica e tecnica, vale a dire di rapporto tra razionale e reale e di oggettività scientifica, e, qui, precisamente di *noumenologia*<sup>366</sup>.

<sup>362</sup> Ivi, p.56.

<sup>363</sup> Gérard Chazal si riferisce a Fruteau de Lacos e parla del "silence de Bachelard" sulla Relatività a partire da un certo sviluppo del suo pensiero (G. Chazal, *Bachelard et la relativité*, cit., pp.37; 38; 46-48). Questa tesi è ripresa da Daniel Parrochia che la fa propria e che, riferendosi al parere contrario di Bachelard a che *La valeur inductive de la relativité* fosse ristampata, scrive: "Perché una tale opposizione? [...] la filosofia di Bachelard è cambiata" (D. Parrochia, *Préface*, cit., p.8). E aggiunge: "È vero, come sottolinea G. Chazal in una lettura con cui ampiamente concordiamo, che nel 1929 le esperienze suscettibili di verificare la Relatività non erano molto numerose. In questo senso, G. Chazal mostra anche che la successiva evoluzione di Bachelard potrebbe essere dovuta anche al fatto che la scienza si è evoluta e che il suo centro di gravità, nella prima metà del XX secolo, si è spostato dalla teoria della relatività alla meccanica quantistica, il che spiegherebbe il relativo silenzio di Bachelard sulla teoria di Einstein dopo il *Nouvel Esprit Scientifique*. Ma Bachelard, secondo noi, ha fatto più che «evoltersi». Lui è di sicuro cambiato" (D.Parrochia, *Préface*, cit., pp.59-60 n.1). Di contro, Charles Alunni, ribatte: "Per ciò che concerne gli assi portanti difesi nel 1929, non si vede in cosa ci sarebbe cambiamento [...], non esiste *alcuna contraddizione*" (C.Alunni, *La Valeur inductive de la relativité contre la Phénoménotecnique. L'étrange dispositif de Daniel Parrochia*, in AA.VV. (a cura di P. Donatiello-F. Galofaro- G. Ienna), *Il senso della tecnica. Saggi su Bachelard*, cit., pp.59-76; 64;71).

<sup>364</sup> D. Parrochia, *Préface*, cit., p.35 n.2. [il grass. è ns. – e intende rimandare al testo originale di Bachelard: *L'expérience de l'espace dans la physique contemporaine* (Alcan, Paris 1937- p.140) dove non è proprio usata l'espressione "fenomenologia tecnica" bensì quella di "fenomenotecnica"].

<sup>365</sup> C.Alunni, *La Valeur inductive de la relativité contre la Phénoménotecnique. L'étrange dispositif de Daniel Parrochia*, cit., pp.68; 72n.112.

<sup>366</sup> Per Bachelard, con la microfisica, scienza *noumenale*, si assiste ad una "rivoluzione epistemologica": la sostituzione della *fenomenologia* con la *filosofia noumenale* (G. Bachelard, *L'attività razionalista della fisica contemporanea*, cit., pp.106; 123). Il concetto di induzione appare strettamente legato a un altro concetto-chiave del linguaggio bachelardiano e cioè il concetto di "fenomenotecnica". Il termine *fenomenotecnica*, come nota G. Canguilhem, appare per la prima volta in G. Bachelard, *Noumène et microphysique*, "Recherches Philosophiques", I, 1931-1932, pp. 55-65; 61. A partire dal 1934

Molto probabilmente la *germinazione* di questo pensiero, che si era andato via via così affinando nei concetti e nel linguaggio, affondava le sue radici proprio nell'opera del '29 che Bachelard si augurava non fosse più ristampata.

Al di là della specifica valenza storica, che può più o meno ritenersi superata, l'interpretazione bachelardiana della Relatività ci pare offra ancora significativi spunti di fecondità intellettuale, specie quando la domanda è: *che cosa significa pensare?*

Davvero *conoscere* è *semplicemente dedurre*, procedere senza strappi e senza rotture lungo il filo continuo della tradizione scientifica? Che tipo di ragione è e come procede una ragione capace di produrre *novità* di pensiero? In che modo essa si rapporta all'esperienza?

Comprendiamo, in effetti, il piano di questa costruzione quando vi abbiamo finalmente fatto accesso, ma resta sempre inesplicita la necessità di costruire. Perché il pensiero ha bisogno di moltiplicare i suoi schemi? Dove trova il suo primo impulso epistemologico? Dove risiede il principio delle rettificazioni incessanti? Il reale è veramente suggestivo? Il pensiero, con il suo stesso procedere, non pone forse il problema di una vera e propria autosuggestione logica? Tutte questioni che il filosofo dovrebbe costantemente porre al fisico e al matematico.

Vorremmo dunque essere riusciti a focalizzare l'attenzione su alcuni degli istanti decisivi in cui il pensiero si arricchisce e si chiarifica. Per lo meno era questo il nostro unico obiettivo. Ci siamo sforzati di mantenerci su questo particolare problema epistemologico<sup>367</sup>.

Che l'interpretazione di Bachelard sulle teorie di Einstein sia o no penetrata nel cuore delle intenzioni dello stesso Einstein o che meglio di Bachelard abbia fatto Meyerson che del plauso di Einstein ha pubblicamente goduto, che Bachelard abbia tradito il realismo di Einstein piegandosi un po' troppo verso un certo idealismo più concorde con le posizioni di Eddington, o che, infine, Bachelard abbia scritto l'opera del '29 non propriamente "contro" Meyerson, come solitamente si tende a dire, ma che l'influenza di Brunschvicg abbia giocato una funzione essenziale sul giovane Bachelard che poi di questo suo scritto non ha più voluto di che sapere, ebbene, semmai fossero valide, non sarebbero comunque queste le ragioni atte a definire o a sminuire il *valore* de *Il valore induttivo della Relatività*. Bachelard ha, suo malgrado, consegnato una prospettiva ermeneutica che avrebbe avuto seguito e sviluppo negli scritti successivi, si parli o no di Relatività poco importa. Si continua, comunque, a parlare di metodo (e di metodo *induttivo* nel senso bachelardiano del termine) anche quando si parla di *rêverie*.

Comunque, con l'opera del '29, l'*induzione matematica* entrava, a tutti gli effetti, come *metodo* in uno studio dedicato alla fisica, in quanto *fisica matematica*.

Le ipotesi scientifiche sono ormai inseparabili dalla loro forma matematica: sono veramente dei pensieri matematici<sup>368</sup>.

Perché, dunque, indugiare sul significato bachelardiano della Relatività di Einstein? Perché ristampare, leggere o persino tradurre un'opera, a quanto pare, *rinnegata* già nelle intenzioni del suo autore? Il fatto è che la Relatività, per Bachelard, ha significato una *svolta*. Una svolta che non è da ricondurre *riduttivamente* all'esperienza né tantomeno semplicisticamente a una mancata *esperienza*, quella di Michelson-Morley.

Il più grande beneficio del pensiero scientifico si incontra quando il metodo cade in panne, quando non procede. Tutto procede per il meglio, fino a quando avete un incidente di metodo. Riflettete: il metodo deve essere cambiato!<sup>369</sup>

---

sarebbe diventato una categoria fondamentale dell'epistemologia bachelardiana. Canguilhem parla a tal proposito di "metatecnica di una natura artificiale" (G. Canguilhem, *Présentation*, in *Études*, [post.], Vrin, Paris 1970, pp.7-10; 8).

<sup>367</sup> G. Bachelard, *La valeur inductive de la relativité*, Vrin, Paris 2014, p.64.

<sup>368</sup> G. Bachelard, *L'attività razionalista della fisica contemporanea*, cit., p.55.

<sup>369</sup> G. Bachelard, *Sulla natura del razionalismo* [1950], in *L'impegno razionalista*, cit., pp.63-102; 91.

## PERCHÉ VALORE INDUTTIVO?

Nella *Prefazione* alla ristampa francese de *La valeur inductive de la Relativité*, Parrochia include la parola “induttivo” tra “gli ostacoli che il lettore dovrà superare per penetrare veramente nel cuore dell’opera”. Scrive:

Qualche parola prima di tutto sull’aggettivo «induttivo», che può creare confusione: per la maggior parte degli epistemologi, ogni teoria fisica, ovviamente, è deduttiva, almeno nella sua presentazione, e Bachelard non pensa diversamente. Ha, come la maggior parte dei teorici, una concezione che oggi, dopo Hempel, si direbbe «nomologico-deduttiva» delle teorie fisiche. Ma la questione posta dal filosofo in questo libro non è quella della *presentazione* della teoria compiuta, ma quella della *costituzione* della teoria, cioè della teoria *in fieri*, del suo sviluppo e delle sue successive estensioni. Così la parola «induttivo» designava, per lui, solo le possibilità amplificatrici della teoria della relatività, la sua attitudine a essere estesa o «generalizzata»<sup>370</sup>.

Per avvalorare queste sue considerazioni, Parrochia fa riferimento alla prolusione che Einstein pronuncia a Berlino il 2 luglio 1914, in qualità di nuovo membro della Accademia Prussiana delle Scienze<sup>371</sup>.

Si noterà che nel 1914 Einstein non l’avrebbe smentito. Il fisico aveva difeso, in particolare, con il nome di «fisica induttiva», questa estensione della relatività ristretta alla relatività generale. Come sostiene nella *Prolusione* all’Accademia di Prussia nel 1914, il metodo del teorico presenta due aspetti complementari: ricercare i principi e svilupparne le conseguenze. Il secondo aspetto (la deduzione) era a suo avviso di ordine puramente scolastico e, in questo senso, senza problemi di rilievo. «Ma la prima parte, vale a dire la definizione dei principi che devono servire di base alla deduzione – come scrive molto chiaramente – ha un carattere del tutto differente. Qui non esiste più alcun metodo sistematico applicabile che possa essere appreso e che possa condurre alla meta. Il ricercatore deve piuttosto, ascoltando i segreti della natura, scoprire questi principi generali, cercando di formulare nettamente i tratti generali che collegano i più complessi tra i fatti di esperienza». La conclusione dice ancora: «Abbiamo stabilito che la fisica *induttiva* pone delle domande alla fisica deduttiva e viceversa e che la risposta a queste domande esige la tensione di tutti gli sforzi: si possa presto riuscire, grazie alla collaborazione, a ottenere progressi definitivi». Tali osservazioni, semmai ce ne fosse bisogno,

<sup>370</sup> D. Parrochia, *Preface*, cit., p.8.

<sup>371</sup> Cfr. A. Einstein, *Principes de la physique théorique. Discours de réception à l’Académie des Sciences de Prusse en 1914*, in A. Einstein, *Comment je vois le monde*, ebook Flammarion, Paris 2009, pp.99-102.

Parrochia sostiene che Michel Paty abbia colto in questo discorso di Einstein una concezione “anti-induttivista” e piuttosto ribadisce che “Einstein non ha mai detto di essere anti-induttivista” (D.Parrochia, *Preface*, cit., p.9 n.1). Cfr. M. Paty, *Sur la décidabilité de la géométrie de l’espace physique: Einstein et le point de vue de Riemann*, Exposé au Séminaire Histoires de géométrie, Maison des Sciences de l’Homme, Paris, 1<sup>er</sup> avril 2008, pp.1-25. Sulla prolusione di Einstein cfr. anche Abraham Pais che scrive: “Allorché, il 2 luglio 1914, Einstein pronunciò a Berlino la sua prolusione in qualità di nuovo membro della Preussische Akademie [Accademia prussiana delle scienze], egli colse l’occasione per fare un quadro sommario del suo progetto. La «Vossische» [il più autorevole quotidiano tedesco] aveva annunciato l’evento già la settimana prima, e il giorno dopo pubblicò una sintesi del discorso. E questa è, a mia conoscenza, la prima volta che le nuove idee di Einstein sulla relatività vengono menzionate sulla stampa. Il termine «relatività generale», che qui non viene ancora usato, comparirà in un articolo della «Vossische» di novembre, a proposito di un nuovo discorso di Einstein alla Akademie. Dopo che Einstein ebbe concluso il suo intervento prese la parola Planck, per osservare, in termini molto cortesi, che egli non credeva per nulla a questo nuovo programma di ricerca di Einstein. Planck terminò formulando l’auspicio che le osservazioni dell’eclissi di sole prevista per il 21 agosto potessero fornire informazioni sull’incurvamento della luce che Einstein aveva previsto. La medesima speranza veniva espressa, alla vigilia dell’evento, in un lucido articolo della «Vossische» su «eclissi solare e teoria della relatività» (l’eclissi di quell’anno, tuttavia, non avrebbe prodotto risultati)” (A. Pais, *Einstein è vissuto qui*, tr. di M. Bruno e D. Mezzacapa, Bollati Boringhieri, Torino 1995, p.132). Cfr. A. Pais, “*Sottile è il Signore...*”. *La scienza e la vita di Albert Einstein*, tr. di L. Belloni e T. Cannillo, Bollati Boringhieri, Torino, 1991, p. 262. Come precisa Vincenzo Barone, in quella lezione Einstein sostenne che “lo scopo del fisico teorico [...] è di scoprire i «principi generali» della natura, e spiegò che, mentre nell’ambito dei fenomeni quantistici tale obiettivo era lontano e i fisici quindi non sapevano come utilizzare i fatti empirici a loro disposizione (trovandosi in una situazione simile a quella degli astronomi prima di Newton), nel caso della teoria della relatività un principio – quello dell’invarianza delle leggi fisiche rispetto a cambiamenti del sistema di riferimento inerziale – era già stato formulato e aveva ottenuto delle conferme sperimentali, ma non sembrava del tutto soddisfacente, perché attribuiva un ruolo speciale e ingiustificato ai sistemi inerziali. [Il discorso] “destò non poche perplessità tra i presenti, a cominciare dal più famoso di loro, Max Planck [...]. Gli accademici speravano che nella capitale Einstein si dedicasse al tema di maggiore attualità della ricerca in quel momento, la teoria dei quanti; lui invece ribadì il suo interesse per la generalizzazione della relatività” (V. Barone, *La relatività generale: un capolavoro in tre atti*, Lettera Matematica 99/dicembre 2016, pp.8-17, <http://matematica.unibocconi.it/articoli/la-relativita%20generale-un-capolavoro-tre-atti>).

sarebbero confermate dai testi successivi. Ad esempio, nella famosa conferenza «Geometria ed Esperienza», che risale al 1921, Einstein considerava, accanto alla geometria «assiomatica», una fisica amputata che non può formulare alcun enunciato sul comportamento degli oggetti reali, una geometria «completata», «derivata dall'esperienza» e i cui enunciati si basavano essenzialmente su una «induzione» (nel senso causale) a partire da quest'ultima. Ora, la teoria della relatività era per lui soltanto il prolungamento di questa «geometria pratica», «ramo più antico della fisica», ma la cui esigenza di corrispondenza con il reale giustificava il fatto che la geometria euclidea fosse abbandonata: così il passaggio alle equazioni generali covarianti della teoria della relatività generale, era in linea con questa concezione. Bachelard era quindi perfettamente giustificato – almeno nel 1929 – a interpretare la teoria della relatività come ha fatto: semplicemente, là dove Einstein non vedeva un metodo ma semplici tentativi, Bachelard, invece, si faceva forte per delineare le regole di una nuova epistemologia<sup>372</sup>.

Dunque, secondo Parrochia, nel pensiero di Bachelard, *induzione* starebbe semplicemente per *generalizzazione*. *Induttivo* qualificerebbe un pensiero *generalizzante*, un *prolungamento* o *estensione* di una teoria scientifica, così come accade nelle teorie einsteiniane (dalla relatività ristretta alla relatività generale).

In tal modo, Einstein “non avrebbe smentito” Bachelard. Ma se questo è il senso, Parrochia finisce, a nostro avviso, quasi per assottigliare lo spessore del significato bachelardiano di *induzione*, lo appiattisce sacrificandolo alle dichiarazioni di significato (per giunta assai *mobili*) di un fisico di professione.

Naturalmente, in testi successivi, Einstein [...], affermò la sua ostilità alla nozione di induzione interpretata *stricto sensu*, cioè come metodo di inferenza logica in fisica: «Non esiste un metodo induttivo che possa portare ai concetti fondamentali della fisica» [Einstein, *Fisica e realtà* (1936)]; o ancora: «Le nozioni presenti nel nostro pensiero e nelle nostre espressioni del linguaggio sono tutte – dal punto di vista logico – creazioni libere del pensiero e non possono essere ottenute da esperienze sensibili per via induttiva» [Einstein, *Bertrand Russell e la filosofia* (1946)]. Ma Bachelard, che non ha mai avuto la tentazione di seguire né Stuart Mill né Carnap, avrebbe facilmente sottoscritto tale punto di vista. L'induzione non è per lui, ripetiamolo, un *metodo di inferenza scientifica*. Si tratta soltanto della *qualificazione di un pensiero generalizzante e coordinatore*, vale a dire un metodo di estensione delle teorie scientifiche, eminentemente realizzato nella teoria della relatività di Einstein [...].

Si può naturalmente deplorare il fatto che Bachelard abbia scelto la parola «induzione» per designare un tale movimento. La volontà di opporsi a Meyerson è probabilmente responsabile<sup>373</sup>.

---

<sup>372</sup> D. Parrochia, *Préface*, cit., pp.8-10. Cfr. A. Einstein, *La géométrie et l'expérience*, tr. di M. Solovine, Gauthiers-Villars et cie, Paris 1921; trad. parziale a cura di S. Antoci in *Quando la fisica parlava tedesco (alcune memorie di un'epoca)*, “Quaderni del Gruppo Nazionale di Fisica Matematica (GNFM) del CNR”, Firenze, 2004, pp.84-88 (<http://fisica.unipv.it/antoci/re/Einstein21.pdf>).

<sup>373</sup> D. Parrochia, *Préface*, cit., pp.10-11; 11 n.1.

Bisogna chiedersi che cosa significa, per Einstein, *induzione*. La cosiddetta “ostilità” di Einstein “alla nozione di induzione interpretata *stricto sensu*, cioè come metodo di inferenza logica in fisica” è già nell'articolo apparso sul *Berliner Tageblatt* nel dicembre 1919 e intitolato *Induzione e deduzione nella fisica*, dove Einstein scrive: “L'immagine più semplice che ci si può formare dell'origine di una scienza empirica è quella che si basa sul metodo induttivo. Fatti singoli vengono scelti e raggruppati in modo da lasciare emergere con chiarezza la relazione legiforme che li connette. Tramite il raggruppamento di queste regolarità è possibile conseguire ulteriormente regolarità più generali, fino a configurare – in considerazione dell'insieme disponibile dei singoli fatti – un sistema più o meno unitario, tale che la mente, che riconsidera le cose a partire dalle ultime generalizzazioni così ottenute, potrebbe a ritroso e per via puramente logica pervenire di nuovo ai singoli fatti particolari. [Ma] già un rapido sguardo allo sviluppo effettivo della scienza mostra che i grandi progressi della conoscenza scientifica si sono avuti solo in piccola parte in questo modo. Infatti, se il ricercatore si avvicinasse alle cose senza una qualche idea preconcepita, come potrebbe egli cogliere dall'enorme quantità di una complicatissima esperienza quei fatti che sono abbastanza semplici da rendere palesi relazioni legiformi? [...] I progressi veramente grandi della conoscenza della natura si sono avuti da una via quasi diametralmente opposta a quella dell'induzione. [...] Il ricercatore parte dunque sempre dai fatti, il cui nesso costituisce lo scopo dei suoi sforzi. Ma egli non perviene al suo sistema teorico per via metodica, induttiva; egli, piuttosto si avvicina ai fatti tramite una scelta intuitiva tra teorie pensabili, basate su assiomi” (A. Einstein, *Induzione e deduzione nella fisica* [1919], tr. di D. Antiseri, in “Nuova Civiltà delle Macchine”, anno XIII, n.1-2 (49-50), 1995, pp.149-150; 149. Cfr. E. Giannetto, *Da Bruno ad Einstein*, in “Nuova Civiltà delle Macchine”, 24 n.3 (2006), pp.107-137; Id., *The rise of special relativity: Henri Poincaré's works before Einstein*, in P. Tucci (ed.), *Atti del XVIII Congresso di Storia della Fisica e dell'Astronomia*, Dip. Fis. Generale e Appl., Univ. Milano, Milano, 1998, 171-207; R. Cavailles, *Einstein et les philosophes*, Séminaire de Philosophie et Mathématiques, 1985, fascicule 5, pp.1-27; S. Linguerrri-R. Simili (a cura di), *Einstein parla italiano. Itinerari e polemiche*, cit.).



Che l'induzione cui fa riferimento Bachelard non sia induzione empirica è già del tutto evidente e non occorre ulteriormente ribadirlo. Quanto alla scelta della parola "induzione", più che essere dettata da ragioni di *pars destruens* (contra Meyerson), potrebbe piuttosto riferirsi ad una più complessa e approfondita volontà di *pars construens*.

L'induzione *matematica* non è solo procedimento generalizzante, essa ha una dimensione se non proprio creativa, comunque, per Bachelard, senz'altro *generativa*<sup>374</sup>.

Nella Relatività l'induzione costituisce "il movimento stesso del sistema", movimento di estensione nel possibile che produce delle applicazioni nel reale: l'invenzione "passa al rango di metodo"; il pensiero è teso alla organizzazione dei "quadri *a priori*" del reale; il reale è funzione della relazione matematica che lo definisce. La matematica complessa di cui la Relatività fa uso è animata da slancio logico *induttivo*. Per Bachelard, la novità delle teorie relativistiche, sta nell'*audacia induttiva* del loro metodo: il pensiero "organizza delle entità, prima ancora di porre [...] il problema essenzialmente secondario della loro realtà"<sup>375</sup>. In Relatività, un fenomeno si presenta come una funzione di più variabili. Lo spirito scientifico non si accontenta di pensare l'esperienza solo nei suoi tratti salienti, nelle sue variabili caratterizzanti, ma pensa a tutte le possibilità sperimentali e a queste possibilità dà un'organizzazione matematica, così che il reale risulta un caso particolare del possibile<sup>376</sup>. Il reale scientifico è, dunque, una delle possibilità realizzate.

È per via dello "strumento" matematico (anche se di mero strumento non si dovrebbe parlare), nello specifico è con il calcolo tensoriale<sup>377</sup> (che, attraverso il gioco dei suoi indici multipli, generalizza, sensibilizzando tutte le variabili), che il reale è collocato nella sua vera prospettiva. Quell'*audacia induttiva* da proprietà dello strumento diventa forza inventiva della mente, che la mente acquisisce nella pratica di tale strumento<sup>378</sup>.

Ne *Il nuovo spirito scientifico*, Bachelard scrive:

La disciplina del calcolo tensoriale esige, infatti, che non sia tralasciato nulla, che sia operata una specie di enumerazione organica e istantanea, capace di darci la certezza che al nostro sguardo si offrono tutte le variazioni del simbolo. È questa un'estensione razionale del procedimento cartesiano di enumerazione mnemotecnica [...]. Così, anche nei dettagli del calcolo, veglia una specie di coscienza della totalità. Siamo ben lungi dallo stato analitico del pensiero newtoniano<sup>379</sup>.

La ragione scientifica va al cuore del reale e lo pensa matematicamente come oggetto di relazioni, nelle quali il fenomeno per intero si risolve. Essa acquista, nel maneggiare tale strumento di calcolo, nuove capacità di generalizzazione. La matematica è, allora, più di uno strumento, è pensiero, pensiero *induttivo-sintetico*:

---

<sup>374</sup>A tal proposito, Charles Alunni scrive: "Prendendo in considerazione il ruolo essenziale attribuito da Bachelard all'*induzione algebrica* come uno dei *principi innovativi* del calcolo tensoriale in cui regna l'ordine dei *possibili* dietro cortei di indici, Marie-Antoinette Tonnelat illumina le sue posizioni: «Non pensiamo, tuttavia, che questo metodo rivesta così un carattere 'antirealista', prendendo il pretesto di un «reale dato» per circondarlo di un 'corteo di possibilità'. [...] Il ruolo, certamente incontestabile, dell'induzione algebrica non ci sembra tuttavia promuovere, nella sua applicazione alla Relatività generale, un nuovo corteo di possibili. [...] **In particolare, se il calcolo tensoriale costituisce un metodo estremamente conveniente [...], non possiede le virtù semi-creative che si sarebbe [Bachelard!] tentati di attribuirgli»** (C. Alunni, *Spectres de Bachelard. Gaston Bachelard et l'École surrationaliste*, cit., p.24 [il grass. è ns.]).

<sup>375</sup>G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, p.226.

<sup>376</sup>Ivi, p.53. Come scrive Canguilhem, "quel che Bachelard chiama dialettica è il movimento induttivo che riorganizza il sapere allargandone le basi, in cui la negazione dei concetti e degli assiomi non è che un aspetto della loro generalizzazione. Questa rettifica dei concetti, Bachelard la chiama d'altronde *inviluppo* o *inclusione* altrettanto volentieri che *superamento*", in G. Canguilhem, *La dialettica e la filosofia del «non» in Gaston Bachelard* [1963] in *L'epistemologia di Gaston Bachelard*, tr. di R. Lanza-M. Magni, Jaca Book, Milano 1969, pp.107-116; 107.

<sup>377</sup>La concezione geometrica della Relatività richiede nuove formule di calcolo matematico che Einstein attinge dalla geometria riemanniana e dal calcolo tensoriale, elaborato dai matematici italiani Ricci Curbastro e Levi-Civita. Cfr.: A. Einstein, *Relatività: esposizione divulgativa*, tr. di V. Geymonat, Boringhieri, Torino 1977<sup>4</sup>, pp.72-74; G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, cit., pp.73;83-84; A. Spaier, Recensione a: G.Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, "Recherches philosophiques", I, 1931-1932, pp. 368-373; J. Becquerel, *Le principe de la Relativité et la théorie de la gravitation*, Gauthier-Villars et C<sup>ie</sup>, Paris 1922, pp.146-147; Suzanne Bachelard, *La conscience de rationalité*, Puf, Paris 1958, p.61.

<sup>378</sup>G. Bachelard, *Il nuovo spirito scientifico*, a cura di A. Alison, cit., p.70.

<sup>379</sup>Ivi, pp.70-71.

Langevin diceva che: «Il calcolo tensoriale conosce la fisica meglio dello stesso fisico»<sup>380</sup>.

Tale procedere *induttivo* messo in opera nella Relatività e che, per Bachelard, è il metodo stesso della scienza (anche le meccaniche quantistica e ondulatoria, infatti, si presentano “matematicamente, in parecchi tratti, come metodi di generalizzazione sistematica”). Esso coglie nel reale il pretesto del generale, lo involge in un corteo di possibilità matematiche senza trascurare nessuna di queste possibilità. È, perciò, attraverso il possibile che si scopre il reale negli elementi che sfuggirebbero ad un’analisi approfondita del dettaglio: “si vede in quanto si prevede”<sup>381</sup>.

In effetti, la Relatività tende al tempo stesso a un incessante allargamento del pensiero e a una totalizzazione metodica dei fenomeni intuitivamente diversi e si dovrà riconoscere una duplice radice alla forza induttiva che la anima. Questa forza induttiva poggia di volta in volta su ragioni sperimentali e su ragioni di ordine matematico. Ma la convergenza dei risultati è così netta che si deve poter mostrare, nella Relatività meglio che altrove, da dove procede l’unità del pensiero matematico e dell’esperienza<sup>382</sup>.

Per Bachelard, la Relatività è, dunque, una novità (novità che non si può far tacere ricucendo, nel segno della continuità, lo strappo causato dalla smentita inflitta alla concezione dell’etere dall’esperimento mancato di Michelson). Essa ha mutato l’immagine fisica tradizionale del mondo, ha obbligato a ripensare i concetti scientifici quali *spazio*, *tempo*, *materia* ritenuti fissati per sempre e l’idea di corpo pensato cartesianamente come rigido, imm modificabile nelle sue qualità primarie. Il “salto” dai quadri euclidei a quelli riemanniani ha fatto “saltare” l’idea di spazio contenitore indifferente e rigido, estraneo al movimento dei suoi contenuti e ha reso operativa l’idea di un continuo spazio-temporale curvo a quattro (o 3+1) dimensioni, concepito in stretta connessione con la materia e con il campo gravitazionale che essa genera (la struttura spazio-temporale «incurva» in presenza di grandi masse gravitazionali ed è «non-euclidea»).

Soprattutto, la Relatività ha segnato la fine dell’idea che la descrizione newtoniana del mondo fosse un sapere definitivo, ha, cioè, fatto crollare l’idea di definitività del sapere scientifico. Ha, così, riaperto il discorso sul metodo e posto l’urgenza di ridisegnare i tratti della ragione scientifica. L’urgenza del filosofo deve essere quella di riflettere su questa rivoluzione scientifica e sulle sue conseguenze.

---

<sup>380</sup> Ivi, p.69. In *L’attività razionalista della fisica contemporanea*, Bachelard scrive: “Bisogna rompere con questo luogo comune caro ai filosofi scettici che vogliono vedere nelle matematiche solo un *linguaggio*. La matematica invece è un *pensiero*, un pensiero sicuro del suo linguaggio. Il fisico pensa l’esperienza con questo pensiero matematico [...]. Per questo, ogni esposizione filosofica delle nuove meccaniche richiede un costante riferimento a un razionalismo matematico [...]. Bisogna comprenderne la funzione epistemologica ponendosi all’incrocio stesso del pensiero astratto-concreto, all’incrocio stesso dove l’*algebra* si lega alla *organizzazione* dell’esperienza, dove l’algebra pensa l’esperienza. Quando si pensavano i fenomeni concretamente per forme e strutture si poteva immaginare un mondo di essenze geometriche pure [...]. Ma l’asse delle determinazioni sperimentali della scienza contemporanea non segue la direzione postulata da un realismo platonico [...]. La scienza fisica contemporanea è una unione inscindibile astratto-concreta [...] non corrisponde a un mondo da descrivere. Corrisponde a un mondo da costruire [...]. Non ha di mira una ontologia. Attua piuttosto delle ontogenesi. Bisogna allora [...] caratterizzarla nella sua complessa filosofia come una epistemologia ontogenetica, come un razionalismo attivo, un razionalismo applicato” (G. Bachelard, *L’attività razionalista della fisica contemporanea*, cit., pp.55-56; 72; 56).

<sup>381</sup> G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, p.99. Per Bachelard la Relatività deriva da un pensiero secondo che è riflessione, che è diverso dalla conoscenza intuitiva che pone il suo oggetto come particolare e assoluto. La particolarizzazione è colta immediatamente nella sua assolutezza. Le vie della generalizzazione ci danno elementi del reale che sfuggirebbero a uno studio approfondito del particolare, sempre affetto da relatività (*ibidem*).

Come osserva Gérard Chazal, “il realismo di Meyerson e forse quello di Einstein appaiono a Bachelard come forme di quello che lui chiamerà realismo naïf, realismo delle sostanze che si scontra quasi necessariamente con l’ostacolo sostanzialista che egli attribuisce allo spirito prescientifico ne *La formation de l’esprit scientifique*. Ma, d’altra parte, Bachelard non mancherà di notare a più riprese l’impotenza dell’idealismo [...]. In altri termini, se l’influenza di Brunschvicg è innegabile nell’opera di Bachelard del 1929, vi permane comunque una forma di realismo che non è quella di Meyerson, che non è quella delle sostanze, ma, come ha dimostrato Daniel Parrochia, un realismo della relazione portato dalla potenza sintetica della matematica e, in particolare, del calcolo tensoriale. Detto ancora altrimenti, Bachelard sostituisce al realismo dell’assoluto il realismo dell’invariante che l’apparato matematico porta alla luce” (G. Chazal, *Bachelard et la relativité*, cit., p.40).

<sup>382</sup> G. Bachelard, *La valeur inductive de la relativité*, p.63.

## PERCHÉ “NOVITÀ” DELLE “DOTTRINE RELATIVISTICHE”?

Gaston Bachelard amava celebrare la «novità» delle teorie. Con ciò non intendeva il loro carattere recente, ma la loro dimensione innovativa, cioè la rottura che operano con le evidenze che ostacolano il progresso dello spirito scientifico<sup>383</sup>.

L'introduzione de *Il valore induttivo della relatività* s'intitola: *La novità delle dottrine relativistiche*.

La novità è una obiezione, un problema. Quella delle “dottrine relativistiche” per chi lo è? Per il filosofo, è lui che si stupisce. Perché? Perché il nuovo *sistema* scientifico non è contenuto per intero nei suoi stessi postulati, non si ricava per deduzione. Il pensiero che anima la Relatività si rivela come un pensiero costruttivo dov'è lo *spirito* che costruisce la sua sorpresa. La Relatività è un *metodo di scoperta progressiva*. Non solo un rinnovamento definitivo nel modo di pensare i fenomeni fisici. *Non c'è nulla nel sistema di Newton che possa far prevedere quello di Einstein e ridurre così la novità trascendente di quest'ultimo. La rottura tra i due metodi è veramente irrevocabile: si tratta di due ordini di pensiero del tutto eterogenei*. Per “saltare” dal sistema newtoniano a quello einsteiniano non basta che siano rettificati dei vecchi principi o che sia affinato il rilevamento delle misure. C'è bisogno di uno *sforzo di novità totale, di un'induzione trascendente*<sup>384</sup>.

La Relatività è, storicamente parlando, una *novità* perché *rompe* con certi insegnamenti e certe abitudini della tradizione, con esperienze consolidate (ed è *rottura* a partire dal fallimento dell'esperimento di Michelson<sup>385</sup>), ma è anche *novità* dal punto di vista epistemologico, perché essa stessa si pone come problema.

Nella Prefazione alla ristampa del 2014 de *La valeur inductive de la relativité*, scrive Parrochia:

Altro grosso problema di lettura [il primo era l'uso del “qualificativo «induttivo»”]: il titolo dell'introduzione del libro - «La novità delle dottrine relativistiche» – può anche sorprendere. Perché parlare di «dottrina»? Perché al plurale? Bachelard, che è uno dei pochi filosofi a poter leggere da vicino, in quel periodo, pubblicazioni scientifiche di alto livello, sa perfettamente distinguere una «dottrina» filosofica da una «teoria» scientifica. La parola «teoria relativistica» si troverà del resto un po' più avanti nel suo testo. Come spiegare un tale lassismo di vocabolario? Ci sembra che occorra, ancora una volta, ricollocare il testo nel suo contesto: in primo luogo, dobbiamo ricordare che siamo ancora, nel 1929, in piena battaglia relativistica - sostenitori e avversari di Einstein che continuano a confrontarsi su punti sia filosofici che fisici, contribuendo così a mischiare i due aspetti della teoria; d'altra parte, è proprio della *filosofia* è a fondamento [*sous-jacente*] nella teoria di Einstein - o, in ogni caso, delle considerazioni epistemologiche che si possono ricavare da essa, che si discuterà per il tutto libro. In questo senso, la parola «dottrina» non è completamente usurpata. Inoltre, le estensioni della teoria della relatività, in particolare in de Sitter, Weyl o soprattutto Eddington, faranno emergere *punti di vista* diversi: non *una*, di conseguenza, ma *delle* dottrine sufficientemente diverse per essere distinte. Ecco dunque cosa rende conto del plurale della parola «dottrina»<sup>386</sup>.

Perché, dunque, parlare di «dottrina»? E perché al plurale? – si domanda Parrochia.

<sup>383</sup> V. Bontems, *La lignée fractale: le surrationalisme des géométries non-différentiables*, in Id., (dir.), *Bachelard et l'avenir de la culture. Du surrationalisme à la raison créative*, cit., pp.61-78; 61.

<sup>384</sup> G. Bachelard, *Il nuovo spirito scientifico*, cit., p.62. Bachelard precisa che si tratta di “induzione trascendente” e non di “induzione amplificante”. Non c'è solo estensione, ampliamento per accumulo di conoscenza, ma riorganizzazione sintetica e unitaria del sapere su basi nuove. cfr.: H.Saget, *L'induction «trascendente» selon Bachelard*, in AA.VV., *G.Bachelard. L'homme du poème et du théorème. Colloque du Centenaire. Dijon 1984*, Éditions Universitaires de Dijon, Dijon 1986, pp.93-102; J. Morizot, *L'induction métaphysique dans la pensée de Gaston Bachelard*, in AA.VV., *G.Bachelard. L'homme du poème et du théorème. Colloque du Centenaire. Dijon 1984*, cit., pp.197-204.

<sup>385</sup> A. Pais, *Il danese tranquillo. Niels Bohr* **Errore. Il segnalibro non è definito.**, *un fisico e il suo tempo, 1885-1962*, [1991], tr. di D. Canarutto, Bollati Boringhieri, Torino 1993 (sull'esperimento di Michelson-Morley, in particolare, ivi, pp.73-78). Scrive Pais: “L'esperimento di Michelson e Morley sfidava la logica, perlomeno quella classica [...]. Alcuni tentarono di salvare la situazione in maniera che potremmo dire convenzionale, mantenendo il concetto di etere ma definendone differentemente le proprietà. Tali tentativi non portarono a nulla. La risposta corretta, quella data da Einstein, è che la stessa logica classica deve essere modificata da una teoria radicalmente nuova, oggi detta teoria della relatività ristretta” (ivi, p.75). Cfr.: G. Gembillo, *Albert Einstein*, in G. Gembillo – M. Galzigna, *Scienziati e nuove immagini del mondo*, Marzorati, Milano 1994, pp. 15-57; 20, n.16.

<sup>386</sup> D. Parrochia, *Préface*, cit., p.11.

Il linguaggio di Bachelard risentirebbe del contesto teorico che è ancora quello del '29? Ebbene, solo qualche considerazione.

Dal *Bollettino della Société Française de Philosophie*, seduta del 6 aprile 1922:

**BRUNSCHVICG.** – De fait, quand il s'est agi de décider comment on pouvait passer des cadres de l'espace et du temps aux réalités de la matière et du mouvement, on s'est heurté à des contradictions insolubles – témoin Descartes [...] – témoin Laplace [...]. Or, tous ces embarras disparaissent, comme par enchantement, avec **les doctrines de la relativité**. Pourquoi? Parce qu'**elles ne connaissent** plus le mathématique pur, l'espace pris à part de ce qui le remplit, le temps pris à part de ce qui se passe, d'un mot le système de mesure qui serait défini en tant que *mesuranti*<sup>387</sup>.

Anche Brunschvicg parla di «dottrine relativistiche», per giunta mentre si rivolge ad Einstein in persona. In *L'expérience humaine et la causalité physique* [1922], mette per iscritto: «**les doctrines de la relativité**»<sup>388</sup>.

Ma è Bachelard stesso (e non più nel '29) a parlare ancora in questi termini:

in *Le nouvel esprit scientifique*:

Nous avons écrit il y a quelques années un livre spécial pour dégager le caractère de nouveauté essentielle des **doctrines relativistes**<sup>389</sup>.

In *La philosophie du non*:

Pour le dire entre parenthèses, à nos yeux c'est donc bien loin d'être un défaut des nouvelles **doctrines de la mécanique ondulatoire** que le fait que ces **doctrines** sont développées dans un espace de configuration encore plus abstrait [...].

En effet, jusqu'ici, comme le remarque Jean-Louis Destouches, les **doctrines quantiques** n'ont réalisé que des quantifications cinématiques.<sup>390</sup>

In *L'activité rationaliste de la physique contemporaine*:

Une **doctrine de la science** est désormais essentiellement une doctrine de la culture et du travail, une doctrine de la transformation corrélatrice de l'homme et des choses [...].

... une **doctrine comme la mécanique ondulatoire** est une *synthèse historique* [...].

... on est frappé de la puissance de synthèse des **doctrines quantiques** [...].

... les nouvelles **doctrines de la mécanique ondulatoire** de la matière [...].

Si l'on se refuse à remarquer le caractère éminemment philosophique des **nouvelles doctrines scientifiques**, c'est parce que peu à peu la philosophie moderne a négligé l'examen de la pensée scientifique.

... sur le plan strictement moderne, la **doctrine des ondulations** de Fresnel se voit dialectisée par la **doctrine corpusculaire** d'Einstein avec le photon [...].

<sup>387</sup> In "Bulletin de la SFP", n. 1922, 22, 3, cit., p.358 [il grass. è *ns.*] ("Di fatto, quando si è trattato di decidere come si poteva passare dai quadri dello spazio e del tempo alle realtà della materia e del movimento, si è urtato con contraddizioni insolubili – testimone Cartesio [...] – testimone Laplace [...]. Tutti questi imbarazzi scompaiono, come per incanto, con le dottrine della relatività. Perché? Perché esse non conoscono più il matematico puro, lo spazio considerato a parte rispetto a ciò che lo riempie, il tempo considerato a parte rispetto a ciò che accade, in una parola il sistema della misura che sarebbe definito in quanto *misurante*", in *La teoria della relatività nel dibattito della Société française de Philosophie* (6 aprile 1922), in G. Polizzi, *Einstein e i filosofi*, cit., p.80).

<sup>388</sup> L. Brunschvicg, *L'expérience humaine et la causalité physique*, Alcan, Paris 1922, p.438 (libro XVI - *La crise des Théories physiques à la fin du XIX<sup>e</sup> Siècle*, cap. XLII - *Mécanique et Physique*. Nello stesso capitolo, a p.434, si legge: "Si la guerre n'avait pas empêché la vérification qui devait être faite lors de l'éclipse totale du 19 août 1914, la **doctrine nouvelle de la gravitation** n'eût pas débuté par le succès si frappant qu'elle rencontra le 29 mai 1919"). E ancora, nel libro XV - *Les Théories de la Relativité*, cap. XL - *La théorie de la Relativité au sens restreint*: "**doctrine** de la relativité" (pp.409; 410); cap. XLI - *La théorie de la Relativité généralisée*: "généralisant la théorie de la relativité il l'a mise en état de constituer une **doctrine** de la gravitation" (p.414).

Scrive, inoltre, Edmond Goblot: "Je me suis demandé quel est cet espace absolu que répudie la **doctrine** de la relativité" (E.Goblot, *Einstein et la métaphysique*, in "Revue Philosophique de la France et de l'Étranger", 47<sup>ème</sup> année, t. XCIV, 1922, pp.135-152 ;147. Nello stesso numero della "Revue", Hans Reichenbach: "Le fait que la théorie de la relativité restreinte admet, elle aussi, ces propriétés, signifie que sa **doctrine** du temps n'est pas encore aussi éloignée qu'on le croit de l'ancienne doctrine" (H. Reichenbach, *La signification philosophique de la théorie de la relativité*, in "Revue Philosophique de la France et de l'Étranger", cit., pp.5-61; 21).

<sup>389</sup> G. Bachelard, *Le nouvel esprit scientifique* [1934], Puf, Paris 1987<sup>17</sup>, p.45.

<sup>390</sup> G. Bachelard, *La philosophie du non* [1940], Puf, Paris 1983<sup>9</sup>, pp.75; 87.

Enfin, dernier caractère philosophique sur lequel nous voudrions insister, toutes les grandes **doctrines scientifiques** qui ont renouvelé la physique au XX<sup>e</sup> siècle retrouvent toutes les conclusions de la mécanique et de la physique classiques<sup>391</sup>.

In *Le nouvel esprit scientifique et la création des valeurs rationnelles*:

La relativité est une **doctrine** de l'absolu<sup>392</sup>.

In *Univers et réalité*:

[...] je cesse de bien comprendre les **doctrines de la relativité généralisée** quand elles prétendent passer du phénomène mécanique précis à une sorte de *phénomène mondial*<sup>393</sup>.

In *La dialectique philosophique des notions de la Relativité*:

C'est en se fondant sur la synthèse de l'algèbrisme et de l'expérience scientifique qu'on peut correctement désigner le renouveau rationaliste qui implique les **doctrines** d'Einstein [...].

...le *rationalisme instruit* [...] est un des aspects philosophiques les plus nets des **doctrines de la Relativité**<sup>394</sup>.

D'altra parte, com'è noto, la parola "dottrina" è definibile come "complesso d'idee su cui si sia esercitata una metodica riflessione; in questo senso la dottrina si realizza nella scienza e nella filosofia, benché spesso il termine sia più usato per indicare la filosofia"<sup>395</sup>.

La riflessione di Bachelard si situa, com'è noto, all'interno di un dominio squisitamente epistemologico. Va colta la portata filosofica della *rivoluzione scientifica* (la filosofia, adesso meno che mai, non deve restare scollata dalla scienza). Per questo, parlare di "dottrina" o di "dottrine" in riferimento al lato epistemologico delle teorie scientifiche einsteiniane non ci pare né sconveniente né obsoleto.

Ma Parrochia rincara la dose (salvo di seguito esorcizzare le sue stesse obiezioni).

Terza pietra d'inciampo [...]: quando si tratterà della concezione stessa di Einstein, accadrà a Bachelard di impiegare, almeno una volta, l'espressione – apparentemente tanto obsoleta quanto inappropriata di «sistema di Einstein». Anche se effettivamente c'è una componente filosofica nel pensiero di Einstein – teorico determinista, influenzato da Spinoza e Schopenhauer –, è altrettanto evidente che questi non abbia voluto costruire un «sistema» nel senso di Descartes, di Spinoza o di Hegel. Quindi la parola sembra usata male [*maladroit*]. Notiamo, tuttavia, che questa parola «sistema» designava prima di tutto, nel XVII secolo, teorie *fisiche*. È in questo senso che la usa Galileo a proposito di Copernico e Tolomeo. Si parla ancora in questo senso nel XVIII secolo del «sistema di Newton». Senza commettere un vero e proprio anacronismo, Bachelard avrebbe quindi semplicemente il torto di usare un linguaggio un po' antico<sup>396</sup>.

*Sistema*: parola obsoleta, linguaggio d'altri tempi? Al contrario.

Scrive Morin:

Che cos'è un sistema? È una relazione tra parti che possono essere molto differenti le une dalle altre e che costituiscono un tutto contemporaneamente organizzato, organizzante e organizzatore. A tal proposito è nota la formula molto antica che il tutto è più della somma delle parti, poiché la somma delle qualità o proprietà delle parti non basta per conoscere quelle del tutto: appaiono delle qualità o proprietà nuove, dovute all'organizzazione di queste parti in un tutto; queste sono le emergenze. Ma c'è anche una «sottrattività» che ho voluto mettere in rilievo enunciando che il tutto è non solo più della somma delle parti, ma che è anche meno della somma delle parti. Perché? Perché un certo numero di qualità e di proprietà presenti nelle parti possono essere inibite dall'organizzazione del tutto [...].

È necessario capire che «ogni sistema è complesso» [...].

<sup>391</sup> G. Bachelard, *L'activité rationaliste de la physique contemporaine* [1951], Puf, Paris 1965<sup>2</sup>, pp.3; 24; 158; 171; 194; 199; 208.

<sup>392</sup> G. Bachelard, *Le nouvel esprit scientifique et la création des valeurs rationnelles* [1957], in *L'engagement rationaliste* [post.], Puf, Paris 1972; pp.89-99; 96.

<sup>393</sup> G. Bachelard, *Univers et réalité*, cit., p. 105.

<sup>394</sup> G. Bachelard, *La dialectique philosophique des notions de la Relativité* [1949], cit., p.128.

<sup>395</sup> Voce "Dottrina", a cura di G. Di Napoli, in *Enciclopedia Filosofica*, G.C. Sansoni Ed., Firenze 1967, vol.II, pp.626-627.

<sup>396</sup> D. Parrochia, *Préface*, cit., p.12.

Per ciò che concerne le scienze, possiamo vedere un certo numero di conseguenze. Innanzitutto la scienza classica è qualcosa di complesso, anche se produce la conoscenza semplificante. Perché? Perché la scienza è un quadrupede che cammina sulle quattro zampe seguenti: la zampa dell'empirismo fatta di dati, di sperimentazione o d'osservazione; la zampa della razionalità, fatta di teorie logicamente costituite; la zampa della verifica, sempre necessaria; la zampa dell'immaginazione, poiché le grandi teorie sono i prodotti di una potente immaginazione creatrice. Così la scienza è complessa, essa si produce da un movimento quadrupede, che le impedisce di paralizzarsi<sup>397</sup>.

Neanche nell'uso che ne fa Bachelard, la parola *sistema* ci pare un *ostacolo epistemologico*. Eppure, secondo Parrochia,

una dubbia innovazione semantica (induzione), una spiacevole ambiguità (dottrina), un vocabolario tendente al vecchio (sistema): a volte non ci vuole di più per chiudere un libro appena cominciato e seppellire un autore prima ancora di averlo letto [...]. Non contento [...], Bachelard aggravava [...] il suo caso, poiché, fin dalle prime pagine del libro sembrava accumulare provocazioni, affermando successivamente 1) che la «dottrina» di Einstein non poteva essere spiegata da antecedenti storici!; 2) che la Relatività era nata da un'esperienza mancata (quella di Michelson); 3) che l'ampliamento del pensiero che conduceva a quella totalizzazione metodica che era la teoria della relatività seguiva un percorso quasi obbligato, che obbediva ad una forza induttiva basata su ragioni allo stesso tempo sperimentali e matematiche. L'aggiunta della rottura, l'interpretazione discutibile della nascita della teoria, infine, la ricostruzione fittizia della sua genesi avrebbero potuto ulteriormente contribuire a declassare l'opera ma, per coronare il tutto, si deve anche riconoscere che quest'ultima è particolarmente densa [*ouvrage touffu*], non solo perché Bachelard non si dà la pena di esporre la teoria della relatività prima di commentarla, presupponendola più o meno nota [...], ma, in più, include nel testo, pieno di idee, molti temi annessi (attinenti anche alla matematica, alla meccanica quantistica, alla metodologia dell'epistemologia, ecc.) che saranno sviluppati e troveranno pure tutta la loro chiarezza di espressione solo in opere successive<sup>398</sup>.

Viene da chiedersi se dietro i rilievi di Parrochia non ci sia qualche lieve intenzione a ipotizzare, più o meno fantasiosamente, le ragioni per le quali Bachelard sia arrivato a desiderare che questo suo scritto si perdesse nel silenzio.

Ciò nonostante, e quali che siano le critiche che si possono rivolgere a Bachelard, il suo libro è molto meglio di quanto appare a prima vista al lettore. Per rispondere almeno ad alcune delle obiezioni precedenti, possiamo iniziare con le seguenti osservazioni: in primo luogo, il punto di vista di

---

<sup>397</sup> E. Morin, *Complexité restreinte, complexité generale*, "Complessità", anno I, n.2, giugno-dicembre 2006, pp.6-29 (tr. di A. Anselmo, *infra*, pp.30-53; 36;45). "Sistema" è, dunque, "la composizione di più elementi in un tutto unitario. Gli elementi, però, non costituiscono il tutto con la loro somma, come sue semplici parti, ma vi entrano ciascuno con una sua funzione, coordinata con la funzione degli altri [...]. La realtà di un sistema rivela, infatti, l'esistenza di un piano che non occorre sempre pensare come prestabilito, al modo dei progetti formulati dalla mente dell'uomo, ma che, comunque, si può osservare all'opera, immanente nella cosa stessa che si organizza" (Voce "Sistema", a cura di A. Guzzo – V. Mathieu, in *Enciclopedia Filosofica*, cit., vol.V, pp.1412-1415).

"Il sistema diventa l'oggetto della «scienza nuova»" si legge in G. Gembillo – A. Anselmo, *Edgar Morin e i processi di eco-auto-organizzazione*, "Riflessioni Sistemiche", n.5/novembre 2011, pp.86-97; p.88. Cfr.F. Gembillo, *Conoscenza ed etica nel pensiero di Edgar Morin*, Aracne, Roma 2018; F. Russo, *Il concetto di organizzazione in Edgar Morin*, Aracne, Roma 2018. Ancora, sul "pensiero sistemico" cfr. G. Gembillo, *Le polilogiche della complessità. Metamorfosi della Ragione da Aristotele a Morin*, cit., in particolare sui "pilastri della complessità" ("1.Tutto ciò che esiste è articolato in sistema; 2.Ogni sistema è connessione-interazione di parti; 3.Ogni sistema è un organismo; 4.Ogni sistema-organismo è una struttura dissipativa; 5.Una struttura è sistema organizzato in parti complesse, cioè «tessute insieme»; dunque non è, semplicemente, ordinato; 6.Tutto ciò che è reale, è complesso; [...] 10. Il semplice non esiste; esiste il semplificato", *ivi*, p.13 sgg.); G. Gembillo – A. Anselmo, *Filosofia della complessità*, Le Lettere, Firenze 2013 ("Il linguaggio che descrive il pluriverso è sistematico ma transeunte e autopoietico", *ivi*, p.144); G. Gembillo – A. Anselmo – G. Giordano, *Complessità e formazione*, Enea, Roma 2008 ("Se, dal punto di vista logico, la svolta è costituita dalla circolarità, da un punto di vista più generale ciò che, contemporaneamente alla svolta logica, è avvenuto, è il ritorno dell'idea di sistematicità. Questo ritorno può essere datato alla fine degli anni sessanta del Novecento, quando Ludwig von Bertalanffy ha avvertito la necessità di elaborare una «Teoria generale dei sistemi» [...]. La tecnologia è stata sospinta a pensare non tanto in termini di macchine singole, quanto in termini di 'sistemi'. Considerato tutto ciò, è opportuno fare una riflessione di carattere generale sul senso di questa svolta e, per cominciare con una disamina più specifica al riguardo, «vale forse la pena di riassumere le caratteristiche fondamentali del pensiero sistemico» *ivi*, p.88); G. Gembillo – G. Giordano, *Ilya Prigogine. La rivoluzione della complessità*, Aracne, Roma 2016; G. Arazzi, *La vocazione alla complessità di Gaston Bachelard*, Foedus n.16/2006, pp.16-29; B. Favier-Ambrosini – M. Quidu, *L'ancrage symbolique des oeuvres épistémologiques de Gaston Bachelard, Michel Serres et Edgar Morin*, "Revue Philosophique de Louvain", 113(4) 2015, pp.645-677.

<sup>398</sup> D. Parrochia, *Préface*, cit., pp.12-13.

Bachelard in questo libro non è storico; l'autore non nega, inoltre, che l'epistemologo possa rivivere il processo di creazione di una teoria scientifica solo dall'esterno, e che il «dinamismo della scoperta», di cui si può peraltro essere curiosi, sia ancora da comprendere e da spiegare forse in primo luogo da parte degli stessi attori. Semplicemente non è questo il suo progetto. Il suo metodo, che è rivelato solo alla fine del libro e che sarà davvero chiaramente esposto solo ne *Il razionalismo applicato*, consiste nel ricostruire la traiettoria di un pensiero, liberato dalle scorie e dai rischi della sua storia.

[... Quanto] all'esperienza di Michelson come fonte della teoria [...]: in primo luogo è così che Einstein ha spesso presentato le cose nei suoi testi di divulgazione; in secondo luogo, Bachelard dimostra in altre parti del suo libro che conosce l'effettiva posta in gioco dell'introduzione della trasformazione di Lorentz: l'impossibilità per le equazioni del campo elettromagnetico di soddisfare la trasformazione di Galileo. Conosce anche questo, nel 1929, meglio di chiunque tra i filosofi. Quanto all'aspetto complesso del libro, occorre considerarlo non solo un effetto del tema, ma anche il fatto che l'opera è veramente il «nucleo» di quella nuova epistemologia che Bachelard svilupperà nei venti anni successivi, e ancor più della filosofia che costruirà intorno, anche nelle sue parti apparentemente più lontane dall'epistemologia, ma che, tuttavia, mantengono un legame con essa. Tenuto conto di ciò che è stato detto, si comprenderà meglio, d'ora in poi, il piano del libro. Esso comincia col rivelare innanzitutto il notevole movimento di generalizzazione che caratterizza la teoria della relatività, in particolare penetrando nel cuore dell'«induzione matematica» che l'ha guidata, cioè il calcolo tensoriale; quindi, da lì, si tratterà di analizzare l'estensione e la profondità della teoria di Einstein studiando tutto ciò che conferisce unità, continuità, coordinamento e necessità al pensiero relativistico. Infine, Bachelard trarrà alcune conseguenze filosofiche della teoria, in particolare per quanto riguarda la nozione di realtà, che non sarà più posta alla base della scienza, come in Meyerson, ma al vertice - un vertice sempre momentaneo e provvisorio - di un movimento di pensiero che non si interrompe mai<sup>399</sup>.

Dunque, conviene ripartire da Bachelard, senz'altre esitazioni semantiche, e ricominciare dal senso della novità delle dottrine relativistiche.

Capire la «novità» del sistema einsteiniano significa anzitutto ammettere che c'è stata rottura con il sistema newtoniano<sup>400</sup>.

Scrivendo Bachelard: «Se c'è, in effetti, una dottrina che gli antecedenti storici non spiegano, è quella della Relatività [...]. Insomma, la Relatività non ha alcun rapporto con la storia se non sul ritmo di una dialettica. Essa si pone opponendosi»<sup>401</sup>.

Se la relatività manca di antecedenti storici, se è una *scienza senza antenati*<sup>402</sup> è perché essa «non poteva che svilupparsi nell'atmosfera di una matematica perfezionata; ecco perché la dottrina manca veramente di antecedenti»<sup>403</sup>.

---

<sup>399</sup> Ivi, pp.14-16.

<sup>400</sup> Scrivendo Suzanne Bachelard: «Sarebbe un errore pensare che si ha sotto controllo la crescita dell'albero perché se ne conoscono le radici [...]. Le dialettiche produttive non sono visibili nelle basi elementari del sapere» (S. Bachelard, *La conscience de rationalité*, Puf, Paris 1958, pp. 3; 4 [la tr. è ns.]). E ancora: «Quando si produce una rottura epistemologica non solo appaiono nuovi concetti, nuove teorie, nuovi metodi, nuove problematiche, ma non si può più neanche trovare alcun raccordo tra l'antico e il nuovo. Il prima ed il dopo vengono a formare due universi di pensiero estranei l'uno all'altro. Citiamo sommariamente come esempio di rotture epistemologiche le discontinuità provocate da Lavoisier, Galois, Pasteur, Mendel, Mendeleev, Cantor, Einstein. Quanto a noi preferiamo riservare l'espressione «taglio epistemologico», tenendo presente la sua accezione matematica, a un tipo particolare di rottura: cioè a quelle che sono retrospettivamente sentite come un passaggio al limite di modificazioni precedenti. In un certo senso si può dire che esse non sono che i compimenti, impreveduti certamente, ma prevedibili, di ciò che non era stato condotto a conclusione. Ma sono proprio questi compimenti e dei compimenti per discontinuità che decidono audacemente del cambiamento del destino della scienza. Per esempio, si può affermare che, mentre la Relatività ristretta determina solo un taglio, la Relatività generale determina una rottura nello sviluppo della meccanica. Infatti l'affermarsi della teoria relativista della gravitazione rappresenta un atto di audacia incomparabile: non c'era teoria meglio verificata in ogni particolare della teoria newtoniana della gravità» (S. Bachelard, *Epistemologia e storia delle scienze* [1968], in F. Bonicalzi, *La ragione cieca. Teorie della storia della scienza e comunità scientifica*, Jaca Book, Milano 1982, pp.117-131; 130). Cfr. M. Castellana, *Coscienza e razionalità nelle pieghe della scienza: Suzanne Bachelard*, in Id., *Cuori pensanti in filosofia della scienza*, Castelvecchi – Lit Edizioni Srl, Roma 2018, pp.53-65; Id., *Temi e problemi dell'epistemologia fenomenologica in Suzanne Bachelard*, «Nuova Secondaria», n. 9/2018, anno XXXV, pp.53-59.

<sup>401</sup> G. Bachelard, *La valeur inductive de la relativité*, cit., p.62.



Richiamiamo, per comodità di lettura, alcune preliminari note di sintesi esplicative della svolta che la relatività di Einstein ha prodotto nel dominio delle scienze fisiche.

Il fisico del diciannovesimo secolo – scrive Leopold Infeld – sosteneva che, poiché le onde meccaniche (e per lui non esistevano altre onde) si possono propagare soltanto in un mezzo materiale, deve di conseguenza esistere un mezzo materiale attraverso cui si propagano le onde elettromagnetiche. A questo mezzo egli diede il nome di etere, e suppose che il nostro universo fosse tutto immerso in questa sostanza imponderabile, di cui egli conosceva almeno una proprietà: quella di trasmettere le onde elettromagnetiche<sup>404</sup>.

Ci riferiamo al profilo di *Albert Einstein* tracciato da Giuseppe Gembillo: “L’ipotesi di questo mezzo [l’etere] suggerì ai fisici l’idea che ove si riuscisse a provare la sua esistenza effettiva, si «provverebbe» nello stesso tempo l’esistenza di un sistema che può essere considerato un riferimento assoluto per determinare il moto della Terra. Il relativo esperimento avrebbe dovuto confermare [tale] ipotesi [...]. Verificato ciò, si sarebbe conseguito il duplice risultato di provare l’esistenza del «mezzo immobile» che «trasporta» le onde elettromagnetiche e di stabilire una volta per tutte il sistema di riferimento assoluto. Questi obiettivi furono perseguiti da Michelson e Morley (1881,1887, ecc.) ma il «vento d’etere» non fu rilevato. L’inutilità dei loro sforzi fu subito giustificata con la difficoltà dell’esperimento e gli effetti osservati spiegati con ipotesi *ad hoc*, per esempio da Fitzgerald e da Lorentz. Einstein invece ebbe il coraggio di trarre una conclusione, per dirla con Popper, «ardita», affermando che l’etere non è essenziale alla determinazione del moto della Terra e che non ha senso fisico parlare di un moto assoluto di essa, come non ha senso parlare di un ipotetico mezzo immobile o di un tempo assoluto. Egli mosse, cioè, da un’ipotesi che rendeva «relativi» gli assoluti newtoniani e che sostituiva a questi un nuovo «assoluto»: la velocità della luce, considerata non solo come «costante», ma anche come una «velocità limite» irraggiungibile dai vari corpi e per questa ragione «assoluta». Presentando infatti la sua interpretazione, egli ipotizzava che «per tutti i sistemi di coordinate per i quali valgono le equazioni della meccanica debbono anche valere le stesse leggi elettrodinamiche e ottiche» e dichiarava di voler «elevare questa presunzione (il contenuto della quale verrà detto ‘Principio della relatività’) a presupposto fondamentale [...]. Einstein iniziava quindi la dimostrazione muovendo dalla definizione del concetto di tempo, perché il problema del moto di un punto materiale si determina variando i valori delle coordinate spaziali del punto «in quiete», in funzione del tempo. Di quel tempo che però nelle trasformazioni galileiane restava «invariante». Einstein ritenne questa pretesa invarianza un presupposto «non provato» e si accinse a un’analisi

---

<sup>402</sup> G. Bachelard, *L’attività razionalista della fisica contemporanea* [1951], cit., p.50. A parte le attribuzioni di “paternità” della teoria della relatività ristretta a Lorentz e Poincaré da parte di qualche storico della scienza, si ricorderà come lo stesso Einstein si sia riconosciuto debitore delle teorie di Mach ed abbia, a tal proposito, osservato che: “non è improbabile che lo stesso Mach avrebbe potuto scoprire la teoria della relatività, se il problema della costanza della velocità della luce avesse agitato i fisici quando la sua mente era ancora giovane” (cit. in K.R. Popper, *Congetture e confutazioni*, tr. di G. Pancaldi, Il Mulino, Bologna 1972, p.297); sulla “portata teorica di questa influenza” cfr. le considerazioni di G.Gembillo, *Albert Einstein*, in G. Gembillo - M. Galzigna, *Scienziati e nuove immagini del mondo*, cit., pp. 15-57; 29-32). Quanto all’esperienza di Michelson, Bachelard scrive: “L’esperienza di Michelson non è, dopo tutto, che la causa occasionale della scoperta di una «velocità fondamentale»” (G. Bachelard, *La valeur inductive de la relativité*, cit., p.174). E ancora nel saggio del ‘49: “Com’è noto, e come si è ripetuto mille volte, la relatività è nata da uno shock epistemologico; dallo «scacco» dell’esperienza di Michelson. Certamente, il fatto che l’esperienza smentisca le previsioni teoriche non ha nulla di eccezionale. Occorre però comprendere perché e come la negatività fosse, questa volta, un’occasione per un’immensa costruzione positiva [...]. Il suo «scacco» non era un argomento a favore dell’irrazionalismo. Non era una prova del disorientamento del razionalismo. L’esperienza di Michelson procedeva da una domanda *intelligente* che doveva essere posta [...]. Quale forza di dubitare, di dubbio profondo e minuzioso di dubbio *intelligente* c’era in quella volontà di misurare e di rimisurare di fare e di rifare! [...] Così, invece di un dubbio universale, intuitivo, cartesiano, la scienza tecnica ci consegna un dubbio preciso, discorsivo, attrezzato. In seguito a questo dubbio esplicito, attraverso la relatività, si opera il capovolgimento del dogmatismo meccanico. Impiegando lo stile kantiano, si può affermare che l’esperienza di Michelson ha destato la meccanica classica dal suo sonno dogmatico [...]. Infatti, la negatività dell’esperienza di Michelson non inganna Einstein. Secondo quest’ultimo, lo scacco sperimentale di una tecnica così scientificamente sorvegliata impone la necessità di una nuova informazione teorica. Diventa indispensabile sperare in una minuziosa «rivoluzione copernicana» dove ogni filosofia del reale e della ragione si appresta a cominciare un nuovo dialogo” (G. Bachelard, *La dialettica filosofica delle nozioni della Relatività*, ed. it. Jaca Book, Milano 2003, cit., pp.132-133).

<sup>403</sup> G. Bachelard, *La valeur inductive de la relativité*, cit., p.62.

<sup>404</sup> L. Infeld, *Albert Einstein*, tr. di O. Nicotra, Einaudi, Torino 1992, p.22.



operativa del modo in cui noi effettivamente utilizziamo tale concetto [...]. Ebbene [...], noi dobbiamo ammettere che diversamente da quanto accade per il senso comune, «questo concetto [di simultaneo] non esiste per il fisico fino a quando egli non ha la possibilità di scoprire nel caso concreto se tale concetto si verifichi oppure no» [...]; ogni corpo di riferimento (sistema di coordinate) ha il suo proprio tempo particolare: un'attribuzione di tempo è fornita di significato fisico solo quando ci venga detto a quale corpo di riferimento tale attribuzione si riferisce»<sup>405</sup>.

Come scrive Bachelard ne *La dialettica filosofica delle nozioni della Relatività*,

il concetto che subisce il «terremoto nietzscheano» è quello della *simultaneità*. A proposito di questo concetto così evidente, così familiare, l'esigenza einsteiniana è pregnante. Essa urta il senso comune, è contraria all'esperienza comune, rimette in questione la base stessa della meccanica classica. Richiede dunque un mutamento intellettuale decisivo che deve risuonare nei più fondamentali valori filosofici. In maniera più precisa, se la nozione di simultaneità che non è stata *criticata* da Kant, deve ricevere un esame *neocritico*, l'empirismo e il razionalismo devono essere in una sola volta rettificati, collocati l'uno in rapporto all'altro in relazioni nuove [...].

Si definirà dunque la simultaneità dei due eventi, che accadono in due luoghi differenti, in funzione di uno scambio di segnali luminosi e, tenendo conto del risultato considerato ormai positivo dell'esperienza di Michelson, che autorizza il seguente postulato: la velocità della luce è identica per tutte le direzioni, qualunque siano gli osservatori che la misurano e il movimento relativo di tali osservatori. Con questa definizione *operativa* della simultaneità sparisce la nozione di tempo *assoluto*. Così come la simultaneità è legata a esperienze fisiche che accadono nello spazio, il contesto temporale è solidale con il contesto spaziale. Poiché non c'è spazio assoluto, non c'è tempo assoluto. A partire dalla coesione delle esperienze sullo spazio e sulla simultaneità, sarà necessario ricostituire, analizzandoli, lo spazio e il tempo. Filosoficamente, si nota dunque che il pensiero scientifico richiede che si *ri-fondino* le nozioni di tempo e di spazio in funzione della loro solidarietà. Da questa necessità, imposta dalla scienza, di ri-fondare lo spazio e il tempo, la relatività comincia ad apparirci *filosoficamente* come un *razionalismo di seconda posizione*, un razionalismo istruito che richiede un nuovo punto di partenza<sup>406</sup>.

Sul concetto di *simultaneità* ripensato da Einstein, ancora un passaggio tratto dal vivace dibattito che si svolge nella seduta del 25 marzo 1950 della *Société Française de Philosophie*, dove Bachelard discute di razionalismo:

**BACHELARD.** – Spostate una pietra fondamentale - se questa non cambiasse nulla, significherebbe che le fondamenta erano cattive - e ottenete i grandi risultati delle rivoluzioni razionaliste moderne. E ottenete così il risultato di Einstein che, spostando alcuni concetti, si priverà di un concetto di base, e vi dirà: «La simultaneità? Che cos'è? La considerate un concetto naturale? Che errore! Occorre definirla!». Come? Occorre definire la simultaneità? Sì! E di conseguenza ci accorgeremo di quello che crolla quando si toglie la simultaneità dalla base dei concetti del tempo e dello spazio! E allora si è di fronte a un genio, un genio razionalista! E si riorganizza un immenso settore di quella nuova costruzione! [...].

**BÉNÉZÉ.** – [...] Il primo punto di cui vorrei parlare è piuttosto una questione di informazione! Si tratta del tempo e della simultaneità di cui avete parlato. Avete ricordato che Einstein mostrava che la simultaneità non è mai calcolabile esattamente, che l'approssimazione è ineluttabile e che, di conseguenza, abbiamo in questo caso un punto molto importante che differenzia la nuova meccanica da quella antica. In altri termini, riassumo [...], l'esattezza nella simultaneità non è una questione di esperienza. Siamo d'accordo, credo, riguardo a questo?

**BACHELARD.** – Non del tutto! Ci sarebbero nondimeno molti altri indizi della posizione rinnovatrice di Einstein. Egli rifiuta la chiarezza *a priori* del concetto di simultaneità. Ho detto, in un articolo apparso in America, a proposito della vita di Einstein, che questo è stato un elettroshock; l'elettroshock dei filosofi. Poc'anzi avete detto, Bénézé, che non si conosce esattamente la simultaneità: ma non è questo il punto! Einstein chiede che la definiate sperimentalmente [...] in un'esperienza possibile. E la relatività non pretende che consideriate la simultaneità come un concetto assoluto: è un concetto sperimentale.

**BÉNÉZÉ.** – Ma che l'esperienza non può dare! [...].

**BACHELARD.** – Non è un concetto immediato! Bisogna che lo fabbrichiate! Non è un concetto iniziale. Avrei potuto considerare altri esempi; ma questo è magnifico! Dite che Einstein lo ammette come un concetto che verrà precisato

<sup>405</sup> G. Gembillo, *Albert Einstein*, cit., pp.19-20; 22.

<sup>406</sup> G. Bachelard, *La dialettica filosofica delle nozioni della Relatività*, ed. it. Jaca Book, Milano 2003, cit., pp.135; 137.

dall'esperienza. Occorre che lo definiate. Questo perché si è obbligati a realizzare tutto un sistema e a supporre che nel suo andirivieni il raggio luminoso impiegherà lo stesso tempo: che io vada da *A* a *B*, o da *B* ad *A* qualunque sia il movimento relativo, Einstein dice che percorrerò i due spazi in tempi uguali [...].

**BÉNÉZÉ.** – Scusate, scusate! Il disaccordo sussiste! Quando parlate di simultaneità e dite che è impossibile da realizzare, che occorre abbandonarla...

**BACHELARD.** – Non ho detto questo! Ho detto che Einstein l'abbandonava poiché, se sono un ingegnere ferroviario, so bene cosa sia il concetto di simultaneità! Avrò il mio diagramma, e so bene che non bisogna far passare due treni alla volta sullo stesso scambio!"<sup>407</sup>.

A partire dai concetti di tempo e spazio in uso nella fisica classica, la Relatività ha, dunque, scosso e mutato l'immagine tradizionale del mondo<sup>408</sup>. Ha compiuto la vera e propria *rivoluzione copernicana della oggettività*, quella del *razionalismo applicato*, che ha posto la matematica come costitutiva dell'esperienza<sup>409</sup>. Essa ha segnato una *rottura* con il realismo<sup>410</sup>. Coniugando fisica e geometria, essa

---

<sup>407</sup> G. Bachelard, *De la nature du rationalisme* [1950], "Bulletin de la Société française de Philosophie" (séance du samedi 25 mars 1950 - Exposé: Gaston Bachelard - Discussion: R. Bayer, J. Beaufret, G. Bénézé, G. Bouligand, E. Bréhier, M. Fréchet, R. Lenoble, St. Lupasco, E. Minkowski, Mourre, E. Souriau, J. Ullmo, E. Wolff), 44, n.2, éd. A. Colin, Paris; rist.in *L'engagement rationaliste*, cit., pp.45-88; tr. *Sulla natura del razionalismo*, cit., pp.69; 76; 78.

<sup>408</sup> G. Bachelard, *La dialettica filosofica delle nozioni della Relatività*, ed. it. Jaca Book, Milano 2003, cit., p.131.

L'avvento della Relatività ha riaperto il discorso sul metodo. Da qui l'urgenza – avvertita da Bachelard – di ridisegnare i tratti della ragione scientifica. Con la Relatività einsteiniana l'intero edificio della fisica newtoniana era – dunque – stato irreversibilmente scosso nelle fondamenta da un vero e proprio «terremoto di concetti». Concetti come spazio assoluto, tempo assoluto, velocità assoluta. "Discorso analogo" [alla nozione di simultaneità] – osserva Gembillo – "andrebbe fatto per lo spazio o, meglio, per le «distanze spaziali» di cui facciamo esperienza. Al riguardo la fisica classica presupponeva l'esistenza di «corpi rigidi», immodificabili sia in quiete che in moto, che rappresentavano l'«intervallo» o il «regolo fisso», adatto a fornire misure oggettive. Einstein dimostrò invece che i regoli subiscono una «contrazione» nella direzione del moto, proporzionale alla velocità e equivalente a quella calcolata da Lorentz mediante le nuove «trasformazioni» [...]. Ma la relatività ristretta portava implicita un'altra fondamentale conseguenza [...], giungeva a quella famosa equivalenza  $E = mc^2$  [...] il cui significato venne poi da lui sintetizzato in questi termini: «Il risultato più importante di carattere generale cui ha condotto la teoria della relatività ristretta riguarda il concetto di massa. Prima dell'avvento della relatività, la fisica conosceva due principi di conservazione d'importanza fondamentale e precisamente il principio di conservazione dell'energia e il principio di conservazione della massa; questi due principi fondamentali sembravano essere completamente indipendenti l'uno dall'altro. Per mezzo della teoria della relatività essi sono stati riuniti in un solo principio» [...]. [Ma] la relatività ristretta era applicabile soltanto «al caso limite in cui sia assente il campo gravitazionale». Il che costituiva di fatto una grave inconseguenza rispetto al presupposto fondamentale della scienza secondo cui le leggi «debbono essere di natura tale che esse si possano applicare a sistemi di riferimento comunque in moto» ed esigeva quindi un ulteriore passo avanti nella generalizzazione [...]. Einstein giunse a una nuova teoria [...]. Egli la presentò come una «generalizzazione» della precedente, dandole compiuta formulazione in un articolo del 1916 dal titolo *I fondamenti della teoria della relatività generale* [...]. Il concetto di spazio subisce un ulteriore radicale mutamento, perché viene concepito in stretta connessione con la materia e con il campo gravitazionale che questa genera [...]; la struttura spazio temporale «si incurva in presenza di grandi masse gravitazionali e diventa «non-euclidea» [...]. Ancora, l'identificazione tra spazio, materia e campo gravitazionale implica la conseguenza che non esiste in realtà «spazio vuoto», e impone la revisione di certe caratteristiche attribuite alle onde elettromagnetiche: in particolare che i raggi di luce non si propagano in linea retta ma subiscano una deflessione quando passano accanto a grandi masse gravitazionali [...]. Naturalmente questo nuovo linguaggio interpretativo presupponeva una diversa concezione della «geometria dello spazio» e richiedeva nuove formule di calcolo matematico. Einstein trovò pronti entrambi questi strumenti, com'è noto, nella geometria non-euclidea di Riemann e nel «calcolo tensoriale» elaborato dai matematici italiani Ricci Curbastro e Levi-Civita" (G. Gembillo, *Albert Einstein*, cit., pp.22; 23; 24; 23-24;25. Cfr. G. Gembillo, *Da Einstein a Mandelbrot*, Le Lettere, Firenze 2009 (in particolare pp.17-44).

<sup>409</sup> Per Bachelard la vera rivoluzione in gnoseologia non è stata la rivoluzione copernicana di Kant: la filosofia critica kantiana aveva trasferito «il grande dramma cosmico del pensiero copernicano» dal campo della realtà a quello della metafora: «il radicamento di un soggetto incondizionato al centro di tutte le relazioni condizionanti». In una tale metafora aveva risolto la sua portata rivoluzionaria. La vera e propria rivoluzione sistematica dei concetti di base della conoscenza, per Bachelard, «comincia con l'avvento della relatività einsteiniana» (G. Bachelard, *La dialettica filosofica delle nozioni della Relatività*, ed. it. Jaca Book, Milano 2003, cit., pp.131;134;131).

La Relatività ha colpito a morte l'«assolutezza» dello spazio nella sua duplice veste filosofica del realismo ingenuo e del criticismo kantiano. Ha inaugurato una filosofia critica «più sintetica» di quanto sia stata la filosofia kantiana rispetto alla fisica newtoniana. Questa è una rivoluzione «più profonda», «più geniale», non si limita a una rivoluzione delle condizioni, dei sistemi privilegiati di spiegazione. Esige che «nozioni essenzialmente geometriche quali la posizione e la simultaneità» siano colte «in una composizione sperimentale», perché «ogni definizione di un concetto» deve essere «funzionale» (G.Bachelard, *La dialettica filosofica delle nozioni della Relatività*, ed. it. Jaca Book, Milano 2003, cit., p.134; Id., *Il nuovo spirito scientifico*, cit., pp.62-63). Come Bachelard osserva, Kant aveva fondato "l'architettura della ragione" sul "carattere immutabile dell'architettura della geometria" (G.Bachelard, *Il nuovo spirito scientifico*, cit., p.46).

La Relatività è «scienza di rapporti senza supporti», è scienza delle relazioni e la relazione non è una semplice condizione della misura fisica, ma è costitutiva del reale scientifico, fa, cioè, tutt'uno con esso (G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, cit., p.246). La nozione einsteiniana di spazio-tempo è di natura relazionale; essa «non è alla radice del nostro

ha realizzato una sorta di panmatematismo<sup>411</sup> della Natura, che non è più la natura osservabile empiricamente, bensì il prodotto dell'attività costruttiva razionale dello spirito scientifico, vale a dire un complesso di leggi matematiche. La Relatività è, dunque, una rivoluzione di pensiero, «una novità» sia in senso storico, sia dal punto di vista epistemologico.

## ARTICOLAZIONE DELL'OPERA

*Il valore induttivo della Relatività* di Gaston Bachelard si articola in tre libri. Il primo comprende tre capitoli, nei quali si affronta anzitutto il problema del rapporto tra i sistemi newtoniano e einsteiniano definito attraverso la critica del concetto di *approssimazione*<sup>412</sup>:

l'andamento delle approssimazioni successive segue molto da vicino le vie di una induzione<sup>413</sup>.

Bisogna capire se l'uso che solitamente si fa del concetto *approssimazione* risulta o no appropriato per definire il rapporto tra i sistemi newtoniano e einsteiniano, per cui passare da Newton ad Einstein sarebbe un semplice progresso nella conquista della precisione (precisione considerata esclusivamente da un punto di vista numerico) e se, perciò, sia esatto dire, come si fa solitamente, che “il sistema di Newton rappresenta una prima approssimazione della nostra conoscenza meccanica dei fenomeni della gravitazione”<sup>414</sup>, mentre il sistema di Einstein realizza una conoscenza più completa, di maggiore perfezione numerica, che, come suo caso particolare, incorpora i risultati newtoniani e li ritrova per semplificazione numerica.

O piuttosto, convenga riferirsi all'*approssimazione* nel significato di conquista di un livello di maggiore razionalizzazione, di progresso nell'accrescimento che il pensiero compie su se stesso, dato che là dove un'approssimazione si realizza, si pongono le condizioni dell'ampliamento e della

---

pensiero, come un dono che lo spirito può sempre ravvivare», è, piuttosto, una sintesi *a priori*, funzionalmente *a priori* (G. Bachelard, *La dialettica filosofica delle nozioni della Relatività*, ed. it. Jaca Book, Milano 2003, cit., p.139), prodotto dell'organizzazione matematica di un'esperienza fisica, sintesi di algebrismo ed esperienza; un complesso algebrico che solidarizza due nozioni separate in meccanica classica. Il *complesso algebrico spazio-tempo* è un costruito della ragione (ivi, p.138). La nuova sintesi di empirismo e razionalismo è più «dialettica» di quella kantiana, è un «razionalismo istruito» (ivi, p.137), che nutre ed è nutrito dall'esperienza *intellettualizzata* «ultra-fine», «ultra-precisa» (ivi, p.134), delle tecniche scientifiche moderne, è la filosofia di una ragione *aperta*, che istruisce ed è istruita da un *esprit de finesse* che guida, dirige, rivela i fondamenti dell'*esprit géométrique*. È un razionalismo che ha vantaggiosamente dovuto rinunciare alla «forza di chiusura del criticismo», che non permetteva che «la diversità fenomenica turbasse l'unità spirituale dell'*io penso*» (G. Bachelard, *La filosofia del non*, tr. it. di A. Vio, Pellicano Libri, Catania 1978, p.104).

Questo razionalismo *aperto* non lascia completamente il solco già tracciato dal kantismo e anzi, per certi versi, lo approfondisce, affinando i suoi concetti in vista di una *matematizzazione* dell'esperienza. Cfr. L. Brunschvicg che in *Physique et Métaphysique*, scrive: “Questa combinazione dell'*esprit de géométrie* e dell'*esprit de finesse* [...] domina tutte le speculazioni degli scienziati contemporanei” (L. Brunschvicg, *Physique et Métaphysique*, in *Settimana Spinozana*, cit., pp.43-54; 53); inoltre, cfr. B. Barsotti, *Le «non-kantisme» de Bachelard: vers le sens transcendantal de la rupture épistémologique*, in *Bachelard et l'épistémologie française*, cit., 183-213; J. Seidengart, *Ruptures et révolutions scientifiques: la révolution copernicienne*, in *Actualité et postérités de Gaston Bachelard*, a cura di P. Nouvel, Puf, Paris 1997, pp.139-154; J. Gayon, *Bachelard et l'histoire des sciences*, in *Bachelard et l'épistémologie française*, cit., pp.51-113.

<sup>410</sup> Per lo scienziato, la natura non costituisce più un oggetto empirico da descrivere, ma una costruzione concettuale relativa a determinate premesse teoriche e a precisi sistemi di riferimento.

<sup>411</sup> G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, cit., p.205.

<sup>412</sup> Di seguito, alcune osservazioni di Enrico Castelli Gattinara in tema di “approssimazione”: nel *Saggio [Saggio sulla conoscenza approssimata]* di Bachelard, l'approssimazione si rivela come un vero e proprio “metodo” capace di sostituirsi a quello ben più ambizioso dell'intuizione, che filosofi come Bergson rivendicavano per cogliere d'un colpo la realtà [...]. L'approssimazione [...] è [...] l'unico movimento fecondo del pensiero [...]. Il problema in generale dell'approssimazione si poneva proprio nella misura in cui il confronto con la realtà sperimentale diventava irriducibile. Infatti Borel ribadiva un principio su cui secondo lui non bisognava arretrare [...]: «la nozione di valore numerico *esatto* di una grandezza fisica qualunque è una pura astrazione matematica, cui non corrisponde alcuna realtà». Questo, continuava, non deve indurre al relativismo metafisico o a uno scetticismo sconsolato, bensì alla consapevolezza che se vogliamo che la scienza non sia una pura astrazione dottrinale, ma abbia a che fare con la realtà che studiamo, dobbiamo imparare a gestire l'approssimazione valorizzandone il ruolo epistemologico [...]. L'approssimazione inevitabile delle teorie, e più ancora delle leggi scientifiche, non era un limite o un accidente dovuto all'insufficienza del nostro intelletto umano, ma l'essenza stessa del nostro modo di conoscere il Reale” (E. Castelli Gattinara, *Introduzione. Bachelard: un filosofo venuto dal nulla per una filosofia dell'inesatto*, cit., pp.14; 10; 16-17).

<sup>413</sup> G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, cit., p.65. Ci permettiamo di rinviare ancora al ns. *Gaston Bachelard e le fisiche del Novecento*, cit., pp.19-30.

<sup>414</sup> Ivi, p.69.

riorganizzazione del sapere. La svolta relativistica in rapporto al sistema newtoniano andrebbe giudicata ponendosi inizialmente sul terreno sperimentale, dove avviene il passaggio da una approssimazione all'altra e dove la *forza induttiva* del pensiero, se c'è, lascia il segno.

Ora, se il problema è posto semplicemente sul terreno del perfezionamento numerico, ben presto ci si rende conto che i due ordini di approssimazione sono separati da “un vero abisso numerico”<sup>415</sup>: tra i due sistemi c'è rottura e non continuità, non un passaggio, ma un salto da un sistema all'altro. Questo abisso è insuperabile per i fisici di laboratorio e giustifica “la loro indifferenza per una dottrina che pretende di rettificare il fenomeno oltre il limite dell'errore sperimentale”<sup>416</sup>, al di là dei limiti di verifica in laboratorio. Tra quei fisici sperimentali c'è Bouasse, che nel 1923 scrive la *questione preliminare* contro la teoria di Einstein<sup>417</sup>: è forse il caso per soli tre fenomeni del secondo ordine (per un'approssimazione alla  $10^{-8}$ ) rinunciare all'ipotesi dell'etere che consente di spiegare migliaia di fenomeni, che è richiesta per migliaia di esperimenti verificati con approssimazione alla quarta decimale? Rinunciarvi, per giunta, solo per tre fenomeni all'approssimazione di  $10^{-8}$  (esperimento di Michelson-Morley, spostamento del perielio di Mercurio, deflessione della luce), che, per una curiosa coincidenza, come il matematico Borel fa notare, è lo stesso ordine di approssimazione a cui è fissato il limite di certezza della geometria euclidea (all'approssimazione di  $10^{-8}$  neppure i solidi restano ciò che sono alla nostra scala e non possono essere definiti senza tener conto “di tutte le cause che ne perturbano la figura, la grandezza, la stabilità”<sup>418</sup>). La *questione preliminare* è, per Bouasse, che l'uomo pensa secondo dei “procedimenti invariabili”<sup>419</sup>. La teoria di Einstein “non è una *teoria fisica*

---

<sup>415</sup> G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, cit., p.71.

<sup>416</sup> *Ibidem*.

<sup>417</sup> “Proprio l'esigenza di discutere la natura della teoria di Einstein senza indugiare in sterili polemiche, bensì facendo ricorso ad analisi di carattere epistemologico, fu alla base della «grande inchiesta di chiarimento, di critica e di valutazione» promossa da Rignano, nella sua veste di direttore di “Scientia”, nel 1922. Fu così che nell'autunno di quell'anno, il matematico Bruto Caldonazzo, a nome della redazione, faceva partire una lettera circolare indirizzata a scienziati conosciuti e rispettati per invitarli a partecipare a una inchiesta internazionale sulla relatività che fosse «obiettiva, serena e approfondita», di ordine generale o di contenuto filosofico ovvero consona all'orientamento epistemologico della rivista e, dunque, dagli articoli dovevano essere bandite il più possibile le formule matematiche e i tecnicismi. Com'era ovvio, una copia fu inviata anche a Einstein il 25 di settembre [...]. L'inchiesta prese dunque il via nel 1923 con un saggio intitolato *La questione preliminare contro la teoria di Einstein* del francese Henri Bouasse, un esperto di acustica e di ottica ma soprattutto, nella fattispecie, un tenace antirelativista. Un esperto tuttavia deludente, giacché il suo saggio esibiva una carenza assoluta di contenuto fin dall'esordio: tutti i ragionamenti e i risultati della relatività erano sbagliati, asseriva lapidario. Non solo ma Bouasse, in maniera sbrigativa, rivendicava ai «fisici di laboratorio» la prerogativa di accettare «le teorie che ci sono utili» e di rifiutare «quelle che non possiamo capire e che perciò stesso sono inutili». Tanto inutili – è il caso di ricordarlo – che dispositivi oggi largamente impiegati in medicina come il laser, o apparecchi di uso comune come il GPS, non potrebbero funzionare se non applicassero i canoni della cinematica e della dinamica relativistica!” (S. Linguerrì – R. Simili, *Einstein parla italiano. Itinerari e polemiche*, cit., pp.1-93; 81-82).

<sup>418</sup> G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, cit., p.72.

<sup>419</sup> H. Bouasse, *La questione preliminare contro la teoria di Einstein* [1923], in S.Linguerrì – R.Simili (a cura di), *Einstein parla italiano. Itinerari e polemiche*, cit., p.272. “Purtroppo – scrive Bouasse – sapete bene che se cercherò di spiegare ai miei studenti da dove nascono le vostre formule, scapperanno dal mio corso, non soltanto per la noia ma sicuramente persuasi che l'abuso delle scienze esatte mi ha portato alla follia. Eccoci dunque al cuore della questione ... alla *questione preliminare* [...]. Da quando l'uomo esiste, egli pensa secondo processi invariabili. Ammette implicitamente certe nozioni, intendo senza discuterle, ma con una continuità, una permanenza tali da essere costretto a vederne una legge necessaria del funzionamento del proprio cervello. Non facciamo sillogismi diversamente da Aristotele che, per altro, ne conosceva la teoria molto meglio della maggior parte dei filosofi moderni. Bacon, Cartesio ... commettevano spesso degli errori nelle applicazioni; ciò non impedisce che i loro strumenti, dei quali a volte si servivano in maniera sbagliata, fossero esattamente i nostri. Se Bacon, Cartesio resuscitassero, si potrebbe far loro capire con facilità in cosa si sbagliavano, perché il loro cervello e il nostro hanno la stessa struttura. Se l'uomo ha fatto progressi nell'uso dello strumento (cosa ancora dubbia), lo strumento stesso non è cambiato: non è *suscettibile di perfezionamento* [...]. Dite che il nostro cervello è un falso testimone, poi conservate parte della sua testimonianza! [...] è assurdo. Ed ecco posta la *questione preliminare*: I DATI INTUITIVI DEL NOSTRO CERVELLO FORMANO UN BLOCCO CHE NON AVETE IL DIRITTO DI DIVIDERE. Se ne rifiutate una parte, siete inesorabilmente condotti a rifiutare il tutto: e questo elimina ogni possibilità di conoscenza” (ivi, pp.272-273).

Bouasse precisava, quindi, come debba essere intesa una “teoria fisica” e il peso che va dato all'ipotesi dell'etere: “Per porre bene la questione, richiamo quello che noi richiediamo a una teoria: noi sta per tutti i fisici da quando esiste la fisica [...]. Una teoria è un comodo mezzo per riunire un gran numero di fenomeni, per metterli in relazione gli uni agli altri; se ben costruita suggerisce nuove esperienze e conduce alla scoperta di fatti nuovi. Da molto tempo ormai i fisici hanno perso la speranza di conoscere la realtà delle cose; le loro teorie non ne sono altro che una trasposizione, una anamorfosi. Nessuno sostiene che l'etere è reale. I fisici dicono modestamente: «Con l'approssimazione di circa un decimillesimo, tutto va come se esistesse un mezzo elastico, indefinito, immobile, che vibra trasversalmente come un solido e trasmette le vibrazioni luminose o hertziane». Con questo etere spieghiamo, non tre piccoli fenomeni di secondo ordine come la teoria di Einstein

ma una *teoria metafisica* [...]. Accettarla o non accettarla, non significa ammettere o rifiutare una spiegazione nel senso inteso dai fisici; significa rimettere sul tappeto la teoria della conoscenza e dei suoi limiti. È un boccone molto grosso, veramente troppo grosso per le nostre budella, per noi poveri diavoli di professori e di scienziati di laboratorio”<sup>420</sup>.

I fisici che lavorano nel “laboratorio euclideo” e, dunque, “su un terreno particolare”, dove la sicurezza geometrica appare inattaccabile fisicamente parlando, dove “la geometria euclidea è postulata come perfetta, il tempo come assoluto”, sono, dunque, padroni di “rifiutare l’esame degli errori più fini di quelli considerati dal laboratorio euclideo”, di “vivere con delle sintesi incompiute, di rigettare l’audace unione della gravitazione, della geometria, del campo elettrico, di ammettere, come una teoria chiusa, il corpo dei principi newtoniani, omogenei alla loro verifica”. Questa loro indifferenza si può giustificare “se si pretende di relegare la fisica nell’esattezza al decimillesimo”, dato che “mai la Relatività potrà introdursi nell’esperienza di laboratorio o almeno la sua azione non potrà essere che indiretta ed anche lontana. Essa non potrà valere che come ipotesi teorica di coordinazione e non come organizzazione metrica. Questa ipotesi sarà pure oberata di un grave inconveniente giacché sfuggirà alle regole della verifica usuale. Non potrà valere affatto se non per l’estensione o la chiarezza della sintesi spirituale”<sup>421</sup>.

Dalla considerazione in termini di perfezionamento numerico del rapporto tra la teoria newtoniana e la

---

(esperienza di Michelson–Morley, moto del perielio di Mercurio, deflessione della luce) ma migliaia di grandi fenomeni [...]. Come sapete, all’origine di tutto questo tumulto sta un esperimento negativo di Michelson e Morley [...]. Dichiarare che il risultato di Michelson – Morley è incompatibile con qualunque altra teoria tranne quella di Einstein significa prendere in giro tutti quanti ed imbrogliare il pubblico [...]. Su questa base ci intimare di abbandonare le leggi *naturali* del nostro pensiero, infilare ragionamenti contrari al senso comune, ci tempestate di formule matematiche prive di interesse; poi prendete un tono ieratico (estremamente comico) per dire che bisogna essere veramente forti per seguirvi. Dimenticate che in definitiva siamo noi, fisici di laboratorio, i giudici che avranno l’ultima parola, che una teoria esiste unicamente se noi l’accettiamo e che ci preoccupiamo delle vostre manie come delle mele marce. Esistono solo due modi di reagire davanti alla teoria di Einstein: *adorare o alzare le spalle*. Noi ci rifiutiamo di adorare e il nostro rifiuto è senza appello” (ivi, pp. 268; 276).

Ludwik Kostro, nel suo *Einstein e l’etere* [2000], ricorda alcune reazioni contro Einstein tra la fine degli anni Venti e l’inizio degli anni Trenta: “la questione dell’etere fu il campo di battaglia principale per i ripetuti attacchi di Gehrcke alla teoria della relatività. Nel 1923 egli pubblicò l’articolo *Contrapposizione fra teoria dell’etere e teoria della relatività e suo esame sperimentale*. Qui fece un’analisi piuttosto generica degli esperimenti di Michelson – Morley, Michelson – Miller e Sagnac e tentò di mostrare che era possibile una loro interpretazione diversa e migliore di quella offerta dalla teoria della relatività basata sulla modificazione dei concetti di tempo e di spazio [...]. Per tentare di mettere in cattiva luce i contributi di Einstein alla teoria della relatività e all’equazione  $E = mc^2$ , Lenard nel 1929 pubblicò un libro intitolato *Grandi ricercatori*, scritto per il pubblico generale. Un lungo capitolo era dedicato a Hasenöhrl, che l’autore onorava come uno degli scienziati più notevoli per la sua scoperta dell’inerzia dell’energia con esperimenti fatti coi raggi catodici. Nello stesso anno 1929 fu pubblicato un altro libro di Lenard, *Sull’energia e la gravitazione*, che cominciava affermando: «Hasenöhrl ha segnalato per primo che l’energia possiede massa (inerzia)» [...]. Lenard, Gehrcke e Stark non furono i soli ad attaccare Einstein e la sua teoria. In Germania la campagna contro Einstein raggiunse un livello tale che furono pubblicati articoli a centinaia che cercavano di demolire la teoria della relatività. Alcuni autori producevano persino delle serie di articoli. Ricordiamo solo il libro *Cento autori contro Einstein*, pubblicato nel 1931 [H. Israel – E. Ruckhaber – R. Weinmann, *Hundert Autoren Gegen Einstein*, Voigtlanders, Leipzig 1931]. Questo libro è una collezione di discorsi e di brani dalle opere di diversi professori e dottori – tutti oppositori della teoria della relatività. La vita di Einstein in Germania stava diventando sempre meno sopportabile, specialmente dopo la presa del potere nazista il 30 gennaio 1933” (L. Kostro, *Einstein e l’etere. Relatività e teoria del campo unificato*, tr. di N. Russo, Dedalo, Bari 2001, pp.184-186).

Fra i critici della teoria della relatività di Einstein, cui Bachelard ne *La valeur inductive de la relativité* fa riferimento, c’è anche il polacco Stanisław Zaremba, che ne *La Théorie de la Relativité et les faits observés* [1922] scrive: “vorrei spiegare brevemente perché le obiezioni rivolte alla concezione non relativistica della Fisica non mi sembrano fondate. Secondo una di esse, tale concezione sarebbe incompatibile con i fatti e, quanto alla seconda, implicherebbe una nozione insostenibile di assoluto. La prima obiezione è tratta dal fallimento di tutti gli esperimenti che avevano lo scopo di rilevare il movimento della Terra rispetto all’etere. Oso credere che questi esperimenti confutano soltanto l’ipotesi che le onde elettromagnetiche abbiano come veicolo un mezzo non influenzato [*non affecté*] dal movimento dei corpi ponderali che vi si muovono. Quanto alla seconda obiezione, l’esistenza degli assi di coordinate denominati comunemente (ma impropriamente) «assi fissi», ammessa dalla Meccanica classica, implicherebbe una nozione insostenibile di assoluto. A me sembra che ammettere l’esistenza di questa particolare classe di sistemi di riferimento sia solo un modo per tener conto dell’influenza dell’intero Universo su ciò che accade nella regione accessibile alle nostre osservazioni. Ciò che conferma questo modo di vedere è che, in pratica, gli «assi fissi» sono quelli rispetto ai quali il movimento dell’insieme delle stelle si riduce sensibilmente ad un movimento di traslazione rettilineo e uniforme. Del resto, come giustamente ha fatto notare Painlevé, i relativisti non sfuggono alla necessità di introdurre dei sistemi di riferimento «privilegiati» così come i non relativisti” (S. Zaremba, *La Théorie de la Relativité et les faits observés*, “Journal de mathématiques pures et appliquées”, neuvième série, t.I, fasc.I, 1922, Gauthier-Villars et C<sup>ie</sup> Éditeurs, Paris, pp. 105-139; 138-139 [la tr. è ns.]).

<sup>420</sup> H. Bouasse, *La questione preliminare contro la teoria di Einstein*, cit., p.274.

<sup>421</sup> G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, cit., pp.73; 74.

Relatività sorge un'altra obiezione: si ha forse il diritto di perfezionare numericamente i calcoli della meccanica newtoniana attraverso la meccanica relativistica? Bachelard definisce “paradossale” l'ordine dell'utilizzazione dei sistemi newtoniano e relativistico nella spiegazione dell'avanzamento del perielio di Mercurio. Il problema dell'avanzamento del perielio di Mercurio costituiva, com'è noto, una delle più *irriducibili resistenze* alla quasi perfetta forza di penetrazione esplicativa della teoria newtoniana: era, insomma, uno *scandalo della ragione*<sup>422</sup>. Già da molto tempo prima che venisse formulata la teoria della Relatività generale era stato osservato uno spostamento dell'orbita di Mercurio nella direzione in cui esso si muove rispetto al sistema collegato col Sole. Le leggi newtoniane non davano spiegazione di questo fenomeno, anche se molti erano stati i tentativi di ridurre questa resistenza al potere esplicativo della teoria newtoniana. Le Verrier, che aveva previsto con successo l'esistenza del pianeta Nettuno dalle perturbazioni dell'orbita di Urano, era arrivato a giustificare il moto anomalo di Mercurio supponendo l'esistenza di un pianeta interno a cui aveva dato il nome di Vulcano. Il superamento dell'*impasse* da parte della Relatività, attraverso il perfezionamento numerico dei risultati newtoniani, comportava “la congiunzione [*jonction*] numerica” di due teorie tanto diverse quali erano le teorie di Newton e di Einstein<sup>423</sup>. Bachelard si riferisce alla critica di Esclangon sul “diritto” di perfezionare numericamente i calcoli della meccanica newtoniana attraverso la meccanica relativistica. Il piccolo spostamento uguale ai 43 secondi che mancano nella teoria di Newton è calcolato con la teoria newtoniana e spiegato con quella einsteiniana. Inoltre, la spiegazione che danno le teorie relativistiche è “troppo perfetta” e dunque inverosimile.

Esclangon non esita ad affermare che questo problema della congiunzione numerica di due dottrine così diverse è posto dalla Relatività in modo erroneo<sup>424</sup>.

Esclangon fa notare come *dapprima* venga applicata *la meccanica newtoniana* “per calcolare il movimento completo di Mercurio”, che tiene presenti le notevoli perturbazioni cui Mercurio è sottoposto, dovute alla presenza degli altri pianeti e che fanno variare il piano della sua orbita. Visto che, però, “il calcolo non quadra con le osservazioni” e che, precisamente, tra il calcolo e l'osservazione dell'avanzamento dell'orbita c'è uno scarto di 43 secondi per secolo, si ricorre alla teoria della Relatività per calcolare il movimento di Mercurio che, però, questa volta è trattato come se fosse da solo alla presenza del Sole.

Così, applicando la teoria della Relatività non al *calcolo completo* del movimento di Mercurio, che tiene conto delle perturbazioni, ma applicandola, per così dire, “in supplemento” alla teoria newtoniana, “constatiamo [...] un piccolo spostamento del perielio uguale precisamente a quei 43” che ci *mancano* nella teoria di Newton<sup>425</sup>. Si mantengono, tuttavia, le ipotesi newtoniane per il calcolo delle perturbazioni cui Mercurio è soggetto per la presenza degli altri pianeti.

“Questo metodo di dimostrazione – come nota Esclangon – è difettoso. Nella prima parte si applica la meccanica newtoniana, nella seconda, la meccanica relativistica. Se la meccanica newtoniana è in difetto, essa lo è anche nella prima parte. Il metodo corretto consisterebbe nel poter dire: 1) la meccanica newtoniana risente degli scarti indiscussi e inesplicabili tra il calcolo e l'osservazione. 2) la

---

<sup>422</sup> Ivi, p.83. Come scrive Infeld, “Einstein [...] sviluppò i principi della teoria della relatività generale senza prestare la minima attenzione a questo particolare problema. Il suo solo scopo era di eliminare le incoerenze logiche e le difficoltà esistenti nella vecchia teoria. Nel caso di Mercurio, la teoria della relatività generale spiega con successo, non solo dal punto di vista qualitativo, ma anche dal punto di vista quantitativo, la deviazione del suo moto dalle leggi newtoniane (L. Infeld, *Albert Einstein*, cit., p.86). Da parte sua, Borel osserva: “Più di un secolo dopo che Laplace ha scritto la sua meccanica celeste, un solo fenomeno, il moto del perielio di Mercurio, è sfuggito alla rete serrata di deduzioni il cui insieme costituisce la nozione galileiana del tempo e dello spazio [...]. La teoria della relatività rende conto di questo fenomeno fin qui inspiegato; ma questa ragione non sarebbe forse parsa sufficiente perché gli scienziati si decidessero ad adottarla; essa si aggiunge ad altre che la confermano. Questo moto del perielio di Mercurio è molto lento; il residuo inspiegato è di 43 secondi di arco per secolo; è uno di quegli infinitamente piccoli che fanno pendere la bilancia delle teorie e giustificano sovrabbondantemente la cura talvolta schernita con cui numerosi osservatori e calcolatori consacrano anni ad accumulare numeri che non serviranno forse a niente e che forse renderanno possibile una rivoluzione scientifica che decuplicherà i mezzi di azione dell'uomo” (É. Borel, *L'espace et le temps*, F. Alcan, Paris 1933<sup>9</sup>, pp.93-94; la tr. è ns.).

<sup>423</sup> G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, cit., p.74.

<sup>424</sup> *Ibidem*.

<sup>425</sup> Ivi, p.75.



meccanica relativistica, al contrario, applicata esclusivamente (e non in supplemento alla teoria newtoniana) al *calcolo completo* del movimento di Mercurio, tenendo conto della presenza degli altri pianeti rende perfettamente conto delle osservazioni”<sup>426</sup>. Se Esclangon giudica “difettoso” il metodo della verifica relativistica, Bachelard è ancora più incisivo: “si corregge così [...] l’incerto con l’inesatto”<sup>427</sup> – scrive, citando Gonseth. Prima si fa della Relatività una teoria di secondo esame applicandola “in supplemento alla teoria newtoniana” per completarla, ma poi per il calcolo delle perturbazioni si continua a mantenere la teoria newtoniana, che così passa, a sua volta, al rango di teoria di secondo esame. In questo senso risulta, secondo Bachelard, “paradossale” l’ordine di utilizzazione dei due sistemi nella spiegazione dell’avanzamento del perielio di Mercurio. La Relatività “dovrebbe riprendere la sintesi dalla sua base e spingerla fino alle perturbazioni. Anche numericamente parlando è necessario che un sistema unico ci dia a un tempo la parte intera e la parte decimale di tutte le determinazioni qualitative. L’applicazione numerica non deve cancellare completamente le vie che la preparano. È a questa condizione, d’altra parte, che si potrà essere certi che la rettificazione è un problema di insieme, che essa non va né al di là né al di qua del problema proposto e che in particolare essa gioca esattamente nei limiti delle altre ineguaglianze planetarie che toccano elementi diversi dal perielio”<sup>428</sup>. D’altra parte, per potersi, per così dire, elevare da Newton ad Einstein, perché si possano inferire dalle dottrine newtoniane le teorie relativistiche e si possa percepire e intendere in queste ultime uno sforzo di rettificazione che si ricongiunga correttamente alla prima approssimazione, il carattere della prima approssimazione dovrebbe servire da base per la seconda approssimazione, i tratti della prima approssimazione dovrebbero permanere visibili nella seconda approssimazione, bisognerebbe, cioè, “per quanto discontinui siano gli ordini della precisione”, poterli “classificare l’uno in rapporto all’altro”<sup>429</sup>. Ora, per esempio, i 43” dello spostamento del perielio di Mercurio sono calcolati dalla teoria di Newton e spiegati dalla teoria di Einstein, ma il fatto che la teoria di Einstein riesca a colmare esattamente questo intervallo non è “una prova perentoria del potere della rettificazione einsteiniana”. Anzi, questa “riuscita numerica” è inverosimile perché troppo perfetta.

Infine l’organizzazione numerica einsteiniana apporta una tale finezza di precisione all’esame astronomico, che si può essere presi dal timore improvviso di mancare di sicurezza nei dati forniti in tutta evidenza da un’osservazione che si può qualificare come newtoniana. È uno scrupolo che viene pure in mente a Esclangon. Per ciò che concerne lo spostamento secolare del perielio di Mercurio «se è vero che il principio di relatività generale fornisce esattamente il numero di 43”, è meno sicuro che sia rigorosamente questa quantità che sfugge alla meccanica newtoniana». Tutte le determinazioni newtoniane sono solidali. «Un altro astronomo che si proponesse di rifare una nuova determinazione dell’insieme delle costanti astronomiche, indotto a discuterle nel loro insieme, potrebbe essere portato a dar loro, a ciascuna individualmente, dei valori differenti da Newcomb; poiché c’è necessariamente in questo problema complicato una parte inevitabile lasciata all’interpretazione del calcolatore». N.R.Campbell presenta per inciso un’obiezione che riassume le due critiche di Esclangon. «Il valore 43” non è ciò che è stato direttamente osservato; è soltanto ciò che resta dopo che altre correzioni sono state tolte e per questa ragione è possibile che esso sia affetto da un errore considerevole; infatti l’errore probabile è all’incirca la metà del suo valore». In tal senso, nel suo stesso valore, come nella sua provenienza, il numero 43” manca di certezza dal lato newtoniano<sup>430</sup>.

Pertanto, considerati dal semplice punto di vista numerico, “i due sistemi newtoniano e einsteiniano appaiono senza somiglianza, senza legame, senza parentela induttiva. Il sistema antico – scrive Bachelard – non è naturalmente continuato dal sistema moderno”<sup>431</sup>. La teoria newtoniana, piuttosto, si

<sup>426</sup> *Ibidem*.

<sup>427</sup> *Ivi*, p.76.

<sup>428</sup> *Ibidem*.

<sup>429</sup> *Ibidem*.

<sup>430</sup> *Ivi*, p.77. Come Bachelard stesso riferisce, Jean Chazy, mettendo in guardia contro la seduzione di una così grande riuscita, scrive che «nello stato attuale della scienza, l’argomento tratto a favore della teoria della Relatività del valore dell’anticipazione del perielio di Mercurio non ha, non può avere il carattere assoluto che credono alcuni» [cit. Chazy, *La théorie de la Relativité et la Mécanique céleste*, 1928, t.I, p.180] (*ivi*, p.78).

<sup>431</sup> *Ivi*, p.78.

presenta come un corpo di spiegazioni chiuso e completo<sup>432</sup>. Essa reca in sé “le tracce intuitive della sua perfezione”, l'algebra “in cui si sviluppa” è di una “semplicità evidente” e la sua applicazione si rivela “suscettibile di essere proseguita senza posa e di raggiungere così una precisione indefinita”<sup>433</sup>. Il sistema è “garantito nella sua integrità” dal fatto che “i problemi dell'applicazione della legge” appaiono separati “dal problema della determinazione della legge”, per cui nelle più complicate applicazioni, i principi e le forme algebriche dell'attrazione newtoniana sono preservati nella loro purezza. Se, infatti, “nell'applicarli, si rivelano alcune fluttuazioni, *ci si vieterà di portare fino al principio iniziale lo sforzo di rettificazione*”<sup>434</sup>.

Con la sola teoria newtoniana, restando al suo interno, prescindendo dalla Relatività, si è cercato, per esempio, di risolvere le difficoltà che il problema delle perturbazioni astronomiche comporta nel caso del movimento di Mercurio e si sono seguite due vie differenti, da una parte tentando di rettificare la stessa legge di Newton, dall'altra, modificando solo le condizioni dell'applicazione della legge. Nel primo caso rientrano il tentativo di Asaph Hall, “astronomo profondamente legato alla precisione delle osservazioni”, che rettifica, sulla base delle osservazioni, il valore dell'esponente 2 dell'attrazione newtoniana, e il tentativo di ricollegare, “allontanandosi dalla gravitazione pura”, le leggi dell'attrazione alle teorie elettrodinamiche, al magnetismo, leggi, queste, tutte “di costruzione più o meno arbitraria”, che “implicano un vero finalismo della spiegazione”, che mirano innanzitutto a risolvere problemi empirici, che “non vengono fuori tramite vie induttive o logiche da un pensiero newtoniano e, in ogni modo, [...] lasciano inspiegato il successo per lo meno provvisorio della legge fondamentale di Newton”<sup>435</sup>. Nel secondo caso si annoverano il tentativo, già citato, di Le Verrier, che propone l'esistenza di un pianeta sconosciuto, e quello di Newcomb, che propone di spiegare l'avanzamento del perielio di Mercurio con un leggero schiacciamento del globo solare, visto che “l'attrazione di uno sferoide schiacciato decresce più rapidamente di quanto non lo indichi la legge dell'inverso esatto del quadrato”. Tale schiacciamento non è, però, confermato dall'osservazione, per cui “la correzione di Newcomb come le altre, cade [...] sotto l'obiezione di invocare una quantità occulta”<sup>436</sup>.

Questa potenza di *autorettificazione* della teoria newtoniana, malgrado le ostinate resistenze di certi fatti, come l'avanzamento del perielio di Mercurio, da un lato, rendeva ancora più sorprendenti tali resistenze, dall'altro dava prova della propria forza di penetrazione esplicativa. Come Bachelard osserva mutuando l'espressione da Léon Bloch, «è uno dei caratteri originali della legge di gravitazione universale tale perfezionamento successivo di cui essa è suscettibile. Prima di Newton,

<sup>432</sup> *Ibidem*. Nell'*Essai sur la connaissance approchée* si legge: “Un pensiero che fosse un tutto chiuso e basato su se stesso, sarebbe come un circolo ugualmente fragile in ogni sua parte. L'errore, la prova e l'ambiguità non vi troverebbero posto. La vera solidità deve poter correre dei rischi” (G. Bachelard, *Saggio sulla conoscenza approssimata*, cit., p.282). Cfr. Heisenberg: “la meccanica classica è una teoria scientifica chiusa in se stessa” (W. Heisenberg, *Il concetto di «teoria chiusa nella scienza moderna* [1948], in *Oltre le frontiere della scienza*, tr. di S. Buzzoni, Editori Riuniti, Roma 1984, p.56. Questo contributo di Heisenberg viene pubblicato per la prima volta nel 1948, su consiglio di Wolfgang Pauli, nel periodico *Dialectica*, Neuchâtel). Sul concetto di teoria completa, Heisenberg, inoltre, dice: “è necessario illustrare brevemente ancora una volta il concetto di teoria completa. Si tratta di un sistema di assiomi, definizioni e leggi in virtù dei quali siamo in grado di descrivere gran parte dei fenomeni in modo corretto e non contraddittorio, cioè di rappresentarli matematicamente. Il termine «non contraddittorio» si riferisce in questo caso alla consistenza e completezza matematica del formalismo che viene costruito a partire dagli assiomi; il termine «corretto» si riferisce alla consistenza empirica: gli esperimenti devono confermare le previsioni che derivano dal formalismo. In questo senso, per esempio, la meccanica newtoniana è il prototipo di teoria completa” (W. Heisenberg, *I criteri di correttezza nelle teorie complete della fisica* [1972], in *La tradizione nella scienza*, tr. di R. Pizzi, Garzanti, Milano 1982, pp.137-143; 137). Sui concetti di “compiutezza” e “completezza” cfr. G. Gembillo – A. Anselmo, *Filosofia della complessità*, cit., pp.22-24: “Una teoria non può corrispondere mai alla realtà, perché, appunto, la realtà cambia continuamente. Essa non può essere «chiusa», nel senso che Heisenberg attribuiva alla teoria newtoniana, ma non può essere completa perché, appunto, non è completo l'oggetto a cui si riferisce; oggetto che è sempre in interazione, al proprio interno con le parti che lo compongono e, all'esterno, con tantissimi altri oggetti; oggetto che è sempre in divenire, in autotrasformazione, che è «evento» [...]. Cade, allora, proprio il problema di Einstein relativo alla «completezza» della teoria quantistica in particolare ma anche di tutte le teorie scientifiche in generale” (ivi, pp.23-24).

<sup>433</sup> G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, cit., p.79.

<sup>434</sup> Ivi, p.82. “Nella generalità dei casi – scrive Bachelard – il formalismo fondamentale resterà in tutta evidenza senza eccezione, senza correzione. Questo carattere di auto-rettificazione è stato osservato da Léon Bloch” (*ibidem*).

<sup>435</sup> Ivi, pp.84-87.

<sup>436</sup> Ivi, pp.88-90.



non si conosceva legge che potesse in tal modo completarsi da se stessa. I teoremi di Descartes sui movimenti celesti erano necessariamente falsi o necessariamente veri. Non potevano essere ammessi come prima approssimazione salvo a spiegare le ineguaglianze di osservazione per mezzo di una applicazione degli stessi teoremi»<sup>437</sup>.

Se, dunque, il sistema di Einstein non mirasse che a una perfezione numerica, “non varrebbe forse la pena – scrive Bachelard- di sconvolgere le abitudini del nostro pensiero per aumentare la precisione raggiunta nel sistema di Newton”<sup>438</sup>. Da un sistema all’altro non si tratta di “trascurare decimali”, piuttosto si ha a che fare con “una semplificazione di ordine qualitativo. Non è una *parte di una cosa* che il sistema newtoniano trascura, questo sistema trascura un’*altra cosa*. E ciò che è trascurato è suscettibile di stravolgere il problema. Facendo astrazione da una curvatura, il sistema disconosce un carattere essenziale”<sup>439</sup>. Pertanto, secondo Bachelard, non c’è nulla nel sistema di Newton “che possa far prevedere il sistema di Einstein e ridurre così la novità veramente trascendente del sistema moderno. Nessuna via di inferenza permette di avanzare dal primo al secondo”, di elevarci da Newton ad Einstein e, dato che “sul terreno delle applicazioni, i tratti della prima approssimazione permangono di solito visibili nella seconda, come assi di questa rettificazione, non si riconoscerà senza dubbio più il diritto di parlare di una relazione di approssimazione tra i sistemi di Newton e di Einstein”. Ciò perché “la rottura tra i due metodi è veramente irrevocabile” e si tratta di “due ordini di pensiero interamente eterogenei”. Dunque, “anche la relazione inversa che ritroverebbe il sistema di Newton in virtù di un’approssimazione effettuata a partire dal sistema di Einstein ci sembra assai mal denominata con la parola approssimazione”<sup>440</sup>.

Quanto al sistema di Einstein, “la seconda approssimazione” non svolgerà semplicemente un ruolo correttivo, “ma porterà le sue trasformazioni fin nella intimità del sistema”<sup>441</sup>; essa presenta “nel suo vero posto, sotto il suo vero aspetto, nella sua funzione di semplice approssimazione, il sistema newtoniano”<sup>442</sup> e, la costruzione di Newton, “presa separatamente, [...] perde il suo valore realista per conservare solo un valore pragmatico”; “staccata dal sistema generale [...] non se ne vede più il senso, non se ne prova più la forza”<sup>443</sup>. Dunque, per Bachelard, è improprio, per definire il rapporto tra i due sistemi, l’uso del concetto di approssimazione nel significato abituale.

Anzitutto in linea di massima, la semplice ricerca della precisione pone sempre il problema dell’ampliamento di una dottrina. Essa è condotta su un ritmo dialettico che utilizza l’osservazione aberrante come pretesto per promuovere la riforma dell’esperienza. In tal modo, lo sforzo di precisione si pone giusto all’incrocio dell’osservazione e della sperimentazione: da una parte, se si accetta di essere imprecisi, l’osservazione basta a se stessa, non ha affatto bisogno di staccare il fatto dalla legge; dall’altra, se si vuole precisare un’osservazione, si dovrà trovare un metodo per classificarne gli elementi, per rilevare la sensibilità più o meno grande delle sue condizioni<sup>444</sup>.

---

<sup>437</sup> Ivi, pp.82-83.

<sup>438</sup> Ivi, p.92. Scrive Bachelard: “Mentre, nelle dottrine relativistiche, l’approssimazione più avanzata suscita qualità del tutto nuove – richiedendo ad esempio che si sostituiscano quadri riemanniani ai quadri euclidei – nel sistema di Newton, è sempre la stessa ipotesi che semplicemente si pone a diversi livelli” (ivi, p.82).

<sup>439</sup> Ivi, pp. 92-93.

<sup>440</sup> Ivi, p.92.

<sup>441</sup> Ivi, p.93.

<sup>442</sup> Ivi, p.96.

<sup>443</sup> Ivi, p.95. Scrive Bachelard: “La corrispondenza del reale al matematico – scrive Bachelard – diventa un fatto e quasi un fatto senza ragione; questa corrispondenza è semplicemente affermata nel «come se» che questa volta si oscura lasciando la posizione centrale della dottrina, poiché occorrono mutilazioni estremamente numerose per trarre la semplice forza newtoniana dall’analisi dei simboli di Christoffel che sono da soli suscettibili di costituire la realtà nella sua totalità e di conseguenza nella sua verità. Questa oscurità di una approssimazione che non vale più che per il suo pragmatismo si propaga in tutto il sistema subito privato della chiarezza che dà la *totalità dei riferimenti reciproci*” (ivi, p.96).

Come nota Castelli Gattinara: “Questa strana equivalenza fra misura e conoscenza incontra però subito la smentita dei fatti grazie al progresso stesso delle scienze, per cui a certi livelli l’incremento della precisione non cambia nulla per la conoscenza di un fenomeno, mentre misure approssimate possono contribuire assai più che misure precise alla comprensione di esperienze fisiche” (E. Castelli Gattinara, *Introduzione. Bachelard: un filosofo venuto dal nulla per una filosofia dell’inesatto*, cit., p.23)

<sup>444</sup> G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, cit., pp.69-70.

Scrive Einstein: “Una teoria può essere verificata dall’esperienza, ma non esiste alcun modo per risalire dall’esperienza alla costruzione di una teoria” (A. Einstein, *Note Autobiografiche*, in P.-A. Schilpp, *Albert Einstein, scienziato e filosofo*, cit.,

C'è, però, un altro uso di questo concetto, legato a quella che è, per Bachelard, la *conquista dell'oggettivo*, al concetto di *forza induttiva del pensiero*, la quale, come egli avverte, se c'è, si rende manifesta proprio nel passaggio da un'approssimazione all'altra.

Se una forza di induzione sostiene e dirige il pensiero sperimentale, è nel passaggio tra le due approssimazioni che questa forza deve essere al tempo stesso la più manifesta e la più certa<sup>445</sup>.

Bachelard parla della “povertà di induzione” della teoria newtoniana, un corpo di spiegazione chiuso in se stesso, animato dall'ideale deduttivo di una geometria completa, e della “ricchezza di inferenza della disciplina einsteiniana”, che “è evidente nelle estensioni successive della dottrina” [Relatività ristretta e generale], ma già visibile e caratteristica “nel movimento intimo, graduale, della sistematizzazione”, dell'organizzazione interna del sistema.

Al punto che si può dire, crediamo, che il valore di inferenza è uno dei caratteri più profondi, anche più curiosi, del pensiero einsteiniano<sup>446</sup>.

Bachelard dedica l'intero capitolo secondo del libro primo a *L'induzione matematica nelle dottrine della Relatività*.

Dei tre capitoli che [...] compongono [la prima parte del libro], è il secondo, sul calcolo tensoriale, che costituisce il momento centrale<sup>447</sup>.

---

p.46). Ed ancora: “Con l'aiuto delle teorie fisiche cerchiamo di aprirci un varco attraverso il groviglio dei fatti osservati, di ordinare e d'intendere il mondo delle nostre impressioni sensibili. Aneliamo a che i fatti osservati discendano logicamente dalla nostra concezione della realtà. Senza la convinzione che con le nostre costruzioni teoriche è possibile raggiungere la realtà, senza convinzione nell'intima armonia del nostro mondo, non potrebbe esserci scienza” (A. Einstein – L. Infeld, *L'evoluzione della fisica*, tr. di A. Graziadei, Boringhieri, Torino 1979<sup>7</sup>, p. 303).

<sup>445</sup> Ivi, p.70.

<sup>446</sup> Ivi, pp.98-99.

<sup>447</sup> D. Parrochia, *Préface*, cit., p.16. Parrochia si sofferma sulla nozione di tensore. Scrive: “La nozione di tensore opera duque una notevole generalizzazione della nozione di vettore, che è essa stessa generalizzazione della nozione di scalare [...]. Perché è necessario il calcolo tensoriale nella teoria della relatività? Ricordiamo che il movimento di generalizzazione valorizzato da Bachelard sotto il termine di «valore induttivo» è innanzitutto quello che fa passare dalla teoria della relatività ristretta alla teoria della relatività generale [...]. Al contrario di Meyerson, che non ne parla ne *La déduction relativiste*, Bachelard ha perfettamente capito che il cuore della teoria della relatività era proprio lì, e che questo calcolo, certo, complicato, «lungi dal servire da argomento ad una tesi deduttiva» [...], portava con sé valori filosofici inediti, generalizzazioni, occasioni di induzione. È che, come spiega il filosofo, il calcolo tensoriale «persegue sistematicamente la massima ricchezza possibile in variabili» [...]. Con le sue formule condensate, «arriva ad iscrivere la generalità sotto il segno persuasivo del particolare» [...]: la contrazione dei tensori [...] ne è un esempio. Meglio: una delle variabili del problema venga consegnata a questo calcolo, scrive Bachelard nella sua apologia, «esso saprà associargli tutte le altre; le preparerà come forme vuote, come possibilità risvegliate da una specie di istinto della simmetria funzionale, da un genio della generalità. Poi, grazie al semplice movimento di una trasformazione di coordinate, ci si accorgerà che la materia sperimentale viene a scorrere in questi stampi formali, mettere la vita in questi fantasmi, equilibrare tutte le variazioni, esplicitare infine il ruolo del generale» [...]. Bachelard mette in evidenza la generalizzazione operata dal calcolo tensoriale in diversi esempi [...]. Gli esempi [...] (generalizzazione di funzioni, passaggio dal concetto di densità a quello di tensore energia-impulso, aggiunta di quantità fantasma con inferenza da un vuoto interamente geometrizzato ad una materia senza dubbio semplificata ma carica d'ignoto) sono altrettante tracce di uno stesso metodo: un metodo che Bachelard, contro Meyerson, non esita a definire *antirealista*” (ivi, pp.19; 20; 22; 28).

Per Bachelard, l'ideale di generalità che caratterizza il pensiero relativistico avrebbe da tempo “attratto e vivificato il pensiero matematico” (G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, cit., p.106). Egli individua un esempio di generalizzazione “faticosa”, perché non immediata, nelle coniche con riferimento all'operazione di Desargues, matematico contemporaneo di Descartes: circonferenza, ellisse, iperbole e parabola che “prese individualmente, appaiono così diverse” si presentano tutte come sezioni piane del cono, ma questo loro carattere da solo, per molto tempo, non è bastato a legittimare la loro parentela. La loro incorporazione in uno stesso genere di curve si è avuta con la traduzione algebrica in curve del 2° ordine fatta da Desargues: “Bisognò che Desargues, guidato da teoremi interamente nuovi sulla prospettiva, mettesse in corrispondenza le proprietà piane delle curve di secondo grado e il loro posto su uno stesso cono, perché si comprendesse il principio della loro parentela. Rientravano insomma, sotto il rapporto della prospettiva, in uno stesso genere. Non si deve credere che questo accostamento sia stato immediatamente accettato come una scoperta decisiva. Se i Pascal, i Fermat ne compresero la grande portata, se Descartes, davanti a una tale ricchezza di generalizzazione, esalta ciò che aveva «consuetudine di chiamare metafisica della Geometria», i detrattori non mancarono” (ivi, pp.101-102). Questo esempio mostra come “la generalizzazione creatrice non è né chiara, né immediata” e “non si impone alla convinzione di un tempo se non attraverso lo sforzo di un genio” (ivi, p.103). È una sfida che vince l'intuizione immediata.

Per un altro esempio di generalizzazione Bachelard fa riferimento al metodo di M. Chasles (1793-1880), un metodo di generalizzazione applicata che a Bachelard sembra “molto adatto a preparare le generalizzazioni matematiche della Relatività”. Chasles ha studiato la nozione di *immaginario* in Geometria. “Egli – scrive Bachelard – passa dal reale all'*immaginario* attraverso un'estensione metodica di cui la Relatività ci darà tanti e tanti esempi”. L'idea di *immaginario* in Geometria non sta solo a indicare “uno stato di una figura nel quale certe parti, che sarebbero reali in un altro stato della

La matematica di cui “le teorie relativistiche, per spiegare i fenomeni, fanno uso” è una matematica “quasi volontariamente complicata”. Il calcolo tensoriale è, per Bachelard, “uno strumento matematico che crea la scienza fisica contemporanea come il microscopio crea la microbiologia”, per cui “non c’è alcuna conoscenza nuova senza la padronanza di questo nuovo strumento matematico”<sup>448</sup>. Più che uno strumento esso è, in realtà, un pensiero.

Si tratta di “un mirabile operatore di generalità. La mente acquista nel maneggiarlo nuove capacità di generalizzazione”<sup>449</sup>. È un mirabile esempio di come “le matematiche entrano nel cuore stesso della sostanza” e “costruendo tutte le funzioni della materia [...] cancellano la sua irrazionalità o, almeno, [...] ci insegnano a non prendere il reale che dal suo lato razionale senza rinunciare per questo ad esplorare la sua ricchezza”<sup>450</sup>. Questo calcolo costituisce “il quadro psicologico del pensiero relativista”<sup>451</sup>.

“Il calcolo tensoriale gioca il ruolo primordiale in Relatività, persegue sistematicamente la più grande ricchezza possibile in variabili. Attraverso il gioco dei suoi indici multipli, esso è pronto a far fronte a tutte le occasioni di variazione. D’altra parte i diversi indici tensoriali si piegano e si dispiegano a volontà in un movimento alternato di generalizzazione e di applicazione. Il generale vi resta sempre presente, sempre tanto chiaro quanto l’esempio. In altri termini, attraverso le sue formule condensate, il calcolo tensoriale arriva a iscrivere la generalità sotto il segno persuasivo del particolare. Il calcolo tensoriale ci sembra dunque, nella sua essenza, particolarmente adatto a fornire i quadri di una generalizzazione”<sup>452</sup>.

---

figura, hanno cessato di esistere”. Essa “sarebbe vuota di senso, se non fosse sempre accompagnata dall’idea attuale di esistenza reale dello stesso oggetto a cui la si applica [...]. Non ci si può fare un’idea di un oggetto immaginario se non rappresentandosi al tempo stesso un oggetto della specie, in uno stato di esistenza reale”. L’*immaginario* “supera l’immaginazione”, in un certo senso “fa violenza agli insegnamenti del reale, sostituisce al permanente di fatto il permanente di diritto, permette di aggiungere il *possibile* alla realtà, senza rischiare di essere ingannati dall’estensione data ai concetti, poiché designa sempre con un segno distintivo il motivo dell’aggiunta. Riassumendo, l’immaginario è un vero *operatore di generalizzazione*”. Bachelard parla di “principio pedagogico dell’immaginario matematico”. La “chiave degli *immaginari* in Geometria” sono, per Chasles, le relazioni e le proprietà degli enti geometrici che egli chiama *contingenti*. Nel distinguere tra proprietà principali, intrinseche o *permanenti* e proprietà secondarie, accidentali, *contingenti* degli enti geometrici, Chasles definisce le prime (*permanenti*) come quelle che «servirebbero, in tutti i casi, alla definizione e alla costruzione delle parti della figura [chiamate] *integranti* o *principali*, e le seconde (proprietà *contingenti*) come quelle che possono sparire e divenire immaginarie in certe circostanze di costruzione della figura. La teoria dei cerchi tracciati su un piano ci offre – scrive Chasles – un esempio di questa distinzione che noi facciamo tra le proprietà *accidentali* e le proprietà *permanenti* di una figura». Tra le proprietà *permanenti* di cui gode la retta di Gaultier vi è quella in base alla quale le tangenti ai due cerchi, tracciate da qualsiasi punto di essa sono uguali tra di loro, «di modo che ogni punto di questa retta è il centro di un cerchio che taglia ortogonalmente i due cerchi proposti». Questa retta è la corda comune dei due cerchi, o come la chiama Gaultier, l’*asse radicale*, “espressione attinta da [questa sua] proprietà *permanente*”. Per tracciare effettivamente l’asse radicale, si farà così ricorso a delle combinazioni di cerchi secanti. Ma l’ordine della generalità rovescherà l’ordine della costruzione: due cerchi isolati, senza punto comune saranno messi in rapporto stretto e profondo quando si considererà una nozione come l’asse radicale nella sua estensione massima, nella sua funzione più generale (ivi, pp.103-106).

<sup>448</sup> Nel 1934, ne *Il nuovo spirito scientifico*, Bachelard scrive: “Qualche anno fa abbiamo scritto un libro speciale allo scopo di mettere in luce il carattere di novità essenziale delle dottrine relativistiche. Abbiamo soprattutto insistito sul valore induttivo delle nuove matematiche, dimostrando, in particolare, che il calcolo tensoriale è un vero e proprio metodo di invenzione” (G. Bachelard, *Il nuovo spirito scientifico*, cit., p.61). Sulla ‘decisiva influenza’ esercitata su Bachelard dall’opera di Riemann cfr. le osservazioni presenti in P.Redondi, *Epistemologia e storia della scienza. Le svolte teoriche da Duhem a Bachelard*, cit., pp.114-120; 124-127.

<sup>449</sup> G. Bachelard, *Il nuovo spirito scientifico*, cit., p.70. La fisica matematica non è, per Bachelard, “staccata dal suo oggetto come pretendono i dottrinari dell’assiomatica” (ivi pp.69-70).

<sup>450</sup> G. Bachelard, *La ricchezza d’inférence de la physique mathématique*, in *L’engagement rationaliste*, cit., pp.109-119;116.

<sup>451</sup> G. Bachelard, *Il nuovo spirito scientifico*, cit., p.69.

<sup>452</sup> G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, cit., p.107.

Scrivendo Becquerel: “Nella teoria della relatività generalizzata [...] si è condotti, inoltre, a considerare degli enti matematici chiamati *tensori*; ciascuno di essi è definito da un certo numero di funzioni che sono dette «componenti del tensore». Il «calcolo differenziale assoluto», creato da Riemann, Christoffel, Ricci e Levi-Civita (anteriormente alla teoria di Einstein) dà le regole che permettono di calcolare le componenti di un tensore in un nuovo sistema di coordinate quando si conoscono queste componenti per un primo sistema, e quando, beninteso, la trasformazione che collega i due sistemi è data. I tensori sono caratterizzati dal fatto che le equazioni di trasformazione delle loro componenti sono lineari e omogenee: se tutte le componenti di un tensore sono nulle in un sistema di coordinate, esse scompaiono anche in tutti gli altri sistemi. Una legge naturale formulata per mezzo dell’annullamento di un tensore, cosa che vuol dire per mezzo dell’annullamento di tutte le componenti di un tensore, o formulata per mezzo dell’uguaglianza di due tensori, è covariante in un modo generale: essa è dunque messa nella forma richiesta dal principio di relatività. Cercando le regole secondo le quali si possono formare dei tensori, si ottengono i mezzi per esprimere le leggi della Fisica sotto una forma intrinseca, dove ogni sistema di coordinate è

In Relatività un fenomeno si presenta come una funzione di più variabili. Il calcolo tensoriale, sulla base di quello che Bachelard definisce *principio di completa funzionalità*<sup>453</sup> intendendolo come “un vero principio di progresso”, assume come scopo la generalizzazione e “generalizza sensibilizzando tutte le variabili”, “ristabilisce le diverse componenti che semplificazioni più o meno pragmatiche, più o meno esplicite, avevano cancellato” e le variabili sopite si risvegliano, sono incorporate nel reale.

“Prima dell’era matematica, nell’età del solido, – scrive Bachelard – occorre che il reale indicasse al fisico, prodigando gli esempi, l’idea da generalizzare: allora il pensiero era un compendio di esperienze compiute. Nella nuova scienza relativista un unico simbolo matematico, il cui significato è prolisso, designa i mille caratteri di una realtà nascosta: il pensiero è un programma di esperienze da realizzare”<sup>454</sup>.

Sta in questa sua attitudine alla generalizzazione il valore induttivo del calcolo tensoriale, il suo valore di *pensiero sintetico*.

“La disciplina del calcolo tensoriale esige, infatti, che non sia tralasciato nulla, che sia operata una specie di enumerazione organica e istantanea, capace di darci la certezza che al nostro sguardo si offrono tutte le variazioni del simbolo. È questa un’estensione razionale del procedimento cartesiano di enumerazione mnemotecnica [...]. Così, anche nei dettagli del calcolo, veglia una specie di coscienza della totalità. L’ideale di totalità iniziale si prolunga. Con la relatività siamo ben lungi dallo stato analitico del pensiero newtoniano”<sup>455</sup>.

Lo spirito scientifico non si accontenta di pensare l’esperienza solo nei suoi tratti salienti, nelle sue variabili caratterizzanti, ma pensa a tutte le possibilità sperimentali e dà a queste possibilità un’organizzazione matematica per ritrovare l’esperienza, il reale, come “un caso particolare del possibile”<sup>456</sup>. L’“ordine della scoperta” ha il primato su quello della “verifica” ed è la sintesi che illumina, rende possibile l’analisi.

Questo metodo di generalizzazione, questo metodo induttivo, messo in opera nella Relatività e che, per Bachelard, è il metodo stesso della scienza (anche le meccaniche quantistica e ondulatoria, infatti, si presentano “matematicamente, in parecchi tratti, come metodi di generalizzazione sistematica”<sup>457</sup>) ha un netto carattere antirealistico: esso coglie nel reale il pretesto del generale, lo involge in un corteo di possibilità matematiche senza trascurare nessuna di queste possibilità (e senza che il nostro istinto realista abbia niente da ridire poiché non tradisce il reale chi lavora a fianco ad esso<sup>458</sup>).

---

scomparso” (J. Becquerel, *Le principe de Relativité et la théorie de la gravitation*, Gauthier-Villars et C<sup>ie</sup>, Paris 1922, pp.146-147; la tr. è *ns.*).

Scrivono Suzanne Bachelard, “la nozione di tensore apporta una generalizzazione estrema alla nozione di vettore e nello stesso tempo corregge le imperfezioni legate al calcolo vettoriale. Come dice E. Bauer, il calcolo vettoriale «ci ha abituato a considerare le relazioni tra vettori sotto forma intrinseca, indipendente da ogni sistema di riferimento. Ha creato un linguaggio sintetico che obbliga a fare largo appello all’intuizione geometrica e fisica e, nello stesso tempo, a far emergere dall’apparato analitico le idee fondamentali. Però questo metodo non può essere seguito sistematicamente con rigore. È impossibile definire con precisione i vettori, se non si parla delle loro componenti, se non si cerca come esse si comportano al momento di una trasformazione di coordinate... D’altra parte, i calcoli vettoriali puri, dal momento che si tratta di espressioni un po’ complicate, divengono oscuri e difficili. Bisogna tornare alle componenti». Il calcolo tensoriale si presenta allora come una complicazione semplificativa. Mentre il calcolo vettoriale classico resta attaccato allo spazio ordinario a tre dimensioni o allo spazio-tempo a quattro dimensioni, il calcolo tensoriale costruisce degli enti geometrici, vettori di nuovi spazi vettoriali e studia, per un cambiamento di riferimento dello spazio iniziale, le leggi di variazione delle componenti di questi enti geometrici di questi nuovi spazi. I tensori sono enti geometrici che sono caratterizzati esattamente dalle leggi di trasformazione delle loro componenti al momento di un cambiamento di riferimento. È dal modo con cui si trasforma che si riconosce un tensore. Diciamo in un linguaggio più rigoroso che la nozione di tensore, in tutta la sua generalità, deve essere ricollegata a quella di rappresentazione lineare di un gruppo. I gruppi fondamentali che appaiono in fisica classica come in fisica contemporanea sono i seguenti: il gruppo delle rotazioni dello spazio ordinario e quello degli spostamenti, il gruppo galileiano classico, il gruppo di Lorentz” (S. Bachelard, *La conscience de rationalité*, cit., p.61).

<sup>453</sup> G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, cit., p.114.

<sup>454</sup> G. Bachelard, *Il nuovo spirito scientifico*, cit., p.70.

<sup>455</sup> Ivi, pp.70-71.

<sup>456</sup> Ivi, p.72.

<sup>457</sup> Ivi, p.71.

<sup>458</sup> G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, cit., p.121.

In questo modo il reale (scientifico) risulta un caso particolare del possibile. “Ed è il calcolo che pone il reale nella sua vera prospettiva, in seno ad una possibilità coordinata. Lo spirito accetta allora una realtà che è divenuta un pezzo del suo proprio gioco [...]. Dandogli una delle variabili del problema, esso [il calcolo tensoriale] vi saprà associare tutte le altre; le preparerà come forme vuote, come possibilità risvegliate da una specie di istinto della simmetria funzionale, da un genio della generalità. Poi, grazie al semplice movimento di una trasformazione di coordinate, ci si accorgerà che la materia sperimentale inizia a fluire in questi stampi formali, a mettere la vita in questi fantasmi, a equilibrare tutte le variazioni, a esplicitare infine il ruolo del generale”<sup>459</sup>.

Nella Relatività – scrive Bachelard – “l’affermazione di una possibilità appare come antecedente all’affermazione di una realtà; il possibile è allora il quadro *a priori* del reale”. Questo “possibile”, che si identifica con “l’esperienza concepibile” e non semplicemente con “l’esperienza realizzabile”, tant’è che nel definirlo lo si concepisce come “forma”, come un *a priori*, per l’appunto, senza darsi cura delle limitazioni che ogni esperienza reale impone, ha, quindi, per certi aspetti un carattere assoluto”<sup>460</sup>.

Se da un lato la possibilità conferisce alla realtà il suo vero aspetto, dall’altro la realtà consolida i quadri della possibilità pura. “Realtà e possibilità vanno a trovarsi sussunte sotto una totalità di un ordine algebrico particolarmente omogeneo. Esse diventano i pezzi mobili e *sostituibili* di una costruzione razionale. Così la Realtà avrà epistemologicamente un ruolo nuovo poiché essa potrà favorire l’incorporazione di una possibilità vaga e precaria, provvista di un senso primario semplicemente algebrico, in un corpo generale e coerente di possibilità. In altri termini, si va da un senso semplicemente matematico della possibilità a un senso realistico della possibilità”<sup>461</sup>.

Il Relativista – osserva Bachelard – non si limita a stabilire la possibilità *a priori* di un’esperienza, ma studia questa possibilità in sé e per sé. Fa del possibile un sistema, anzi, si ha quasi l’impressione che egli vada oltre e, come sedotto da un vero realismo platonico del possibile, tenda ad attribuire un carattere di sostanzialità ad una organizzazione del possibile ricca e coerente.

Lo “sforzo costruttivo della matematica” sfugge all’obiezione di essere artificiale, poiché esso prende il suo pretesto nel reale, attinge il suo impulso dai caratteri nettamente sperimentali”<sup>462</sup>.

Il reale è, dunque, un pretesto, il possibile giunge a “sanzionarlo”, a classificare le molteplici direzioni che possono seguire le sue variazioni, a collocarlo nella sua vera prospettiva di caso particolare del possibile. Cogliere nel reale il pretesto del generale, guardare al particolare e al tempo stesso trascenderlo pensando all’estensione delle sue proprietà è un “gioco difficile e delizioso” che “domanda all’esperienza, questa compagna dell’abitudine, una lezione di disponibilità di spirito”, che ha “l’impronta di una induzione così audacemente estensiva da poter sviare una mente poco abituata alle libertà matematiche”<sup>463</sup>.

“Crediamo [...] che ci si debba mettere il più direttamente possibile a contatto con il possibile integrale e puro, e studiarlo nel suo aspetto qualitativo prima di adattarvi dei coefficienti di realizzazione. In tal senso, una specie di *Analysis Situs* della possibilità potrebbe forse prescindere dalle grandezze apportate dai coefficienti di riuscita per mantenere solo i gradi di libertà. Questa analisi enumererebbe tutte le possibilità, consentirebbe di individuare tutte le funzioni e darebbe così al matematico un fenomeno organico in cui il potenziale e il virtuale potrebbero trovare un posto e un ruolo. Si è così ben lontani dalla disciplina pragmatica”<sup>464</sup>.

La Relatività si colloca in un’atmosfera di generalità massima e metodica. Al “ruolo semplificativo dell’informazione matematica” vediamo così contrapporsi il “ruolo costruttivo dell’induzione matematica [...]”. Con il calcolo tensoriale, questa preoccupazione della generalità diviene nettamente dominante in Fisica. Così l’impiego di questo calcolo ci sembra dover modificare

---

<sup>459</sup> Ivi, pp.121; 107-108.

<sup>460</sup> Ivi, pp.121; 171.

<sup>461</sup> Ivi, p.121.

<sup>462</sup> *Ibidem*.

<sup>463</sup> Ivi, p.106.

<sup>464</sup> Ivi, pp.122-123.

profondamente lo spirito della scienza fisica. È poco dire che la Fisica si matematizza, poiché non è attraverso la superficie che avviene la penetrazione delle due dottrine, è al centro stesso della Fisica che la matematica ha avuto accesso ed è ora l'impulso matematico a dare al progresso della scienza fisica la sua forza e la sua direzione"<sup>465</sup>. Per via di una matematica complessa, che complica il suo oggetto inquadrandolo e pensandolo nello spettro delle sue possibilità, mettendo a frutto tutte le sue variabili ed accogliendo, "al di là dell'aspetto evidentemente facile e abbreviato", tutto il suo valore istruttivo, sono stati "rigenerati" molti problemi che il tocco della "grazia pragmatica", per tentare una loro "soluzione rapida e intuitiva", aveva semplificato, meglio, lasciato "degenerare" dal generale al particolare, o dei quali aveva considerato le variabili, per così dire, non trascurabili, impegnandosi "in una via *particolare della generalizzazione*", in una generalizzazione "senza ramificazione", destinata ad incagliarsi presto nel particolare. "Perché scegliere tre variabili se l'analisi è possibile con due? Ecco [che] certe variabili, in certe questioni particolari, restano insensibili e come soffocate"<sup>466</sup>. Ma per semplificazione non si va lontano. "Si oscura lo spirito mutilando la realtà"<sup>467</sup>.

Un esempio di questa "rigenerazione matematica" è dato, per Bachelard, dalle "teorie relativistiche dell'atomo" di Sommerfeld<sup>468</sup>, il quale, com'è noto, ammette, accanto alle orbite circolari dell'elettrone, la possibilità di orbite ellittiche (di cui le prime non sono che un caso particolare) e introduce un secondo numero quantico, per la misura dell'eccentricità dell'orbita, vincolato al numero quantico di Bohr (che indicava il livello energetico), giungendo così, per via matematica, ad aumentare considerevolmente il numero delle orbite elettroniche possibili nel medesimo livello e il numero di salti possibili per gli elettroni<sup>469</sup>. Ma a Sommerfeld si deve un ulteriore "affinamento" teorico. Come scrive Pais, "dopo aver quantizzato la 'forma' dell'orbita", Sommerfeld "fu il primo a porsi il seguente problema: «Sorge la questione se anche la *posizione* dell'orbita possa essere quantizzata. A tale scopo è necessario che ci sia almeno una direzione privilegiata dello spazio». In altri termini la disposizione dell'orbita, individuata per esempio dalla direzione della normale al piano orbitale, è ben definita solo rispetto a una qualche altra direzione fissata, come per esempio quella di un campo elettrico o magnetico esterno. In questi casi, che Sommerfeld discusse in seguito nel corso del medesimo anno [era il 1916], la teoria dei quanti permette solo un insieme discreto di direzioni, individuate da un nuovo numero quantico indicato di solito con  $m$ "<sup>470</sup>, il cosiddetto quanto magnetico.

<sup>465</sup> Ivi, pp.124; 123. Ne *Il nuovo spirito scientifico* Bachelard scrive: "La fisica matematica si esprime perciò in termini di possibilità sperimentali. In questa dottrina il possibile si è, in un certo senso, accostato al reale, ha ripreso un posto e una funzione nell'organizzazione dell'esperienza. Si è allontanato dalle traduzioni più o meno fantasiose della filosofia del *come se*. Da questa organizzazione matematica delle possibilità sperimentali si ritorna allora all'esperienza per vie più diritte. Si ritrova il reale come un caso particolare del possibile; questa prospettiva è probabilmente adatta ad attestare l'allargamento del pensiero scientifico" (G. Bachelard, *Il nuovo spirito scientifico*, cit., p.72).

<sup>466</sup> G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, cit., p.126.

<sup>467</sup> Ivi, p.125.

<sup>468</sup> Ivi, p.124. Come nota Pais: "Sommerfeld [...] fu il primo a dimostrare che la teoria della relatività spiega in maniera quantitativa la struttura fine dell'idrogeno [...] Gli effetti relativistici danno luogo alla precessione delle orbite [...]. Secondo la teoria della Relatività, la massa dell'elettrone non è costante, ma dipende dalla velocità che, a sua volta, varia da punto a punto lungo l'ellisse. Anche questa dipendenza dalla velocità genera una precessione" (A. Pais, *Il danese tranquillo. Niels Bohr, un fisico e il suo tempo, 1885-1962*, [1991], tr. di D. Canarutto, Bollati Boringhieri, Torino 1993, pp. 188; 190; 188).

<sup>469</sup> Pais riferisce che "nel diciannovesimo secolo erano stati fatti molti altri progressi nel campo della spettroscopia sperimentale; per esempio, erano state scoperte molecole con caratteristici «spettri a bande», costituiti da gruppi di linee molto ravvicinate. Quando Bohr iniziò a interessarsi di spettroscopia, era già stato pubblicato l'eccellente manuale di Kayser, in sei volumi per un totale di oltre cinquemila pagine". Quanto allo spettro dell'atomo di idrogeno "pare che almeno una parte sia stata osservata per la prima volta da Ångström [...] nel 1859 [...] nel 1887 Michelson e Morley avevano osservato che una delle righe della serie di Balmer è in realtà doppia. Nel 1892 Michelson trovò la medesima «struttura fine» in un'altra riga. «La curva di visibilità è praticamente la stessa che si avrebbe per una sorgente doppia». Ritengo plausibile che Bohr sapesse di quest'effetto quando, nel 1913, scrisse l'articolo sull'idrogeno. È certo comunque che lo conosceva più tardi in quello stesso anno; poco dopo la scoperta di Stark" [secondo cui "quando l'idrogeno monoatomico è immerso in un campo elettrico statico, le sue righe spettrali si dividono, e la separazione è proporzionale all'intensità del campo applicato [...] il campo elettrico esterno [era] abbastanza intenso da provocare uno sdoppiamento Stark grande in confronto allo sdoppiamento dovuto alla struttura fine"] (A. Pais, *Il danese tranquillo. Niels Bohr, un fisico e il suo tempo, 1885-1962*, cit., pp.145; 187; 184; 187 n).

<sup>470</sup> «Dunque – osserva Pais – le orbite dell'elettrone nell'idrogeno sono ora caratterizzate da tre numeri quantici. In presenza di un campo esterno, gli stati caratterizzati da un valore fissato [dei primi due numeri quantici], ma con differenti valori di  $m$ , si differenziano. Questa è l'origine dell'effetto Stark, trattato poi in maniera particolareggiata [...] da Epstein **Errore. Il**

Bachelard ritiene estremamente significativa la rettificazione del modello atomico di Bohr operata da Sommerfeld e nel sottolinearne l'importanza, sul piano epistemologico, pone l'accento su alcuni aspetti essenziali, in cui ritroviamo gli stessi motivi di fondo della sua filosofia. Anzitutto, pone l'accento su quel *porsi contro* di Sommerfeld (rispetto a Bohr), che egli chiama "la divergenza di opinione" di Sommerfeld: "Indubbiamente Bohr ritiene che una sola condizione quantica basti a risolvere il problema classico di Keplero. Ma questo non è affatto il parere di Sommerfeld"<sup>471</sup>. Poi, la modalità della realizzazione di questa rettificazione, che avviene in una dialettica *comprensiva*, di *inviluppo*, e d'altra parte, per Bachelard, la rettificazione implica, ed essa stessa è, una *rifusione*, una riorganizzazione del pensiero e un allargamento di esso a partire dalle sue basi. Tutto ciò che rettifica la ragione – scrive Bachelard – la riorganizza. "Lo schema di Sommerfeld, per rettificare lo schema di Bohr e rendere a questo schema tutta la sua fecondità di inferenza, è obbligato a ritornare alle basi stesse della costruzione, in una regione in cui la generalità trova la sua vera radice"<sup>472</sup>. Infine, l'esigenza, secondo Bachelard, di chiara natura *induttiva* che induce (e non è solo gioco di parole) Sommerfeld a porsi il problema di scovare un'altra *possibilità soggiacente*, di inseguire, e lo fa sul piano teorico, una terza condizione quantica, relativa all'orientamento delle orbite nello spazio, di trovare, insomma, ancora un altro "pretesto" per "rigenerare" il problema attraverso una ulteriore sua complicazione che, ponendolo in una luce di maggiore generalità, consente di intenderlo in una "diversità accresciuta". "Per il calcolo delle righe spettrali e in generale per la determinazione dell'energia di una vibrazione, basta conoscere *meno* numeri quantici rispetto ai gradi di libertà posseduti dal problema. Di conseguenza finché non si mira che alla costruzione del fenomeno particolare, sembra di essere liberi di semplificare il dato [...]. Se ci attenessimo alla questione dell'elettrone di idrogeno mobile intorno al nucleo nel piano delle aree, pur arricchendolo di una seconda variabile, tratteremmo ancora un problema degenerato [...]. Indubbiamente l'orientamento spaziale delle orbite non comporta alcuna conseguenza nel bilancio energetico e i fenomeni spettroscopici in particolare non ne sono alterati più di quanto non lo fossero quando si consideravano, in un solo piano, orbite di uguale energia [...]. Come trovare l'elemento che ci darà un pretesto per rigenerare il problema, per mettere questo problema al suo giusto grado di generalità? Come passare da una realtà imprigionata in un piano a una realtà ricca di tutte le possibilità spaziali, implicata con simmetria nelle tre dimensioni dello spazio? Difficile ricerca, poiché, a dispetto di una intuizione ostile, bisognerebbe trovare un motivo di riferimento distinto in uno spazio simmetrico, una direzione privilegiata in uno spazio isotropo. Si perviene allora all'ipotesi dell'esistenza di un campo di forza che agisce esternamente all'atomo [...]. In quest'ultimo caso [...] le tre condizioni quantiche sono necessarie. Immediatamente, ci si rende conto che il problema non è più degenerato; le variabili ora

---

**segnalibro non è definito.** e Schwartzschild". Come lo stesso A. Pais documenta, "nel febbraio 1916 Einstein scrisse a Sommerfeld, dicendogli si considerare il suo nuovo lavoro [sulle righe spettrali] una «rivelazione». In marzo gli scrisse anche Bohr: «Non credo di aver mai letto nulla con gioia maggiore di quella provata nel leggere il Suo bel lavoro». Una decina d'anni più tardi sarebbe divenuto chiaro che la formula di Sommerfeld per la struttura fine era corretta [...], ma che non lo era il modo in cui era stata ricavata" (A. Pais, *Il danese tranquillo. Niels Bohr, un fisico e il suo tempo, 1885-1962*, cit., pp.191-192). Pais cita da A. Sommerfeld, "Ann. der Phys.", 51, 1, 125 (1916), §7 (ivi, p.571 n.65). Nel 1922 Stern e Gerlach osservarono "un'inesplicabile suddivisione dei fasci di atomi che passano attraverso un campo magnetico" (ivi, p.204). Nel 1922, in una lettera a Max Born, Einstein scriveva: "I lavori di Bohr m'ispirano una grande ammirazione per il sicuro istinto che li guida. È bene che lavoriate sull'elio. Ma oggi la cosa più interessante è l'esperimento di Stern e Gerlach. L'orientamento degli atomi in assenza di collisione non è spiegabile con la radiazione secondo gli schemi attuali: un fenomeno simile dovrebbe durare a rigore più di cent'anni (ho fatto in proposito un piccolo calcolo con Ehrenfest)". Nel commento che Born fa seguire alla lettera molti anni più tardi, curando la pubblicazione del suo epistolario con Einstein, leggiamo: "È strano che Einstein **Errore. Il segnalibro non è definito.** mi abbia segnalato come «la cosa più interessante» l'esperimento di Stern e Gerlach: dimenticava che esso era stato condotto sotto i miei occhi nell'istituto di Francoforte da me diretto, in seguito a discussioni con me e grazie ai mezzi finanziari raccolti con le mie conferenze sulla relatività. Il «piccolo calcolo» eseguito da Einstein ed Ehrenfest per dimostrare che l'orientamento degli atomi in un campo magnetico – previsto da Sommerfeld e confermato sperimentalmente da Stern e Gerlach – non può essere interpretato secondo le leggi classiche, fu eseguito anche, se la memoria non m'inganna, dallo stesso Stern" (A. Einstein – H.e M. Born, *Scienza e vita. Lettere 1916-1955*, tr. di G. Scattone, Einaudi, Torino 1973<sup>2</sup>, lettera n.42 [senza data], pp.83-84; 84; 85-86).

<sup>471</sup> G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, cit., p.127.

<sup>472</sup> *Ibidem*.

presentano il loro gioco completo; le si coglie nella loro azione separata”<sup>473</sup>. Indirettamente, “aggiungendo” una ipotetica forza, una forza *directrice*, il fenomeno si complica, in esso si risvegliano dei “caratteri nascosti” e la “diversità” risvegliata è mantenuta *al limite* quando il campo esterno all’atomo si annulla.

Questo *passaggio al limite* può – scrive Bachelard – sembrare audace: “l’orientamento quantico sembra dapprima coordinato a una forza ipotetica e se non si pone più l’ipotesi non si vede più in rapporto a che cosa si potrebbero orientare le orbite. Ma se è difficile far passare *una realtà* al limite, ci sono meno obiezioni contro il passaggio al limite di semplici *possibilità*”. Ed allora si può pensare che l’orientamento quantico permanga “come una realtà impallidita che non può più affiorare nell’esperienza ma che mantiene ancora i suoi lineamenti matematici”. Questa realtà certamente non si potrebbe postulare se non se ne fosse avuta esperienza, “ma non si ha più ragione di escluderla, anche se viene a mancare l’occasione di ordine sperimentale di manifestarla”<sup>474</sup>.

Ecco allora la conclusione di Bachelard: “la realtà si sottomette alla possibilità, rispetta il gioco che le è stato una volta imposto dal possibile, vi persiste come una trottola che si addormenta attorno a un asse matematicamente notevole. È attraverso il possibile che si scopre il reale”<sup>475</sup>.

Questo può anche essere un “metodo artificiale” perché fondato “sull’occasione di una supposizione”, ma proprio per questo esso è congeniale (*méthode accueillante*<sup>476</sup>, dice Bachelard) alle *tendenze induttive* del nostro spirito.

Bachelard concluderà la sua analisi dimostrando che è dir poco affermare che la fisica si matematizza. È *al suo centro* che la matematica ora accede. E contro gli oppositori di questa apologia della complessità, contro coloro che vogliono a tutti i costi far degenerare i problemi del generale al particolare, Bachelard contrapporrà il ruolo costruttivo dell’induzione matematica, che egli metterà ancora in luce [...] nelle teorie relativistiche dell’atomo di Sommerfeld. Gli resterà allora, per completare questa prima parte, di mostrare come gli elementi di resistenza più forti provenienti dal reale (la nozione di massa, il fatto elettrico) si trovino in realtà disgregati, nella loro apparente unità predicativa, dalla Relatività. Così, seguendo Born e Becquerel, Bachelard mostra come le estensioni successive della nozione di massa (massa newtoniana, massa maupertuisiana, massa gravitazionale e massa d’inerzia, massa relativistica, funzione della velocità) fanno sì che la massa, questa realtà primaria all’inizio, diventi una nozione derivata, dimostrando che il reale è alla fine, non all’inizio. In seguito, sempre sulle tracce di Becquerel e dell’esposizione che questi fa della teoria di Hermann Weyl, Bachelard studia come l’assimilazione del campo elettrico alla dinamica sia stata pensata da questo matematico ad un livello molto più profondo, potendo la teoria di Einstein ancora generalizzarsi. Ma poiché la teoria di Weyl è essa stessa prolungata da quella di Eddington, e poiché il completo compimento della dottrina solleva ancora molte difficoltà che sono lungi dall’essere chiarite, Bachelard, per finire, cita l’espressione di Louis de Broglie affermando che la natura del campo elettromagnetico, all’epoca, conservava ancora il suo mistero. La conclusione di questa prima parte [...] continua tuttavia a testimoniare una fiducia incrollabile nella potenza della matematica: «l’unità matematica che si costituisce in una assiomatica della Fisica controlla interamente l’unità del fenomeno»<sup>477</sup>.

Quanto al termine “relativation” (è già nel titolo del capitolo terzo: *Il progresso della relativazione*), Bachelard fa una precisazione e si riferisce a Maurice Solovine:

<sup>473</sup> Ivi, pp. 126; 127-128; 129.

<sup>474</sup> Ivi, p.130.

<sup>475</sup> *Ibidem*. Come osserva Gamow, “poco dopo il 1920, tre numeri quantici risultarono improvvisamente insufficienti. Gli studi dell’effetto Zeeman (lo scindersi delle righe spettrali provocato da forti campi magnetici) rivelò l’esistenza di un numero di componenti maggiore di quello che poteva essere giustificato da tre interi: per spiegare la loro esistenza si introdusse un quarto numero quantico. Dapprima fu chiamato «numero quantico interno», un nome come un altro perché nessuno poteva spiegare l’ulteriore scissione. Poi, nel 1925, due fisici olandesi, Samuel Goudsmit e George Uhlenbeck, fecero una proposta coraggiosa: questa scissione supplementare delle righe, secondo loro non era dovuta a un altro numero quantico che individuava l’orbita dell’elettrone nell’atomo, ma all’elettrone stesso. Prima di questa scoperta l’elettrone era stato sempre considerato un punto caratterizzato soltanto dalla sua massa e dalla sua carica elettrica; perché non immaginarlo come un piccolo corpo carico elettricamente e rotante sul suo asse come una trottola? Esso avrebbe un certo momento della quantità di moto e un momento magnetico come qualsiasi carica rotante. Un diverso orientamento della rotazione o «spin» dell’elettrone (come venne chiamato) rispetto al piano della sua orbita spiegherebbe gli ulteriori componenti nella scissione delle righe” (G. Gamow, *Trent’anni che sconvolsero la fisica* [1966], tr. di L. Felici, Zanichelli, Bologna 1993<sup>2</sup>, pp.55; 73-74).

<sup>476</sup> G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, cit., p.130.

<sup>477</sup> D. Parrochia, *Préface*, cit., pp.29-31.



«Siamo stati obbligati a forgiare questo termine (*Relativation*), dice Solovine (A. Einstein, *L'Ether et la théorie de la Relativité*, Paris, Gauthier Villars, 1921 [...]) per tradurre il termine tedesco *Relativierung*, che esprime mirabilmente il pensiero di Einstein, ma che non ha nessun equivalente nella lingua francese»<sup>478</sup>.

Come nota Bontems:

La relativazione è “la chiave di volta della Relatività filosofica e realizza l’articolazione fra il processo di desostanzializzazione metafisica e la prospettiva di una rifondazione dell’ontologia sulla base di un realismo delle relazioni. Non bisogna confondere la *relativazione* con una «relativizzazione» in senso ordinario. I progressi ricorrenti della Relatività filosofica si oppongono nettamente alla tendenza di quel «relativismo» per cui «tutto si equivale» [...]. In fisica, relativizzare acquisisce un significato ancora più preciso, quello dell’operazione di *relativazione*, traduzione di Maurice Solovine del termine «*Relativierung*» [...].

La *relativazione* designa dunque la presa in carico dei vincoli imposti dal principio di relatività alle equazioni che descrivono un qualsiasi fenomeno fisico. La ricorrenza di questo processo spiega per quale motivo, alla luce della relativazione compiuta da Einstein, sembra si possano comprendere Galileo o Newton meglio di quanto non li si fosse mai compresi. Ma la relativazione è rintracciabile già molto prima di quando Einstein pretese che le leggi dell’elettromagnetismo fossero sempre uguali a prescindere dallo stato di moto del referente. Essa operava già in seno alla nuova fisica di Galileo [...].

In un certo qual modo, l’impiego scientifico del verbo relativizzare [... traduce il] mettere in relazione eventi in seno a un sistema di relazioni che consenta la loro valutazione qualsiasi sia il referente adottato. Il metodo relativista consiste nel determinare le relazioni di covarianza che sostengono il passaggio da un referente all’altro [...]. La relativazione finisce, dunque, per riconoscere il valore ontologico delle *relazioni*. Sebbene, a volte, Bachelard si richiami all’esigenza di rifondare la metafisica su questa base, la sua analisi si mantiene sul piano epistemologico e non varca mai la soglia della ricostruzione di un’ontologia. Ciò nondimeno, si può ampliare il suo pensiero attraverso una lettura ricorrente delle sue analisi alla luce del «realismo della relazione» sviluppato da Gilbert Simondon [...]. Ogni esistenza comincia da una relazione [...].

L’anteriorità della relazione sui termini della relazione si esprime attraverso le matematiche: «In principio è la Relazione, ecco perché le matematiche regnano sul reale» [...].

Dato che le matematiche non sono un linguaggio, esse sono un sistema di relazioni che induce un realismo non sostanzialista; posseggono perciò la virtù di spogliare le concezioni fisiche da ingombranti metafore. Le matematiche sprigionano la sintassi di una metafisica rinnovata<sup>479</sup>.

Il libro secondo si articola in altri tre capitoli: *Il carattere formale dei principi relativistici; Le garanzie di unità della dottrina; Semplicità e Ragion sufficiente*.

Il libro II, in tre nuovi capitoli, amplierà ulteriormente e arricchirà il punto di vista precedentemente sviluppato. Nel capitolo IV (*Il carattere formale dei principi relativistici*), Bachelard sviluppa, sempre contro il realismo meyersonian, la sua tesi di un razionalismo matematico della teoria della relatività. I

<sup>478</sup> G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, cit., p.135 n.1.

<sup>479</sup> V. Bontems, *Bachelard*, cit., pp.88; 89; 90; 91; 92. Scrive Bontems: “Il passaggio dalla fisica classica alla fisica relativista è una desostanzializzazione, perché relativizza la nozione di massa, sino allora ritenuta assoluta [...]. Quest’operazione [...] che trasforma, cioè, l’ontologia sostanzialista in un realismo delle relazioni si chiama *relativazione* [...]. Per comprendere in che senso Einstein «relativizzi» le teorie precedenti (meccanica classica ed elettromagnetismo), agevolando la filosofia nella sua trasformazione, occorre distinguere i significati del verbo «relativizzare» e articularli in modo coerente. Nel linguaggio corrente, «relativizzare» consiste nel rivalutare un giudizio, ponendolo in relazione con altri giudizi di valore e, il più delle volte, nell’invalidare, così, il valore assoluto di questo giudizio per porlo a distanza da sé. Di un valore assoluto si fa un valore relativo alle circostanze. In un senso più preciso, «relativizzare» significa riepilogare, «far derivare da». La rivalutazione è dunque imposta dalla necessità della messa in relazione: si relativizza un fatto storico dimostrando che esso s’inserisce in una serie di fatti contemporanei o in una serie di avvenimenti successivi. Dalla pertinenza della serializzazione dipende la validità della relativizzazione [...]. I progressi ricorrenti della *relativazione* si basano sull’anteriorità ontologica della relazione su tutte le altre posizioni «di essere». Affinché vi sia «essere», è necessaria la compresenza di un soggetto e di un oggetto. L’esigenza della compresenza è ben più fondamentale di qualsiasi fondazione assoluta, sia essa oggettiva o soggettiva. La Relatività filosofica annulla l’evidenza della realtà in sé come quella della coscienza immediata di sé. Ci dissuade dal fascino di tutte le forme di trascendenza o d’immanenza. Ogni esistenza comincia da una relazione. Tutte le realtà sono prodotte dalla «doppia presenza; non possiedono radici nell’unico». Una pura autopoiesi, sia essa di un oggetto assoluto o di un soggetto assoluto, risulterebbe, dunque, metafisicamente impossibile. Non si può pensare il mondo in due modi diversi, prima come composto di oggetti separati e poi con questi stessi oggetti posti in relazione: le relazioni sono sempre-già-lì nel mondo fisico, e gli oggetti appaiono solo in funzione di esse. Simmetricamente [...] la coscienza si chiarisce solo moltiplicandosi in un sistema di relazioni” (ivi, pp.87; 88; 90; 91).

principi relativistici, *a priori*, sono evidentemente «lontani dall'esperienza immediata» [...]. Di conseguenza, non li si trae dall'esame della realtà, ma da una riflessione sulle *condizioni* di tale realtà. Questi principi definiscono per lo meno condizioni di oggettività piuttosto che proprietà generali dell'oggetto e [...] disegnano un piano del possibile piuttosto che una vera e propria mappa del reale<sup>480</sup>.

I principi relativistici, se considerati “alla radice”, appaiono, dunque, nettamente *a priori*, hanno un carattere formale e in un certo senso assoluto. Sono, infatti, lontani dall'esperienza immediata, non si ricavano dall'esame della realtà, ma piuttosto “da una riflessione sulle condizioni della realtà” e perciò sono “condizioni di oggettività” più che “proprietà generali dell'oggetto”<sup>481</sup>. In quanto sistema di condizioni, costituiscono “un'organizzazione puramente formale” che mira a stabilire il piano del possibile piuttosto che la mappa del reale. La possibilità – come Bachelard scrive – affronta l'esperienza solo dopo aver “ben coordinato le sue forme”<sup>482</sup>. In questo senso, il possibile è il quadro *a priori* del reale e si identifica con “l'esperienza concepibile”, vale a dire “con ciò che è possibile da immaginare e da coordinare con altre esperienze possibili”, e non semplicemente si identifica con “l'esperienza realizzabile”, che è “ciò che è possibile sperimentalmente”<sup>483</sup>. Anche se del tutto irrealizzabile in sé, un'esperienza possibile può, come tale, suggerire delle esperienze realizzabili e “prendere posto così, indirettamente, nel reale”. In quanto irrealizzabile è possibile definirla “perfettamente come una forma, come un *a priori*”, senza darsi cura delle limitazioni che ogni esperienza reale impone, “del carattere più o meno approssimativo” e “della molteplicità delle differenti determinazioni”<sup>484</sup>. A differenza dei cosiddetti fisici di laboratorio, – nota Bachelard – i Relativisti pensano a possibilità di ordine matematico, possibilità, se pure irrealizzabili, capaci tuttavia di suggerire esperienze realizzabili. “Il Relativista non vede [...] la contrazione di Lorentz. Non la sperimenta. La inferisce. La prende come una possibilità; si accorge poi che essa si coordina con un sistema di forme. Si è dunque proprio nel dominio dell'*a priori*, non dell'esperienza”<sup>485</sup>. In tal senso i principi della Relatività hanno un carattere assoluto. Il loro carattere formale risulta predominante anche nel caso di concetti “trovati” nell'esperienza e poi rivestiti di necessità razionale, come nel caso della velocità della luce, elevata a presupposto fondamentale della teoria della Relatività ristretta in quanto velocità costante e «velocità limite» irraggiungibile dai corpi e per questo assoluta. Il caso della velocità della luce è, per Bachelard, indicativo di quella che egli chiama “la strana concettualizzazione che è si è fatta subire a dei dati che si presentavano all'inizio come nettamente sperimentali”<sup>486</sup>. In primo luogo, il fatto che “nessuna esperienza ha potuto rilevare una variazione nella velocità della luce nell'etere”, cioè l'oggettiva e rilevata invariabilità della velocità della luce, ha portato a conferire

---

<sup>480</sup> D. Parrochia, *Préface*, cit., p.31.

<sup>481</sup> G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, p.167. “Gli *a priori* del pensiero non sono definitivi” – scrive Bachelard in *Critique préliminaire du concept de frontière épistémologique*, cit., p.85. Come Reichenbach nel suo noto scritto *Relatività e conoscenza a priori* del 1920, Bachelard privilegia, nell'uso del concetto di *a priori*, l'accezione kantiana dell'*a priori* come “costituente il concetto di oggetto”. Sul concetto di *a priori* in Kant per l'appunto cfr.: H. Reichenbach, *Relatività e conoscenza a priori* [1920], tr.di S. Ciolli Parrini-P. Parrini, Laterza, Roma-Bari 1984, soprattutto il cap.V dedicato a *I due significati dell'a priori e il presupposto implicito di Kant* p.101 sgg. dove, tra l'altro, Reichenbach scrive: “Il concetto di *a priori* ha in Kant due diversi significati. In primo luogo, esso vuol dire ‘apoditticamente valido’, ‘valido in tutti i tempi’, ed in secondo luogo significa ‘costituente il concetto di oggetto’”. Reichenbach riterrà, com'è noto, la seconda accezione del termine come la “più importante” almeno fino al 1935, fino a quando, cioè, egli non proclamerà “la disgregazione definitiva dell'*a priori*” al Congresso internazionale di filosofia scientifica tenutosi a Parigi. Ne *La valeur inductive de la Relativité*, Bachelard si riferisce esplicitamente alla *Filosofia dello spazio e del tempo* di Reichenbach [1928]. Ricordiamo che tra il 1931 e il 1936 su “Recherches Philosophiques” appaiono due recensioni di Bachelard a Reichenbach e precisamente a: H.Reichenbach, *Atom und Kosmos. Das physikalische Weltbild der Gegenwart*, Berlin 1930, “Recherches Philosophiques”, 1, 1931-1932, Boivin & C<sup>ie</sup>, Paris, pp.377-378; e a: H.Reichenbach, *Wahrscheinlichkeitslehre*, Leiden 1935, “Recherches Philosophiques”, 5, 1935-1936, Boivin & C<sup>ie</sup>, Paris, pp.446-448.

<sup>482</sup> G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, cit., p.167.

<sup>483</sup> Ivi, pp.170-171.

<sup>484</sup> Ivi, p.171.

<sup>485</sup> Ivi, p.170. “Questo procedimento, conclude molto bene Campbell, per mezzo del quale sono spiegate delle leggi (infatti le regole sono in una certa misura delle leggi vere e proprie) immaginando esperienze fatte in condizioni che non sono effettivamente realizzabili, non è specifico solo della Relatività; lo si ritrova in diverse teorie scientifiche; per esempio, è essenzialmente lo stesso di quello con cui si risolvono problemi termodinamici considerando il funzionamento di macchine perfettamente reversibili, benché tali macchine non esistano realmente” (ivi, pp.171-172).

<sup>486</sup> Ivi, p.172.

un carattere di generalità a un dato sperimentale che, contravvenendo alla legge della somma delle velocità, mostra che la velocità della luce nello spazio vuoto è uguale in tutte le direzioni e non dipende dallo stato di quiete e di moto del corpo che la emette. In secondo luogo, a questa “generalità”, che non era sostenuta da nessuna necessità, è stata attribuita, mediante quello che potrebbe sembrare un “colpo di forza” della ragione, una necessità razionale. Quella “generalità” è stata universalizzata, per poter essere impegnata in una costruzione razionale “feconda” ed è così divenuta una “generalità in un certo senso raddoppiata: trovata e affermata”, affermata in un postulato. In questa razionalizzazione di un elemento empirico, si vede come “il lato formale domina immediatamente il lato empirico”. Si tratta – dice Bachelard – di “una prima vittoria sul particolare [...]. Mai, crediamo, si era promosso un fatto a un tale livello. Ecco qui un tratto che ci sembra nuovo nella Fisica”<sup>487</sup>.

Mediante il suo carattere formale la velocità della luce fa corpo con la teoria. È una prova del fatto che la ragione “assimila tutto ciò che essa organizza” [...]. Infatti, dal momento che la costanza del valore della velocità della luce è eretta a principio, questo valore cessa di svolgere un ruolo per il suo significato empirico; ciò che importa, non è più il fatto che la luce percorre 300.000 km/sec. Questo numero potrebbe essere corretto in proporzioni abbastanza grandi senza che la struttura della nostra conoscenza cambi: [...] è il segno  $c$  che conta, piuttosto che il numero  $3 \times 10^{10}$  cm che conta. Questo segno simbolizza più una qualità che una quantità”<sup>488</sup>. L'esperimento di Michelson, del resto, non è che “la causa occasionale della scoperta di una «velocità fondamentale»”, come dice Eddington. Procedendo, infatti, per via algebrica e, dunque, basandosi su delle condizioni del tutto *a priori* che riguardano le trasformazioni di coordinate dello spazio-tempo, “si trova che l'invarianza può essere ottenuta solo introducendo una velocità che svolge un ruolo speciale e che per questo chiamiamo velocità fondamentale”<sup>489</sup>. Ora, se l'esperienza ha mostrato l'esistenza di una velocità reale all'incirca di 300.000 km/sec che presenta le proprietà straordinarie richieste, attribuite alla *velocità fondamentale*, questa è una “felice coincidenza” che consente di rendere la velocità cosiddetta fondamentale direttamente accessibile all'esperienza, visto che “per fortuna c'è una entità fisica – la luce – che di solito si muove con la velocità fondamentale”. Ma “sarebbe un errore attribuire alla luce il ruolo capitale che facciamo svolgere alla velocità fondamentale”<sup>490</sup>. L'esperienza sorpassa e suggerisce qualcosa dall'esterno. Ma per giustificare il carattere sperimentale di una nozione non è sufficiente il fatto che sia stata l'esperienza ad aver suggerito quella nozione, soprattutto quando questa “assume immediatamente il ruolo di una forma, e prende posto nell'ordine dei postulati della ricerca”. Così, “è grazie a una coincidenza che una nozione può ricevere il sostegno del reale. La realtà appare qui come un *esempio* di costruzione. Il principio della costruzione è intimo, non viene da

<sup>487</sup> Ivi, pp.172;173.

<sup>488</sup> Ivi, p.174.

<sup>489</sup> Ivi, pp.174-175. Come scrive Eddington: “La velocità della luce ha una parte notevolissima nella teoria della Relatività, ed è importante comprendere quale sia la proprietà a essa associata che la rende così fondamentale. Il fatto che la velocità della luce sia la stessa per tutti gli osservatori è una conseguenza piuttosto che una causa del suo carattere di preminenza. La nostra prima introduzione di questo fatto, allo scopo di coordinare le unità di lunghezza e di tempo, fu puramente convenzionale, in vista di una semplificazione delle espressioni algebriche. In seguito è stato fatto largo uso del fatto che non si conosce nulla in fisica che si muova a una velocità maggiore, così che in pratica le nostre determinazioni di simultaneità dipendono da segnali trasmessi con questa velocità. Se venisse scoperto qualche nuovo tipo di raggio dotato di una velocità superiore, esso tenderebbe a soppiantare i segnali luminosi e la velocità della luce in questo loro compito, mentre la misura del tempo verrebbe modificata in corrispondenza; d'altra parte questo fatto condurrebbe a maggiori complessità nelle formule, dato che la contrazione di Fitzgerald, che influisce sulle misure spazio-temporali, dipende dalla velocità della luce. Ma l'importanza capitale di tale velocità risiede nel fatto che nessun corpo materiale può superarla. Ciò fornisce una distinzione fisica generale fra cammini spaziali e temporali, cioè rispettivamente, fra i cammini che possono e quelli che non possono essere percorsi dalla materia. La struttura materiale dell'universo a quattro dimensioni è fibrosa, con le fibre che corrono tutte lungo le traiettorie temporali; è un ordito ingarbugliato senza trama. Quindi, anche se la scoperta di un nuovo raggio ci costringesse a modificare la misura dello spazio e del tempo, sarebbe ancora necessario nello studio dei sistemi materiali conservare la *presente* distinzione assoluta fra intervalli temporali e spaziali, se necessario sotto nuovo nome” (A.S. Eddington, *Spazio, tempo e gravitazione* [1920], tr. di L. Bianchi, Boringhieri, Torino 1982<sup>4</sup>, pp.82-83). Eddington, astronomo ed epistemologo, godeva di grande notorietà e autorevolezza anche per aver fornito, con le sue osservazioni nel corso dell'eclisse solare del 1919, la prima importante conferma alla teoria einsteiniana della gravitazione.

<sup>490</sup> G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, cit., p.175.

fuori”<sup>491</sup>. Non è, dunque, in quanto realtà che la velocità della luce gioca un ruolo essenziale nel coordinare le nozioni di spazio e di tempo. Essa è piuttosto “un pezzo di costruzione algebrica”<sup>492</sup>. Della realtà di questa nozione si prende atto tardi, al momento della verifica delle teorie. In Relatività, dunque, “la direzione del movimento epistemologico è inversa rispetto al movimento di ogni Realismo”<sup>493</sup>. Il pensiero costruisce nozioni che in fisica classica avevano un indiscusso carattere sperimentale. Ai concetti di questa costruzione è attribuito un senso sperimentale “essenzialmente tardivo”. Da qui, il carattere formale della costruzione relativistica.

La velocità della luce, che apporta “una dichiarazione di realtà alla saldatura algebrica dello spazio-tempo”<sup>494</sup>, è al punto nodale della costruzione. Sebbene provenga dall'esperienza, “il suo ruolo” la ricolloca in un corpo di postulati. Essa ha, pertanto, un carattere formale, *a priori*:

mentre nella vecchia fisica si supponevano delle entità per misurare i loro effetti, esponendo solo la tecnica della misura [...], nella nuova fisica è nel corpo stesso della misura che si pongono le supposizioni; in altri termini, la misura, in quanto misura, non va da sé, richiede dei postulati matematici. Inoltre, questa base formale deciderà di tutto, perché questi postulati metrici devono essere sufficienti e lo sono. Non hanno bisogno di un supporto sperimentale diretto; organizzandoli, si costruirà la Fisica<sup>495</sup>.

Come indica Becquerel, la gravitazione si scopre per via matematica. “È evidente infatti – scrive Bachelard – che, in Relatività, non si postula la gravitazione con dei caratteri fisici, ma che la si scopre matematicamente”, a conclusione di un ragionamento matematico. Evidentemente è questione solo di un riferimento di ordine puramente matematico, al centro di una costruzione di ordine unicamente matematico. Non si tratta di *trovare* e di *descrivere* una realtà che a noi si proporrebbe con caratteri matematici particolari”<sup>496</sup>.

Un compito tutto costruttivo si impone al teorico. Tutt'al più, una volta che si è costruito si può passare a spiegare e verificare, per deduzione. Il pensiero induttivo lavora nella scelta delle diverse forme matematiche di cui dobbiamo verificare il valore di spiegazione. Accanto al pensiero induttivo “che scopre” c'è il pensiero deduttivo “che insegna e spiega”<sup>497</sup>. C'è accanto al valore induttivo, il valore di spiegazione delle conoscenze. Bachelard contro Meyerson lo dice: prima di spiegare bisogna costruire. Di nessuno di questi due momenti si può fare a meno. La ragione che si accresce per via induttiva ha bisogno di assestare le proprie conquiste coordinandole in una costruzione coerente e unitaria.

In sintesi [...], il movimento della teoria della relatività va, ancora una volta, all'inverso rispetto al movimento di ogni realismo. Bachelard ne dà prova con una constatazione del matematico polacco S.Zaremba, il quale nota che Einstein e i suoi seguaci procedono all'inverso dei teorici ordinari costruendo prima la loro teoria senza precisare il senso fisico dei simboli che utilizzano, che è ricercato *a posteriori* nell'interpretazione fisica. L'impatto dell'argomento è ancora più forte in quanto Zaremba, nell'articolo in questione – che si pone piuttosto dalla parte dei Painlevé e degli altri avversari di Einstein –, critica apertamente la teoria della relatività. Bachelard non perde, del resto, un'occasione per evidenziare l'opposizione della Relatività all'antica fisica. Così, la gravitazione stessa non è postulata con caratteri fisici ma scoperta matematicamente come, del resto, dimostra Becquerel [...]. Come osserva Bachelard, la parola «reale» qui non deve ingannare: «Non si tratta di *trovare* e di *descrivere* una realtà che a noi si proporrebbe con caratteri matematici particolari» [...]. Bisogna, con un compito «tutto costruttivo», tra condizioni matematiche generali, definire condizioni matematiche particolari – poiché questa specie di scultura del reale matematico gioca qui il ruolo di limitazione e di restrizione tradizionalmente affidato alla realtà rispetto alla possibilità<sup>498</sup>.

<sup>491</sup> Ivi, pp.175-176; 175.

<sup>492</sup> Ivi, p.177.

<sup>493</sup> Ivi, p.179.

<sup>494</sup> *Ibidem*.

<sup>495</sup> Ivi, p.180.

<sup>496</sup> Ivi, p.181.

<sup>497</sup> Ivi, p.183.

<sup>498</sup> D. Parrochia, *Préface*, cit., pp.32-33. “A quell'epoca – aggiunge Parrochia – la potenza della matematica si arrestava alla soglia della zona quantistica [...]. Bachelard cita [...] un'affermazione del fisico Jean Villey, che assicurava che «le regioni

A questo punto c'è da chiedersi se la costruzione relativistica abbia una sua unità. Occorre, per questo, misurare il suo valore di spiegazione, la sua coerenza logica interna.

Il capitolo 5 (*Le garanzie di unità della dottrina*) ha lo scopo di rispondere a una domanda generata dalla posizione stessa di Bachelard dall'inizio del libro: quella dell'unità della teoria della relatività. In una prospettiva deduttiva, il problema non avrebbe senso perché, in questo caso, tutto parte dagli assiomi e si sviluppa unicamente da essi. Ma nell'ottica di Bachelard, che è quella della teoria che si sta facendo, o piuttosto della ricostituzione della sua genesi in un tempo pensato, ci si deve chiedere [...] quali sono le garanzie che «permettono di affermare che l'induzione relativistica è naturale, unica, formata da un unico blocco, come nel caso delle dottrine che si sviluppano per deduzione». La risposta, in linea di principio, potrebbe venire solo se la scienza fosse completa e Bachelard può quindi proporre solo «qualche riflessione» in proposito <sup>499</sup>.

Bachelard non trascura la difficoltà del problema (“purtroppo – scrive – questo è un compito che l'epistemologo non può intraprendere se non riguardo a una scienza compiuta”) <sup>500</sup>, non essendo la Relatività una scienza compiuta. Si riferisce a Poincaré e al gran successo filosofico del teorema da lui formulato all'inizio del secolo sulla molteplicità essenziale delle spiegazioni meccaniche, in base al quale «se [...] un fenomeno comporta una spiegazione meccanica completa ne comporterà una infinità di altre che renderanno conto altrettanto bene di tutte le particolarità rilevate attraverso l'esperienza» che renderanno ugualmente bene conto di tutte le particolarità rivelate attraverso l'esperienza <sup>501</sup>. L'immagine convenzionalistica della scienza suppone, com'è noto, una continuità tra scienza e senso comune e corrisponde ad una sovrapposizione di linguaggi descrittivi di una comune base sperimentale, il cui criterio di scelta sarebbe dettato dalla maggiore *comodità* espressiva. Se quest'immagine fosse veramente capace di render conto dell'attività sintetica della scienza moderna, non occorrerebbe più, secondo Bachelard, darsi tanto da fare per assicurarsi l'unità di un sistema, dato che, una volta costituita, essa si sbriciolerebbe in molteplici immagini delle quali si tratterebbe di decidere esclusivamente sulla base di ragioni di comodità. A che *pro* stabilire con tanto rigore una sintassi che non dà nessun corrispettivo ontologico a semplici espressioni traducibili in tutte le lingue? Bachelard osserva che il teorema di Poincaré non pretende di suggerire delle spiegazioni effettive; esso soltanto stabilisce la possibilità di molteplici spiegazioni di natura algebrica, ipotesi tutte tra loro equivalenti e che dal punto di vista matematico ne formano una sola. Solo un pensiero realista può distinguerle.

Due teorie che si corrispondono per mezzo delle trasformazioni di coordinate sono conciliabili. Algebricamente ne fanno una sola. Solo un pensiero realista può distinguerle aumentando il senso dato alle variabili a scapito della relazione che deve giocare il ruolo primordiale nella spiegazione <sup>502</sup>.

---

interne agli elettroni devono essere considerate estranee allo spazio-tempo». Bachelard arriva persino a scrivere incautamente: «In altri termini, l'interno dell'elettrone è un puro nulla funzionale, non interessa al matematico» [...]. Ma, come sappiamo, nel 1929 precisamente, P.A. M. Dirac formula la teoria relativistica dell'elettrone, in cui l'equazione d'onda dell'elettrone farà apparire tutto uno spazio interno [...]. D'altra parte, la presenza [...] di soluzioni negative, così come positive, dell'equazione, farà sorgere un intero universo, quello dell'antimateria, e permetterà a Dirac di predire la scoperta del positrone, evidenziato da Anderson nel 1932. In altre parole, Bachelard non solo aveva ragione, ma non si era spinto abbastanza lontano: la potenza della matematica si sarebbe estesa là dove non l'aspettava più, o piuttosto, dove la realtà sperimentale avrebbe presto fatto sorgere spazi interni, che l'avrebbero costretto a cambiare filosofia” (ivi, pp.33-34; 35).

E infine: “L'ultimo paragrafo del capitolo IV accentuava ancora il carattere formale della costruzione relativistica, affrontando il problema nella sua radice matematica più lontana: il postulato di invarianza algebrica. Basandosi qui sul famoso trattato di meccanica razionale di Appell, Bachelard, pure così ostile ai convenzionalismi di Duhem e di Poincaré, sottolinea a suo piacere, soprattutto per marcare la sua opposizione al realismo, l'esistenza di un certo numero di convenzioni legate ai giochi tra invarianza, covarianza e controvarianza nelle trasformazioni tensoriali [...], notando che è sullo sfondo di queste convenzioni se si restituisce ulteriormente l'invarianza dei caratteri di oggettivazione. Si conclude così il capitolo 4” (ivi, pp.36-37).

<sup>499</sup> Ivi, p.37.

<sup>500</sup> G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, cit., p.187.

<sup>501</sup> Ivi, p.188.

<sup>502</sup> Ivi, p. 191.

Parrochia osserva che “la posizione di Bachelard” potrebbe, a tal proposito, risultare “un po’ contraddittoria”, in quanto: “1) egli stesso ha difeso, nella prima parte del suo libro, la generalizzazione matematica e ha appena sottolineato, alla fine del capitolo precedente, un certo carattere convenzionale delle trasformazioni tensoriali; 2) quanto al calcolo tensoriale, egli stesso ha sostenuto la necessità di utilizzare quegli abiti troppo grandi che sono i tensori, anche per descrivere fenomeni euclidei, il che lo ha portato a giustificare l’introduzione di quantità fantasma, salvo immediatamente dopo annullarle se simili gli indici (covarianti e controvarianti). Egli non è quindi nella posizione giusta per rimproverare a Poincaré il suo convenzionalismo [*commodisme*] o la moltiplicazione di «quantità occulte». In verità, tra l’approccio convenzionalista e la posizione di Bachelard, la differenza – aggiunge Parrochia – “è notevole. Ciò che Bachelard suggeriva – l’esistenza di un certo numero di gradi di libertà nell’ambito del calcolo tensoriale, delle convenzioni trasformazionali, dei passaggi dal generale al particolare e viceversa – riguardava una sola e stessa teoria, che modella una stessa famiglia di fenomeni. Retrocede qui davanti alla molteplicità introdotta da Poincaré, che in qualche modo va *al di là* del buon coordinamento del fenomeno, e precisamente *troppo lontano*, dissolvendo quest’ultimo in un formalismo *troppo debole*, che non stringe più abbastanza da vicino la realtà, al punto da sembrare se non arbitrario, almeno una semplice comodità. La discussione è sottile, perché la comodità a volte può passare per un coordinamento. Ma è una questione di linguaggio”<sup>503</sup>.

[L]’unità della relatività può in realtà apparire solo con la sua assiomatizzazione<sup>504</sup>.

Per giudicare l’unità di un sistema teorico si dovrebbero poter enumerare e definire tutti i concetti utilizzati, tutti i postulati che presiedono al suo sviluppo. Si dovrebbe precisamente costruire un’assiomatica della Relatività. Bachelard è critico nei confronti del formalismo logico che, a suo avviso, ignora che il pensiero scientifico è, sin dal principio, in quanto progetto del reale, pensiero applicato. Egli guarda piuttosto positivamente al tentativo intrapreso da Hilbert, a partire dal 1915, di dedurre assiomaticamente un sistema di equazioni in grado di legare fenomeni elettrici e fenomeni gravitazionali e, così, di realizzare una nuova *solidarietà* tra geometria e fisica, inaugurando una condizione epistemologica nuova rispetto allo spirito della vecchia fisica.

In altri termini, la vecchia fisica classificava in serie le ipotesi: essa accettava dapprima i quadri geometrici e li provava a contatto con l’esperienza fisica. La nuova fisica pone tutta l’ipotesi sullo stesso piano. È il principio stesso dell’Assiomatica applicato in tutta la sua purezza<sup>505</sup>.

Tentativo peraltro giudicato vantaggioso, sebbene non riesca a risolvere il problema della possibilità, per un sistema assiomatico, di apprendere dall’esperienza il suggerimento di un proprio allargamento. Bachelard riconosce, infatti, che il principio di ogni assiomatica contiene un limite. Un sistema assiomatico, per lui, deve possedere tre caratteri: deve essere coerente, completo e i suoi postulati devono essere indipendenti. Ora, se pure sono noti i criteri per giudicare logicamente la coerenza e l’indipendenza dei postulati, non ci sono criteri logici che garantiscano la formazione di un insieme completo di assiomi, come prova la geometria<sup>506</sup>. È la questione di come l’assiomatica possa non

<sup>503</sup> D. Parrochia, *Préface*, cit., pp.38-39.

<sup>504</sup> Ivi, p.40.

<sup>505</sup> G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, cit., p.194.

<sup>506</sup> Perché è importante costruire un’assiomatica? Secondo Bachelard, ogni “impresa assiomatica insegna e fonda uno spirito nuovo” che procedendo per assiomi e costruzioni ha il compito di spiegare, chiarire e “chiarire tutto sarebbe evidentemente l’ideale”. Questo pensiero può essere applicato a dati ancora impuri, può ammettere un concetto oscuro e servirsene, può “costruire chiaramente con materiali opachi”. È questo il segreto della “forza profonda del pensiero assiomatico”. In questo pensiero, l’evidenza ha anch’essa un carattere relazionale, “corrisponde non a un’analisi intrinseca ed esaustiva dei concetti ammessi, ma a un intreccio [*contexture*] delle relazioni estrinseche, disegnate conformemente a delle regole. Questa evidenza, non la si possiede, la si conquista. Si deve dunque far credito alla costruzione”. Del tutto preoccupata e occupata del *ruolo* delle nozioni, “l’assiomatica perdona anche il peccato originale delle nozioni nate dall’esperienza. D’altra parte, poiché il concetto ha senso solo all’interno e per mezzo dell’assioma, la contraddizione non può sorgere che dal conflitto degli assiomi fra di loro. È dunque a livello dei postulati che si deve esaminare la coerenza e non in seno ai postulati. È soltanto nel momento in cui questi postulati cooperando danno un ruolo ai concetti che si può giudicare la loro coordinazione” (G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, cit., p.195).

soffocare, non spegnere, ma render ragione della fecondità del pensiero, di come si possa “sperare di riaprire un dominio logico chiuso su se stesso”, di “come può l’esame interno di un corpo di postulati [...] richiedere – o suggerire – una nuova aggiunta”<sup>507</sup>.

In definitiva, Bachelard ricorda che, in assiomatica, un sistema di postulati deve avere tre caratteri: coerenza, completezza e indipendenza degli assiomi. Secondo lui, si sa giudicare la coerenza e l’indipendenza, ma non della completezza. Supponendo ora che si voglia ampliare un sistema, l’arricchimento che porterà del nuovo può provenire soltanto da un procedimento «dialettico». In altre parole, occorre l’apertura di un’alternativa, come nel caso dello sviluppo delle geometrie non euclidee<sup>508</sup>.

Sembra proprio che questo arricchimento non possa provenire che da un procedimento dialettico. Un dominio logico chiuso su se stesso si può aprire a favore di una alternativa che si pone con necessità.

Non è dunque sempre così facile come si crede affidarsi a un logicismo *chiuso* [...]. È solo col beneficio di un’alternativa che si può sperare di riaprire un dominio logico chiuso su se stesso<sup>509</sup>.

---

<sup>507</sup> G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, cit., pp.197-198.

<sup>508</sup> D. Parrochia, *Préface*, cit., p.42. Parrochia precisa in nota: “Le date fanno sì che Bachelard, qui, non possa essere informato degli sviluppi recenti della logica. L’anno 1929, anno di pubblicazione de la *Valeur Inductive de la Relativité*, è quello della dimostrazione da parte di Gödel, nella sua tesi di dottorato, della completezza del calcolo dei predicati del primo ordine, che afferma che, se un enunciato è universalmente valido, cioè vero in tutte le strutture in cui può essere interpretato, allora può essere dimostrato. O, in altre parole, se un enunciato è conseguenza semantica di una teoria, cioè verificato in tutti i modelli della teoria, allora è anche conseguenza sintattica di questa teoria, in altri termini, può essere dimostrato a partire dagli assiomi utilizzando le regole di un sistema di deduzione. Ma, come è noto, i teoremi di Gödel del 1931 riveleranno successivamente che una teoria sufficiente per fare dell’aritmetica è necessariamente incompleta, nel senso che esistono degli enunciati indecidibili nell’ambito stesso di questa teoria, e ugualmente che, nello stesso genere di ipotesi relativo ai sistemi di deduzione utilizzati, un enunciato che esprime la coerenza della teoria non può essere dimostrato nella teoria stessa” (*ibidem*, n.1). Su «*L’incompletezza logica: le indecidibilità*» cfr. E. Morin, *La sfida della complessità. Le défi de la complexité*, a cura di A. Anselmo – G. Gembillo, Le Lettere, Firenze 2011, pp.55-61.

<sup>509</sup> G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, cit., pp.197; 198. Nel *compte-rendu* della séance du 27 Novembre 1937 sul tema *La pensée axiomatique*, pubblicato in “Les Études Philosophiques” (Bulletin de la Société d’Études Philosophiques du Sud-Est), Bachelard scrive: “È [dal] lato unicamente *funzionale* che si deve esaminare una organizzazione assiomatica [...]. *Niente assiomi assoluti*. Solo assiomi relativi. Sembra che tre caratteri siano sufficienti allo studio di questa relatività dei postulati. Un sistema di postulati o di assiomi deve essere: 1) Coerente; 2) Completo; 3) Non tautologico [...]. Ciascuno di questi caratteri è provvisto di criteri di cui bisogna studiare la validità e la fecondità. A questo proposito, si può far vedere come gioca la dialettica all’origine dei postulati e far comprendere la nascita della geometria non-euclidea [...]. Questo sviluppo deve preparare due conclusioni metafisiche che potrebbero intitolarsi: il razionalismo dialettico e la ragione empirica” (G. Bachelard, *La pensée axiomatique*, “Les Études Philosophiques”, vol.14, n.1-2 avril 1940, pp.21-22; [www.jstor.org/stable/20840821](http://www.jstor.org/stable/20840821)). Seguono le osservazioni di Maurice Blondel: “Il tema che presenta alle nostre riflessioni Bachelard, con l’alta competenza della sua duplice erudizione scientifica e filosofica, offre in effetti un forte interesse – interesse che ha recentemente messo in risalto il *Congrès Descartes*, dove l’epistemologia critica ha avuto un posto così importante. Sui primi tre punti che propone al nostro esame, sono lieto di essere d’accordo con lui. Sul quarto, cioè sulle conclusioni che Bachelard chiama «metafisiche», oserei indicare perché non posso seguirlo, nonostante l’apparente coerenza delle quattro tesi che cerca di concatenare. Se è vero che postulati e assiomi non si differenziano tanto quanto si è creduto, e se da una parte e dall’altra il loro carattere relativo si manifesta sempre più chiaramente, non risulta tuttavia da ciò che una dottrina filosofica di una relatività universalizzata fino al dominio metafisico possa essere ormai affermata o suggerita come la verità assoluta della nostra conoscenza in tutti i domini [...]. Ora, se si scruta questa compenetrazione [della matematica nella fisica] cercando come essa si giustifichi, ci si accorge che razionalmente essa resta un’artificio che sfida ogni evidenza speculativa e che tale audacia si fonda solo sui suoi successi, la sua fecondità pratica, le sue applicazioni verificabili, in breve sull’iniziativa dello spirito e l’azione umana nel mondo. Mai infatti l’unità astratta che suppone ogni calcolo, il punto matematico, può raggiungere i dati fisici e le misurazioni sperimentali, il punto fisico: questo è sempre troppo grande e quello sempre troppo piccolo affinché possano incontrarsi, equivalersi teoricamente l’un l’altro. E tuttavia la scienza cammina, grazie alla perpetua e segreta spinta [*coup de pouce*] che avvicina e sembra fondere questi dati disparati.

Non stupiamoci più, quindi, mentre le scienze si estendono ulteriormente su scale infinitamente diverse, dalla fisica quantistica, semplice tappa, fino all’astro-fisica, sempre in espansione come il mondo in fuga che essa ci rivela, tutti i vecchi postulati, tutti gli antichi assiomi, conservando nella loro scala una verità relativa, non impediscono la proliferazione di nuovi termini di riferimento e di ipotesi variamente utilizzabili nonostante la loro contrarietà rispetto ad una comprensione troppo logicamente semplicistica. Ma resta da fare un’ultima constatazione che ci costringe ad uscire da questo relativismo poiché, senza questa verità superiore, il relativismo stesso sarebbe un non senso; perché l’idea di relazione, di riferimento [...] è concepibile e applicabile solo con un atto trascendente dello spirito. È il concetto stesso di relatività che implica l’affermazione di un assoluto come condizione indispensabile della nozione stessa di un termine di riferimento al quale la scelta attiva del pensiero riferisce tutta la diversità delle forme della conoscenza. Per questo motivo non è la scienza, sempre relativa nel suo sforzo assiomatico, che rende conto dell’azione, bensì è l’iniziativa dello spirito che suscita il movimento della scienza e che chiede di essere essa stessa studiata come una verità superiore ad ogni assiomatica mutabile, ad ogni empirismo fisico o matematico, a tutto l’ordine immanente del divenire, perché, con il pensiero e l’azione, apparteniamo ad un mondo che non è più soltanto quello della relatività” (M. Blondel, *Remarques de M. Maurice Blondel*, “Les Études Philosophiques”, cit., pp.22-23). Sul *Congrès Descartes del 1937* cfr. M. Castellana, *Per una storia dell’epistemologia*, in M.

Diversamente da quel che accade nella sfera dell'azione, se nel dominio del pensiero un'alternativa è posta nulla va perduto. Il valore dialettico di una nozione emerge proprio quando essa è pensata alla luce di una possibilità "allargata".

Quando cerchiamo di fissare le vie e i mezzi della fecondità del pensiero, arriviamo sempre a questo stesso problema della correlazione delle opposizioni dialettiche<sup>510</sup>.

Bisogna dimostrare che l'alternativa è necessariamente posta, e non soltanto proposta, "attraverso la forza della generalizzazione, attraverso la via stessa del pensiero induttivo"<sup>511</sup>. Nel movimento dialettico del pensiero stesso essa trova la sua risoluzione. Solo una tale dialettica, infatti, può restituire un'unità più profonda, nella quale le possibilità si presentano opposte e coordinate in una dinamica organizzazione di pensiero e non si risolvono, come vuole un certo convenzionalismo, in meri linguaggi dove l'uno vale l'altro, così da lasciarsi sovrapporre in modo indifferenziato.

Il progresso nasce da una antinomia superata. Il dubbio si presenta come il primo segno dell'allargamento della dottrina. L'alternativa ben equilibrata dà poi il piano completo della possibilità. Un metodo che era solo eristico diventa euristico una volta che si è compresa la necessità profonda della controversia<sup>512</sup>.

Ciò significa incorporare l'alternativa stessa nel corpo della spiegazione. Si può, dunque, rettificare la meccanica classica, riassorbendola. "Non basta – scrive – mettere di fronte due descrizioni matematiche di uno stesso fatto, come la descrizione euclidea di fronte alla descrizione riemanniana, e pronunciare un giudizio definitivo sulla loro comodità. Bisogna rendersi conto che la forma riemanniana è particolarmente ricca di impulso epistemologico; essa permette di prevedere. È un vero e proprio avvenire per il pensiero"<sup>513</sup>.

Queste considerazioni di Bachelard sembrano contenere *in nuce* i principi della dialettica conoscitiva della scienza che, nel seguito della sua speculazione, egli avrebbe sviluppato in termini di *filosofia del non*<sup>514</sup>.

---

Castellana (a cura), *Alle origini della «nuova epistemologia». Il Congrès Descartes del 1937*, "Il Protagora", anno XXX, IV serie, 17-18, gennaio-dicembre 1990, pp.15-100.

<sup>510</sup> G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, cit., p. 200.

<sup>511</sup> *Ibidem*.

<sup>512</sup> *Ibidem*. Così nel 1949, in *La dialettica filosofica delle nozioni della relatività*, Bachelard scrive: "La dialettica che si gioca tra meccanica relativistica e meccanica classica – scrive Bachelard – è una dialettica di involgimento [*dialectique d'enveloppement*]. Sembra che la Relatività abbia rischiato tutto di ciò che costituisce la certezza della conoscenza classica della realtà; ma avendo rischiato tutto, non ha perso nulla; ha conservato tutto di ciò che si conosceva scientificamente nel secolo scorso. È sufficiente allentare le obbligazioni sottili per ritrovare gli antichi legami. La Relatività permette così di vivere in maniera ricorrente, tornando indietro, tutta la storia del razionalismo meccanico" (G. Bachelard, *La dialectique philosophique des notions de la Relativité*, cit., p.131; ed. it. in P.-A. Schilpp (a cura di), *Albert Einstein* **Errore. Il segnalibro non è definito.**, *scienziato e filosofo*, cit., p.522; ed. it. in *L'impegno razionalista*, cit., p.141).

<sup>513</sup> G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, cit., p.206.

<sup>514</sup> Sul concetto di dialettica in Bachelard cfr.: G. Canguilhem, *La dialettica e la filosofia del «non» in Gaston Bachelard* [1963] in *L'epistemologia di Gaston Bachelard*, tr. di R. Lanza- M. Magni, Jaca Book, Milano 1997 (2<sup>a</sup> ed. ampliata e corretta a cura di F. Bonicalzi), dove si legge: "«La filosofia del non non ha niente a che vedere... con una dialettica *a priori*. In particolare, non si può affatto mobilitare intorno a dialettiche hegeliane». Questa dichiarazione di Gaston Bachelard ha sconfessato, prima e dopo la sua morte, ogni tentativo di interpretare il suo pensiero per confermare uno o l'altro tipo di dialettica dell'Idea, della Storia o della Natura. Bachelard chiama dialettica il movimento induttivo che riorganizza il sapere allargandone le basi, in cui la negazione dei concetti e degli assiomi non è che un aspetto della loro generalizzazione. Del resto Bachelard chiama questa rettifica dei concetti involgimento o inclusione altrettanto volentieri che superamento" (ivi, p.79). Inoltre Henri Lauener in un suo interessante articolo, apparso su "Dialectica", nel quale mette a confronto le figure di Bachelard e Goussier, scrive: "Se nelle prime opere di Bachelard il termine «dialettica» sembra piuttosto figurare come un accessorio verbale, esso prende, per Goussier, fin dall'inizio, il significato di una nozione essenziale. Quando era nata l'idea di fondare una rivista per meglio diffondere le loro idee, Bachelard aveva proposto parecchi titoli di cui *Connaissance, Science et Conscience* o *La Pensée Scientifique*. Nel 1947, quando il progetto fu realizzato, la scelta andò al nome di *Dialectica* che traduce bene l'ascendente che l'idea di dialettica aveva esercitato sul gruppo dei fondatori ai quali si era aggiunto Paul Bernays. Che cos'è di preciso la dialettica? Il dialogo, preoccupazione costante di Goussier, si trova al centro di una concezione ritenuta esprimere il movimento attraverso il quale sono create progressivamente le differenti realizzazioni del pensiero scientifico. Così Bachelard, ne *Le nouvel esprit scientifique*, parla in maniera fortemente metaforica di un «Dialogo tra il Mondo e lo Spirito», dialogo che si sarebbe installato fin dall'inizio dell'evoluzione della conoscenza. Si tratta del duplice movimento attraverso il quale la scienza semplifica il reale e complica la ragione. L'errore dell'empirismo ingenuo consiste nel fatto che esso crede di poter postulare un soggetto fisso, origine delle forme, giustapposto a un oggetto dato nell'immediato, e da cui verrebbe la materia della conoscenza. Sola una concezione dialettica può evitarci di ricadere in



La Relatività è venuta a risvegliare lo scienziato da uno scetticismo affermato con una tranquillità dogmatica [...]. Con la Relatività si fa strada un nuovo principio [...] – il principio della semplicità<sup>515</sup>.

Nell'ultimo capitolo di questa seconda parte (*Semplicità e ragione sufficiente*), Bachelard che polemizza con Meyerson dall'inizio dell'opera senza dirlo, questa volta indica chiaramente e per la prima volta il suo avversario: «La *déduction relativiste*». Come abbiamo mostrato altrove, tutto, o quasi, oppone Bachelard e Meyerson nella lettura che essi fanno della teoria della relatività. Il fatto che quest'ultima sia posta sotto il segno della totalità (Höfding), mentre il pensiero di Einstein non ha nulla di un sistema chiuso in senso cartesiano o hegeliano, l'insistenza meyerersoniana su una deduzione statica, quando invece Bachelard vedeva nella Relatività l'esistenza di una «convinzione dialettica e progressiva», l'iscrizione della teoria in una continuità, non solo storica ma anche scientifica, il realismo identitario di Meyerson, era, agli occhi di Bachelard, tutto un controsenso. La prima stoccata diretta contro Meyerson è inferta qui, quando il filosofo dimostra che gli insegnamenti della vita comune non possono che opporsi alla Relatività, e che questa non può che essere una lotta contro la fisica del senso comune. Seguendo piuttosto Von Laue – che citava già nell'introduzione del lavoro a fianco di Reichenbach –, egli accentua la rottura operata dalla teoria della relatività mostrando l'impossibilità, in cui all'epoca ci si trovava, di completare le teorie classiche di Hertz o di Lorentz [...], più vicine in linea di principio allo spirito antico. Ma la Relatività comincia con la smentita dell'etere inflitta dall'esperienza di Michelson e, lungi dal continuare le antiche dottrine, essa le rettifica. Secondo von Laue, la Relatività obbedisce a un principio di semplicità, nel senso che rende l'espressione matematica delle leggi fisiche il più semplice possibile [...]. Ma la nozione di semplicità deve essere bene intesa: non è né la comodità (Poincaré), né l'economia (Mach, Duhem). «Talvolta è più semplice, scrive paradossalmente Bachelard, complicare il sistema» [...]. La «semplicità» relativista, d'altronde, appare solo *a posteriori*, essa non è immediata e rientra piuttosto in una «semplificazione attiva»<sup>516</sup>.

Per cogliere il valore epistemologico di una possibilità occorre volgersi dal lato dell'induzione e della sintesi, dal lato in cui il pensiero si impegna a complicare e a completare, per quanto mai esaustivamente, l'esperienza. In nome di una dialettica della *razionalizzazione attiva* bisogna abbandonare lo statico dualismo di razionale e irrazionale. Soprattutto, occorre guadagnare l'idea della natura sintetica della nozione di “semplicità” e ciò, anzitutto, attraverso l'abbandono definitivo della vecchia immagine di una scienza che procede per semplificazioni successive, attraverso la disaffezione al ‘mito’ cartesiano del rapporto privilegiato tra evidenza e semplicità ed il rifiuto dell'atteggiamento convenzionalista che fa dell'idea di semplicità uno dei principali criteri del *buon senso*, che guida la scelta della teoria più valida in quanto più semplicemente in grado di accordarsi

---

questa antica illusione; ma essa non avrà che un rapporto molto lontano con le dialettiche dei filosofi di tipo hegeliano o marxista: «*La filosofia del non* [il corsivo è ns.] non ha niente a che vedere (...) con una dialettica *a priori*. Cogliere il pensiero scientifico contemporaneo nella sua dialettica e mostrarne così la novità essenziale, tale è lo scopo filosofico (...). Converrebbe dunque fondare una ontologia del complementare meno aspramente dialettica della metafisica del contraddittorio». Nel primo capitolo del suo libro *Le rationalisme appliqué*, Bachelard perora, in maniera più esplicita che nelle sue opere precedenti, la causa di una filosofia dialogata. Vi si tratta del dialogo istituito tra «lo sperimentatore provvisto di strumenti precisi e il matematico che ambisce a informare strettamente l'esperienza». In uno stile molto vicino a quello di Gonthier, egli parla com'è noto di una duplice azione di astrazione e di concretizzazione che sintetizza lo spirito e le cose. Stabilendo una solidarietà stretta tra il matematico e lo sperimentale, la scienza crea un'oggettività controllata in profondità dalla pratica: «Non si tratta più di confrontare uno spirito solitario e un universo indifferente. Bisogna ormai porsi al centro in cui lo spirito conoscente è determinato dall'oggetto preciso della sua conoscenza e in cui, in cambio, esso determina con più precisione la sua esperienza. È precisamente in questa posizione *centrale* che la dialettica della ragione e della tecnica trova la sua efficacia». Questa posizione centrale, lo psicologo del pensiero scientifico la situa all'incrocio di attitudini filosofiche contrarie ciascuna delle quali, presa isolatamente, resta incompleta. La nuova metodologia esige che si facciano dialogare queste coppie di attitudini opposte che formano il razionalismo-materialismo, il formalismo-positivismo, il convenzionalismo-empirismo e l'idealismo-realismo. Si tratta di riunirli sotto il segno del Razionalismo applicato e del Materialismo tecnico al fine di conservarne i momenti provati e inalienabili. Giacché è per mezzo di un tale processo di sintesi che il pensiero scientifico acquisisce la sua realtà sociale di cui il filosofo renderà conto riferendone le fluttuazioni continue tra l'esperienza riflessa e l'invenzione razionale” (H. Lauener, *Gaston Bachelard et Ferdinand Gonthier, philosophes de la dialectique scientifique*, cit., pp.10-12). Come già ricordato, Bachelard e Gonthier per la prima volta si sono incontrati al Congresso Descartes a Parigi nel 1937.

Si rimanda all'ampia trattazione di C. Vinti, *Il soggetto qualunque. Bachelard fenomenologo della soggettività epistemica*, cit., in particolare alle pagg.17-42, per il dibattito ermeneutico sull'epistemologia bachelardiana.

<sup>515</sup> G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, cit., p. 203.

<sup>516</sup> D. Parrochia, *Préface*, cit., pp.45-47. In nota Parrochia precisa: “Max von Laue (1879-1960), allievo di Planck e premio Nobel per la fisica nel 1914, aveva lavorato in particolare sulla diffrazione dei raggi X da parte dei cristalli” (ivi, p.46 n.1).

con la comune esperienza, e dunque la condizione di una teoria economica della scienza, secondo la lezione machiana. Nell'*Essai sur la connaissance approchée*, Bachelard ha già messo in chiaro il carattere psicologico-intuitivo, dunque extrascientifico, e pragmatico di questo modo di intendere la semplicità e ritenerla evidente *a priori*. La semplicità intuitiva non esiste, è “una specie di evidenza interamente soggettiva”, supporto sentimentale della credenza, “funzione della scienza di un’epoca”<sup>517</sup>. La scienza moderna rifiuta questa semplicità, ricerca la complessità dei fenomeni e non la teme. Sa che non esistono nature semplici ed assolute, conoscibili immediatamente nella loro totalità, poiché ogni fenomeno è una trama di relazioni e per essere compresa un’idea deve essere inserita in un sistema complesso di pensieri e di esperienze. Tale complessità non solo è legata alla ricerca di un affinamento strumentale e alla specializzazione delle matematiche utilizzate, ma sorge dal movimento stesso per *rottture e rettificazioni* che pone l’attualità scientifica in stato di crisi permanente. L’idea complessa di semplicità diviene, allora, la linea di demarcazione tra l’età dello “spirito di ordine e classificazione”, che mira ad individuare un’unica legge cui tutte le altre siano riconducibili per la rappresentazione unitaria dei molteplici fenomeni naturali, e il *nuovo spirito scientifico*, che sotto l’apparenza semplice del reale cerca di leggere il complesso e dietro l’apparente identità scorgere il pluralismo. Il semplice si può disegnare solo dopo uno studio approfondito del complesso: sorge dalla complessità come la luce bianca solare sorge dalla composizione di più colori. Il semplice-immediato non è dato, non ha proprietà, dunque non esiste e, come l’essere indeterminato, coincide col nulla<sup>518</sup>.

Ne *La valeur inductive de la Relativité*, Bachelard studia la “semplicità” dal punto di vista matematico, come un principio che non ha certo nulla a che vedere col principio di *comodità*<sup>519</sup> né con la *semplicità descrittiva* di cui parla Reichenbach ne *La filosofia dello spazio e del tempo*<sup>520</sup>, ma è piuttosto un principio di “semplificazione attiva” che “dà prova di sé inventando”<sup>521</sup>, guidando dal di dentro la sintesi del sapere così da “facilitare l’incorporazione di tutte le nostre conoscenze in una sola e medesima totalità” attiva di sistema, un principio che non semplifica, ma è chiaramente sintetico, che appare *a posteriori* e conserva il dinamismo del pensiero a garanzia di quella “simmetria di ordine metafisico” – e si tratta non di una metafisica ontologica, come Bachelard precisa, ma piuttosto di una

<sup>517</sup> G. Bachelard, *Essai sur la connaissance approchée*, Vrin, Paris 1981<sup>5</sup>, p.100 (ed. it. cit., p.119). Sertoli definisce l'*Essai* come “la prima compiuta formulazione dell’epistemologia bachelardiana [...], il piano definitivo su cui procedere: anche le formulazioni più note e più decise – e più divulgate – del *Nouvel esprit scientifique* e del *Rationalisme appliqué* – egli scrive– non faranno altro, chi ben guardi, che rimandare all'*Essai*, a quanto in esso le prepara e le rende possibili (anche se non le prepara e le rende possibili *tutte*: così, ad esempio, il grande tema di una psicologia-psicanalisi della conoscenza scientifica è assente dall'*Essai*, e nei suoi riguardi esso costituirà l'*unica* vera innovazione; ma sarà un’innovazione che andrà a integrarsi nel quadro dell'*Essai*, che non lo «falsificherà» bensì lo svilupperà in una direzione allora non prevista e tuttavia, in qualche modo, essa pure già resa possibile)” (G. Sertoli, *La ragione scientifica*, cit., p.93). Secondo J.-C. Pariente, invece, “il concetto e il lessico della razionalità non sono significativamente presenti nelle tesi del 1928; non ne supportano gli enunciati principali, non ne organizzano la coerenza [...]. Il primo Bachelard non è razionalista: non sono i temi razionalistici che strutturano la sua filosofia iniziale” (J.-C. Pariente, *Rationalisme et ontologie chez Gaston Bachelard* [1984], in G. Lafrance (a cura di), *Gaston Bachelard profils épistémologiques*, cit., pp.25-26; in M. Bitbol & J. Gayon (dir.), *L’épistémologie française, 1830-1970*, cit., p.236). Per ulteriori giudizi espressi dalla critica sull’opera del primo Bachelard si rimanda a C. Vinti, *Il soggetto qualunque. Bachelard fenomenologo della soggettività epistemica*, cit., pp.452-486.

<sup>518</sup> La semplicità relativistica appare chiaramente *a posteriori*, non è punto di partenza, ma provvisoria meta. Non esistono, del resto, nozioni immediatamente semplici. Già nell’*Étude sur l’évolution d’un problème de physique*, la tesi complementare di dottorato pubblicata nel 1928, Bachelard così scriveva: “Lungi dall’essere esplicativo, il semplice non si spiega bene se non si determina il suo giusto posto e il suo ruolo esatto all’interno del fenomeno complesso [...]. Quando vediamo il fenomeno chiarirsi dai più diversi punti di vista, l’elemento geometrico lavorare più velocemente dell’esperienza, la previsione superare insomma la conoscenza, ci sentiamo sul terreno solido dell’oggettività” (G. Bachelard, *Étude sur l’évolution d’un problème de physique*, cit., pp. 163; 165). Cfr. G. Gembillo, *Le polilogiche della complessità. Metamorfosi della Ragione da Aristotele a Morin*, cit., p.13: “Il semplice non esiste: esiste il semplificato”; G. Giordano, *Semplicità della complessità*, “Complessità”, anno VIII, n. 1-2, gennaio-dicembre 2013, pp.86-110; Id., *Scienza, complessità, specialismo*, “Complessità”, anno II, n.1, gennaio-giugno 2007, pp.110-122.

<sup>519</sup> Bachelard con le parole di Von Laue precisa che “il termine «Economia nella scienza» non ci sembra neppure felice” (in *La valeur inductive de la Relativité*, cit., p.205).

<sup>520</sup> Sul concetto di *semplicità descrittiva* in Reichenbach cfr.: H. Reichenbach, *La filosofia dello spazio e del tempo*, tr. di A. Carugo, Feltrinelli, Milano 1977, pp.60-61.

<sup>521</sup> G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, cit., p.206.

metafisica del metodo, di un “criticismo matematico”<sup>522</sup> – in cui consiste la coerenza stessa del sistema relativistico. “La semplicità matematica è sempre suscettibile di una rifusione in una unità più ricca che apporta la chiarezza di coordinazioni più vaste [...]. In altri termini, una rappresentazione semplicistica chiude troppo presto il sistema che deve contenere le nostre conoscenze, è più semplice complicare il sistema, allargare il corpo delle spiegazioni matematiche per facilitare l’incorporazione di tutte le nostre conoscenze in una sola e medesima totalità [...]; in matematica, è semplice quel che è *chiaramente sintetico*, quel che è *evidentemente fecondo*”<sup>523</sup>.

Con la Relatività si fa strada un nuovo principio che Von Laue chiama [...] il principio della semplicità. Esso consiste, secondo Von Laue, nel rendere «l’espressione matematica delle leggi fisiche il più semplice possibile». A prima vista, sembra che tutti siano d’accordo con questa formula e che essa sia del tutto insufficiente per caratterizzare un metodo. Però, riflettendo, ci si accorge che la semplicità matematica, più di ogni altra, è suscettibile di molte interpretazioni. A questo proposito sorgerà immediatamente un dibattito tra i sostenitori della chiarezza intuitiva e quelli della sicurezza apportata dal rigore. Si deve chiamare semplice una matematica immaginata, tradotta per esempio in una geometria a tre dimensioni o piuttosto una matematica più fortemente coordinata che presenterà in una geometria a quattro dimensioni, impossibile da immaginare, una solida sintesi di elementi e di leggi che si dovevano originariamente pensare con uno sforzo separato? Inoltre la semplicità matematica è sempre suscettibile di una rifusione in un’unità più ricca che apporta la chiarezza delle coordinazioni più vaste. Tutto dipende dallo scopo perseguito. In un certo senso, l’ellissoide è più semplice della sfera. Infatti l’uguaglianza di tutti i raggi della sfera maschera certe funzioni della superficie; queste funzioni sono allora difficili da pensare; esse erano chiare sulla superficie dell’ellissoide. In altri termini, una rappresentazione semplicistica chiude troppo presto il sistema che deve contenere le nostre conoscenze, è più semplice complicare il sistema, allargare il corpo delle spiegazioni matematiche per facilitare l’incorporazione di tutte le nostre conoscenze in una sola e medesima totalità<sup>524</sup>.

Questa semplicità, per com’è intesa, non semplifica, ma complica, si arricchisce della fecondità del pensiero. È dinamica, sintetica, è una nozione complessa. Riemerge qui chiaramente l’idea bachelardiana della matematica, che non è solo “un linguaggio che si ha sempre il diritto di abbandonare per un altro”<sup>525</sup>, ma è pensiero vivo nel cuore della fisica, che provvede alla ricostruzione scientifica della realtà con approssimazione sempre crescente, come prova la teoria della relatività generale, nella quale si approfondisce la matematizzazione del reale, tradotto in sistemi di calcolo assai complicati, che, appunto, ne evidenziano la complessità.

La fisica [...], considerata nel suo metodo, non nel suo oggetto, è sempre implicata, per quanto rudimentale la si supponga, in una matematica. Il dibattito non è tra una natura fisica pura, oggettività informale e massiccia, e una matematica unicamente formale. Si ha sempre a che fare con una natura fisica compresa, informata, ordinata, geometrizzata e si tratta sempre, in ogni momento del progresso, di una scelta tra due fisiche matematiche. Detto altrimenti, dal momento che si sviluppa una fisica, si è impegnati, lo si voglia o no, in un processo matematico. Si deve dunque, crediamo, interpretare l’ideale di semplicità matematica di Von Laue nel senso stesso di un panmatematismo. Si tratta di leggi matematiche della Natura ed è per questo che è necessario prendere una misura della loro semplicità nell’armonia della coordinazione<sup>526</sup>.

Ci pare interessante, per lo meno singolare, l’uso che Bachelard fa delle espressioni “armonia”, “simmetria di ordine metafisico” o “simmetria epistemologica *a priori*”, “metafisica del metodo” e “criticismo matematico”: la cura della simmetria all’interno dello stesso apparato teorico non appartiene né alla logica pura, né agli insegnamenti del reale, piuttosto dipende da principi che “sono

---

<sup>522</sup> *Ibidem*.

<sup>523</sup> Ivi, p.204. Sul paradigma di *semplicità* e di *complessità* cfr. E. Morin, *Introduzione al pensiero complesso*, tr. di M. Corbani, Sperling & Kupfer, Milano 1993, p.56 sgg..

<sup>524</sup> G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, cit., pp.203-204.

<sup>525</sup> Ivi, p.204.

<sup>526</sup> Ivi, pp.204-205. Ne *Il nuovo spirito scientifico*, Bachelard scrive: “Nell’attività matematica vi è qualcosa di più di una semplice organizzazione formale di schemi [...]. Le fonti del pensiero sperimentale contemporaneo bisogna cercarle nel regno delle matematiche” (G. Bachelard, *Il nuovo spirito scientifico*, cit., pp.35; 122).

più ricchi di quelli della logica deduttiva e più poveri di quelli tratti dall'esperienza"<sup>527</sup>.

In questa coerenza della Relatività risiede di fatto l'origine della semplicità.

La Relatività – scrive Bachelard –, “per principio, si assicura dell'equivalenza dei diversi mezzi di conoscenza prima di accostarsi al fenomeno fisico”. Essa è in preda a una “preoccupazione metafisica”, non di una metafisica ontologica, ma piuttosto di una metafisica del metodo, di un criticismo matematico<sup>528</sup>. Questa sua preoccupazione sta nell’“escludere tutto ciò che può nuocere alla libertà d'indifferenza nella scelta dei mezzi di rilevazione” e nel “fare un sistema da questa specie di simmetria epistemologica *a priori*”<sup>529</sup>.

Siamo proprio nel dominio in cui regna una ragione che inclina [*incline*] ma non determina e che, per ciò stesso, dà molto più spazio al pensiero induttivo<sup>530</sup>.

Secondo Bachelard, se si volesse “apparentare il principio della Relatività, in ciò che concerne quest'uso preliminare, coi principi guida della conoscenza studiati dall'epistemologia tradizionale è [...] al principio di ragion sufficiente che bisognerebbe rivolgersi”<sup>531</sup>.

In Relatività il principio di ragion sufficiente, impiegato come “principio di esclusione”<sup>532</sup>, diviene, in questa sua formulazione “negativa” – per cui non si dà alcuna ragione sufficiente per privilegiare un particolare sistema di riferimento – sul piano dell'applicazione, il “reciproco” del principio generale di Relatività, che stabilisce l'invarianza di tutte le leggi della fisica rispetto ad ogni cambiamento delle variabili spazio-temporali e dunque l'equivalenza di tutti i sistemi di riferimento. In tal senso, la validità del principio di ragion sufficiente in seno alla Relatività conferma l'unità del sistema stesso.

Il principio è accolto da Bachelard nell'accezione schopenhaueriana, quale legge della rappresentazione del soggetto, descrittiva, cioè, del modo in cui il soggetto si rapporta all'oggetto e ad

---

<sup>527</sup> G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, cit., p.207.

<sup>528</sup> Ivi, p.206.

<sup>529</sup> Ivi, p.207. Bachelard si riferisce in particolare al ragionamento col quale Einstein, nello scritto *L'etere e la teoria della relatività* del 1920, che egli legge nella traduzione di Solovine del 1921, “prova che la Relatività ristretta è condotta a rigettare l'ipotesi dell'etere fisico: «Sia K un sistema di coordinate, in rapporto al quale l'etere di Lorentz si trovi in riposo. Le equazioni di Maxwell-Lorentz restano dapprima valide in rapporto a K. Ma, secondo la teoria della relatività ristretta, le stesse equazioni restano valide nello stesso senso in rapporto ad ogni nuovo sistema di coordinate K', che si trova in un movimento di traslazione uniforme in rapporto a K. Si pone ora la domanda inquietante: Perché bisogna che io dia in teoria al sistema K, al quale i sistemi K' sono fisicamente completamente equivalenti, una preferenza marcata supponendo che l'etere si trovi in riposo in rapporto ad esso? Una tale asimmetria nell'edificio teorico, alla quale non corrisponde alcuna asimmetria nel sistema delle esperienze, è insopportabile per il teorico. Mi sembra che l'equivalenza fisica tra K e K', se essa pur non è logicamente inconciliabile con la supposizione che l'etere è immobile rispetto a K e in moto rispetto a K', non si accorda per altro bene con essa»” (G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, cit., pp.207-208).

Così la logica pura non ci costringe a concludere nel senso einsteiniano; l'esperienza non potrebbe apportarci una prova positiva e perentoria della non esistenza dell'etere; ma l'asimmetria teorica che risulta dall'affermazione della sua esistenza in un sistema particolare è nettamente arbitraria.

Einstein continua così dove Bachelard finisce di citarlo: “Il punto di vista più appropriato che, a fronte di ciò, si potesse far proprio sembrava a tutta prima il seguente: l'etere non esiste [...]. Una più ponderata riflessione ci suggerisce che la negazione dell'etere non è necessariamente richiesta dal principio di relatività ristretta. L'esistenza dell'etere può essere ammessa purché si rinunci ad attribuirgli un determinato stato di moto; bisogna cioè, per l'astrazione, togliergli l'ultima caratteristica meccanica lasciatagli da Lorentz. Vedremo in seguito come questa concezione [...] sia giustificata dai risultati della teoria della relatività generale [...]. Certo, dal punto di vista della teoria della relatività ristretta, l'ipotesi dell'etere appare a tutta prima un'ipotesi vuota [...]. D'altra parte a favore dell'ipotesi dell'etere gioca un argomento importante. Negare l'etere significa, in ultima istanza, supporre che lo spazio vuoto non possieda alcuna proprietà fisica, il che è in disaccordo con le esperienze fondamentali della meccanica” (A. Einstein, *L'etere e la teoria della relatività* (1920), in A. Einstein, *Opere scelte*, a cura di E. Bellone, Boringhieri, Torino 1988, pp.507-516; 511; 512-513).

Dunque, secondo quanto Bachelard riferisce, contro l'ipotesi dell'esistenza dell'etere fisico, non è la logica pura che ci fa concludere nel senso einsteiniano, né l'esperienza fornisce una prova positiva e perentoria della non esistenza dell'etere. Ad essere “nettamente arbitraria” è l'asimmetria teorica (che risulta dall'affermazione dell'esistenza dell'etere in un sistema particolare K e della sua “non esistenza” in rapporto a un sistema K' in moto uniforme in rapporto a K).

La conclusione di Bachelard, che però risulta essere solo una conclusione parziale di Einstein, è che “ciò basterà per scartare l'ipotesi dell'etere così come la poneva la fisica di Maxwell” in virtù del principio secondo cui “poiché tutti i sistemi di riferimento hanno tutti logicamente uguale diritto a ricevere l'etere, nessuno lo avrà realmente” (G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, cit., p.208).

<sup>530</sup> G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, cit., p.208.

<sup>531</sup> *Ibidem*.

<sup>532</sup> Come nota Bachelard: “Sir Lodge non esita a scrivere: «L'argomento relativista è basato su una politica d'esclusione (a policy of exclusion)»” (ivi, p.207).

esso conferisce validità razionale. Bachelard preferisce evidentemente richiamarsi a Schopenhauer piuttosto che a Leibniz ed espressamente motiva tale scelta con il fatto che, leibnizianamente inteso, il principio di ragion sufficiente è un principio di universale validità ontologica e si deve a Schopenhauer la sua trasposizione dal tradizionale ambito metafisico a quello epistemologico.

In Leibniz, il principio di ragion sufficiente trova la sua radice nel fenomeno, è un principio di ragione determinante assai vicino al principio di causalità. Il principio di Schopenhauer è una legge della rappresentazione del soggetto e, come tale, è, almeno sotto certi aspetti, un principio di conoscenza; prova ne sia che tra le quattro radici di questo principio Schopenhauer mantiene accanto alla causalità le leggi logiche dell'intelletto. In fondo, tutto ciò che estende la conoscenza è in Schopenhauer responsabilità del principio di ragion sufficiente, che diventa in tal modo un principio di induzione sufficiente<sup>533</sup>.

La ragione del principio di esclusione garantisce l'equivalenza dei sistemi di riferimento. Se, infatti, come nota Max von Laue, attraverso sistemi di riferimento differenti si ottenessero in merito allo stesso problema risultati differenti, non ci sarebbe alcuna ragion sufficiente per escludere uno di questi sistemi piuttosto che un altro: il principio di esclusione sarebbe inapplicabile e lo stesso principio di relatività risulterebbe falso. Se si può escludere uno e non l'altro di due sistemi di riferimento vuol dire che i due sistemi non sono tra loro equivalenti e che si è lasciata sussistere una ragion sufficiente per determinare una scelta. Se, per esempio, si dovessero postulare per ordini di fenomeni differenti spazio-tempi differenti, non vi sarebbe alcuna ragion sufficiente per escludere l'uno dei sistemi di formule piuttosto che l'altro e "questa dualità renderebbe impossibile ogni pensiero sintetico. Algebricamente parlando, non si potrebbe più, in questa ipotesi, trovare un solo e medesimo gruppo per riunire i due ordini di fenomeni che postulerebbero spazio-tempi differenti"<sup>534</sup>. Risulterebbe allora vano ogni sforzo di sintesi. Non ci sarebbe dialettica né unità del sistema<sup>535</sup>. Il principio di ragion sufficiente afferma, dunque, l'unità del sistema che organizza e, in seno alla Relatività (in quanto principio di conoscenza inteso nell'accezione schopenhaueriana come principio che attiene a "tutto ciò

---

<sup>533</sup> Ivi, p.213. Sul principio di *ragion sufficiente* in Leibniz citiamo una considerazione di Émilie Du Châtelet, tratta da *Institutions de Physique* del 1740, nella traduzione dal francese al toscano datata 1743 e stampata a Venezia da Giambattista Pasquali: "Le idee di M. Leibniz sopra la Metafisica sono ancora poco note in Francia; ma certamente meritano d'esserlo. Ad onta delle scoperte di cotesto grand'uomo, d'uopo è confessare che ancora vi son parecchie cose oscure nella Metafisica: ma per altro mi sembra ch'egli ci abbia somministrata, nel principio della ragione sufficiente, una bussola atta a guidarci nell'instabile arena di questa scienza [...]. Archimede, passando dalla Geometria alla Meccanica, s'accorse del bisogno che avea della ragion sufficiente; imperocché volendo dimostrare che una bilancia di braccia uguali caricata di pesi eguali resterà in equilibrio, fece vedere che in questa eguaglianza di braccia e di pesi dovea la bilancia restare in quiete, perchè non sarebbevi ragion sufficiente, per cui l'un braccio discendesse piuttosto che l'altro. Il Signor Leibniz, che spiava con attenzione tutti i fonti de' nostri raziocinj, abbracciò questo principio, lo sviluppò, e **fu il primo che** lo espose distintamente, e **l'introdusse nelle scienze**. D'uopo è confessare che non si potea recar ad esse servizio maggiore; imperocché quasi tutt' i falsi raziocinj non hanno altra origine che il trascurarsi della ragion sufficiente, e voi vedrete, quanto prima, che questo principio è il solo filo che ci possa condurre in que' labirinti d'errore che l'umano intelletto s'è fabbricati per aver il piacere d'ivi smarrirsi (G.-É. Le Tonnelier de Breteuil Du Châtelet, *Institutions de Physique*, Prault fils, Paris 1740, pp.13; 25-26 (ed. tradotta dal francese al toscano, *Instituzioni di Fisica di Madama la Marchesa Du Chastellet indirte a suo figliuolo*, accresciuta con la *Dissertazione sopra le Forze motrici* di M. De Mairan, presso Giambattista Pasquali, Venezia 1743, pp.11; 21 [il *grass.* è *ns.*]). Si veda, inoltre, L.Brunschvicg, *L'expérience humaine et la causalité physique*, cit. (in particolare cap. XXIII *La causalité selon Leibniz*, pp. 213-226).

Cfr H. Schepers, *La monade costituente sé e il proprio mondo*, tr. a cura di L. Oliveri, "Lexicon Philosophicum" 4, 2016, pp.1-9; 4 (<http://lexicon.cnr.it/index.php/LP/article/download/480/380>); V. De Risi, *Leibniz e la Relatività. Una discussione fra Hans Reichenbach e Dietrich Mahnke sulla teoria leibniziana del movimento e del tempo* ([https://www.academia.edu/25115081/Leibniz\\_e\\_la\\_relativita%C3%A0\\_versione\\_italiana\\_](https://www.academia.edu/25115081/Leibniz_e_la_relativita%C3%A0_versione_italiana_)). Sulle molteplici versioni, in Leibniz, del «nobilissimo principio» cfr. F. Piro, *Spontaneità e ragion sufficiente. Determinismo e filosofia dell'azione in Leibniz*, Edizioni di Storia e Letteratura, Roma 2018<sup>2</sup>.

Cfr. G. Piana, *Commenti a Schopenhauer. 1. Indicazioni di lettura per la «Quadruplica radice del principio di ragione sufficiente»*, Lezioni del Corso di Filosofia Teoretica sul tema *Epistemologia e metafisica della natura in Schopenhauer*, Università degli Studi di Milano 1990 ([http://www.filosofia.unimi.it/piana/index.php/component/docman/doc\\_download/139-indicazioni-di-lettura-per-la-quadruplica-radice-del-principio-di-ragione-sufficiente](http://www.filosofia.unimi.it/piana/index.php/component/docman/doc_download/139-indicazioni-di-lettura-per-la-quadruplica-radice-del-principio-di-ragione-sufficiente)).

<sup>534</sup> Ivi, p.210.

<sup>535</sup> Scrive Bachelard: "Bisogna sempre che l'esperienza sia preparata per essere netta, stabile; occorre anche che essa sia in qualche modo coordinata con ciò che è già compreso perché si possa trovare il mezzo di porla e anche di esprimerla, non fosse altro che come problema [...]. Così, al punto in cui ci troviamo, crediamo sia più vantaggioso e più prudente postulare il concreto sulla scorta del principio di ragion sufficiente" (ivi, pp.225; 256).

che estende la conoscenza” e dunque come principio di induzione sufficiente) costituisce quel “fattore organico e intimo che collega i diversi elementi” nella costruzione.

Il problema dell’unità, della coordinazione, all’interno della costruzione si pone necessariamente perché, come dice Bachelard, “non basta constatare il generale, bisogna anche provarlo; non basta scoprire la generalità baconiana fatta di cancellazioni, ritratto composito e informe di una realtà forzosamente superficiale, ma bisogna trovare una generalità progressiva che trascina ed obbliga; in altri termini, bisogna che il pensiero viva la generalizzazione”<sup>536</sup>. Ecco che allora “le condizioni della fecondità di pensiero divengono così progressivamente, attraverso la loro armonia, nel chiaro compimento di un sistema completo e omogeneo, vere condizioni logiche” e “in questo modo si trovano conciliate ragioni induttive e ragioni logiche”<sup>537</sup>. Guidati così da “una specie di pensiero estetico, tutto in possibilità, che sembrava costruire per costruire [...] approdiamo a un sistema logico, affermato in una unità manifesta. Le dottrine relativiste non formano un corpo chiuso, ma si presentano come una logica che ha “una forma tutta speciale”, una logica che “conquista e assimila”<sup>538</sup> e che è la logica induttiva, mentre la deduzione solamente chiarisce e spiega. “Questo impulso induttivo [*impulsion inductive*], la cui origine è così nettamente implicata in una organizzazione di pensiero, ci sembra segnare di un tratto tutto speciale l’epistemologia relativistica”<sup>539</sup>. Questo legame tra gli elementi della costruzione costituisce, nel definirli, gli elementi stessi che esso collega: “un passo ancora – scrive Bachelard – e il reale non è più che la causa occasionale del pensiero”<sup>540</sup>.

L’ultima parte de *La Valeur inductive de la Relativité* (libro III) contiene soltanto due capitoli («Relatività e Realtà», e «La Conquista dell’Oggettivo») [...] che [...] si oppongono e si completano.

Il capitolo VII è interamente rivolto contro Meyerson. Nel suo libro sulla teoria della relatività, quest’ultimo pretendeva infatti di spiegare come si va dalla geometria al reale, approccio apparentemente vicino a quello di Bachelard. Ma per quest’ultimo, prima di spiegare, bisogna anzitutto costruire, e studiare prima di tutto le condizioni in cui il pensiero cerca di unificarsi e di completarsi [...]. Scoprendo una forza induttiva, anche nella parte matematica della teoria, Bachelard metteva l’invenzione *innanzi all’esperienza* [...]. Il realismo, come già suggeriva l’*Essai sur la connaissance approchée*, poteva dunque essere in questa prospettiva soltanto una situazione derivata, il reale una verifica tardiva e indiretta (si può essere realisti costruendo?). La Relatività era quindi pensata da Bachelard come il contrario del realismo e dell’empirismo. Bachelard insiste in particolare sul fatto che, seguendo questa teoria, l’essenza può essere concepita solo in funzione della relazione. La Relatività va dunque in senso contrario rispetto all’empirismo [...].

Il capitolo VI (*La conquista dell’oggettivo*) trae allora tutte le conseguenze filosofiche dalle analisi precedenti. Contro il realismo, Bachelard difende ormai l’idea di un razionalismo metodico, poiché la Relatività è uno dei più metodici sforzi del pensiero verso l’oggettività». Vera prima di essere reale, la teoria di Einstein dimostra che la verità di una dottrina non è derivata dalla sua realtà [...]. È piuttosto vero il contrario. Certo, logica ed esperienza, geometria astratta e concreta sembrano contrapporsi [...], e il problema della loro coincidenza può sembrare insolubile. Ma, in realtà, la traiettoria della realizzazione dello spazio può essere seguita. Si deve quindi *postulare* il concreto, ma allo stesso tempo *criticarlo*, e respingere ciò che esso non può essere. Si razionalizza così la condizione negativa utilizzando il principio di ragione sufficiente. Ciò sembra a Bachelard in accordo con l’idea di una «geometria vivente» nel senso di Brunschvicg, che può essere portata ancora più avanti in quanto le strutture matematiche, ormai penetrano la teoria dei numeri e rendono i suoi elementi anche, se non di più, oggettivi rispetto agli elementi geometrici [...]. Ma, in tale contesto, l’esperienza, come è stato già detto, occupa ormai poco spazio: «L’esperienza così non ha più che la funzione di misurare i nostri atti dispiegati, e le divergenze che essa può individuare non possono intaccare il cristallo dei nostri gesti, puro e coordinato, dato *a priori* dalla nostra volontà»<sup>541</sup>.

La Relatività considerata da un punto di vista epistemologico ci insegna che noi “comprendiamo il

---

<sup>536</sup> Ivi, p.211.

<sup>537</sup> Ivi, p.212.

<sup>538</sup> *Ibidem*.

<sup>539</sup> Ivi, p.213.

<sup>540</sup> *Ibidem*.

<sup>541</sup> D. Parrochia, *Préface*, cit., pp.50-51; 59-60.

reale nella misura stessa in cui la *necessità* lo organizza<sup>542</sup>, che il reale non è già preconstituito, fisso, immobile fuori da chi lo percepisce, ma piuttosto si risolve in una serie di relazioni, poiché ogni dato è colto sempre in una prospettiva teorica. Pertanto, il problema del realismo può ancora risultare fecondo solo se posto in termini di *movimento epistemologico*, per cui non ha più senso chiedersi: – dov'è il reale?, ma piuttosto occorre porsi la domanda: – “in quale direzione e attraverso quale organizzazione di pensiero si può avere la sicurezza che ci si approssima al reale?”<sup>543</sup>.

Se è vero che il Relativista, in quanto fisico, postula una realtà, dato che, come dice Eddington, «il fisico, fintantoché ragiona da fisico, crede fermamente nella realtà del mondo esterno [...], nell'esistenza reale di atomi e molecole» che per lui non sono «semplici finzioni», così come l'universo quadridimensionale non è «una semplice illustrazione del ragionamento matematico», ma è piuttosto «l'universo reale del fisico»<sup>544</sup>, ancora più vero è, come nota Bachelard, che bisogna esaminare se il Relativista, nella sua ricerca, “parte dall'oggetto reale come da un dato oppure al contrario, se procede rettificando idee manifestamente soggettive e che a questo reale immediato [*premier réel*] non sono legate se non come un'azione è legata alla sua occasione”<sup>545</sup>.

Chiedersi in che cosa consiste il realismo della Relatività significa, perciò, considerare il modo in cui la Relatività ha modificato “filosoficamente” i principi del *realismo*<sup>546</sup>.

Il realismo della Relatività – dice Bachelard – “è suscettibile solo di una verifica tardiva e indiretta” e, anzi, “se [...] chiamiamo realismo ogni dottrina che mantiene l'organizzazione delle impressioni al livello delle impressioni stesse, che pone il generale dopo il particolare, come una semplificazione del particolare, che crede di conseguenza alla ricchezza prolissa della sensazione individuale e all'impovertimento sistematico del pensiero che astrae, non si può affatto tacciare di realismo la Relatività. Essa sta infatti sotto il segno inverso. Essa parte dal generale, lo assicura, lo conferma, lo moltiplica”<sup>547</sup>. Invece, il realismo dei filosofi si arricchisce e si organizza in rapporto alla sensazione. Trova la realtà sempre come già data e anche se nel concettualizzarla la trascende, passando, come dice Rey, dal percepito al concetto, opera una sostituzione che è, comunque, legata alla sensazione, in quanto parte da lì e alla sensazione conserva un ruolo. In questo senso il realismo si organizza sempre in rapporto alla sensazione. Questo vale anche se il problema del reale si pone “in termini criticisti”:

Ecco allora una domanda che crediamo decisiva: Si può essere veramente realista *costruendo* una realtà; non bisogna sempre *trovare* una realtà? Se anche si pone il problema in termini criticisti non si dovrà dire che la funzione caratteristica della realtà nell'epistemologia consiste nel fatto che la realtà è trovata, è data, è imposta? Resterebbe dunque la sola possibilità di descriverla, e tutto lo sforzo teorico sarebbe destinato [...] a organizzare con chiarezza un sistema di riferimenti [...].

---

<sup>542</sup> G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, cit., p.247.

<sup>543</sup> Ivi, p.219.

<sup>544</sup> A.-S. Eddington, *Spazio, tempo e gravitazione*, tr. di L.Bianchi, Boringhieri, Torino 1982<sup>4</sup>, pp.228-229. Eddington **Errore. Il segnalibro non è definito.** precisa che “il termine «mondo reale» viene usato nel senso ordinario della fisica, senza pretendere di aver risolto i problemi filosofici riguardanti la realtà. Esso ha lo stesso grado di realtà attribuito precedentemente al mondo tridimensionale della teoria scientifica o dei concetti quotidiani, che mediante il progresso delle conoscenze viene così sostituito” (ivi, pp.54-55).

<sup>545</sup> G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, cit., p.219. Bachelard richiama una considerazione di Lalonde **Errore. Il segnalibro non è definito.** secondo cui bisogna distinguere accuratamente tra l'assimilazione delle menti tra loro e l'assimilazione della mente alle cose. Il progresso relativista è in tutta evidenza una rettificazione di idee; esso tende a sostituire principi a principi, a fare l'accordo delle menti; rimette all'avvenire la cura di provare che questo accordo ha una radice nell'accordo tra la mente e delle cose.

<sup>546</sup> G. Bachelard, *La dialectique philosophique des notions de la Relativité*, cit., p.136 (tr.it. di E. Sergio, Jaca Book, Milano 2003, p.145). In realtà, Bachelard riportando fedelmente questa sua tesi nel saggio del '49 vi aggiunge l'avverbio “filosoficamente” proprio per sottolineare la valenza filosofica della svolta relativistica. Cfr. G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, cit., p.155, dove si legge: “In questo tratto, la Relatività ci sembra dover modificare in modo altrettanto completo i principi del causalismo e quelli del realismo. Le due evoluzioni sono del resto parallele che conducono a una relativazione dei caratteri del reale e a una relativazione delle manifestazioni causali”.

<sup>547</sup> G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, cit., pp.219; 221. Sul problema del realismo in G.Bachelard cfr. G. Sertoli, *Le immagini e la realtà. Saggio su G.Bachelard*, La Nuova Italia, Firenze 1972, pp.23-109.

D'altra parte è per principio che la Relatività esclude il sensismo, perché essa comincia a eliminare l'osservatore sistematicamente e partendo dai concetti piuttosto che dalle sensazioni di questo osservatore<sup>548</sup>.

Il realismo della Relatività sembra, perciò, “mancare di sostanza” perché sono “sottili”, “tenui” i legami che collegano i fatti della sensazione ai principi di base della Relatività e per il fatto che per principio la Relatività opera una messa in parentesi del *soggetto individuale* privilegiando il “*soggetto qualunque*” epistemico, che, nell'ambito della *città scientifica*, opera l'oggettivazione razionale del reale. E ciò non per trovare “una buona prova della Realtà” nel *consensus*, visto che questo *consensus* esprime una “generalità di fatto” basata ancora su sensazioni. L'oggettivazione intrapresa dalla Relatività – dice Bachelard – “mira a una generalità di essenza, non di fatto, una generalità dei quadri atti a informare le impressioni, razionalmente”<sup>549</sup>. Perciò, “la Relatività va in senso contrario rispetto all'empirismo”<sup>550</sup>. È possibile coglierla in un rapporto nuovo di fronte all'estensione e alla comprensione delle nozioni: la Relatività “giudica la comprensione attraverso l'estensione”<sup>551</sup>. Ciò significa che il particolare è compreso alla luce del generale, all'interno dell'organizzazione di pensiero di cui è parte, come un pezzo della costruzione e che un carattere che non può, generalizzarsi ed estendersi non è “un carattere profondo”<sup>552</sup>, che i predicati non si pongono come proprietà ma come relazioni e che la relazione fa tutt'uno con l'essere e se togliamo la relazione non c'è più alcun attributo e quindi non c'è sostanza.

L'oggetto non possiede realmente né la radice né, *a fortiori*, la ragione delle sue qualità [...]; la relazione è ciò che dà veramente all'attributo una parte di sostanza, una ricchezza palpabile e utilizzabile. L'attributo senza la relazione è un disegno senza copertura<sup>553</sup>.

Il problema dell'esistenza, nelle dottrine relativistiche, è un problema che *segue* la definizione dell'entità considerata, come in Analisi matematica il teorema di esistenza di una funzione segue la definizione di questa funzione, legittimando e in qualche misura “realizzando” questa definizione<sup>554</sup>.

Il reale è una funzione della relazione che lo definisce. Dal punto di vista matematico, “un fenomeno particolare, considerato come un complesso di rapporti è una funzione di numerose variabili, le variabili riunite da questa funzione possono essere solo artificialmente separate e collocate “in un'evoluzione indipendente. Il Realismo è solito spiegarne una, quella che ritiene primordiale [...], la variabile intima, individualizzante. Al contrario, la Relatività si educa a non considerare che la funzione totalizzante, nella perfetta reciprocità di tutte le sue variabili [...]. Essa sa che una spiegazione è solo un procedimento espositivo, e, in questo senso, per bisogno di chiarezza o per abitudine, può far posto a un'esposizione realista con una variabile distinta. Ma, alla fine, bisogna sempre tornare di nuovo a porre il problema nella solidarietà delle sue variabili, nel piano della sua simmetria metafisica, dove tutte le funzioni valgono allo stesso titolo. Non c'è più ragione, dunque, di trascendere la relazione. È la relazione che dice tutto, che prova tutto, che contiene tutto; essa è la totalità del fenomeno preso come funzione matematica [...]. Spingendo così la Relatività fino a quelle che crediamo essere le sue conseguenze metafisiche, si ha l'impressione che le condizioni matematiche che le servono da punto di partenza si moltiplichino e si prolunghino in un'ontologia tanto più coerente quanto più è di essenza matematica. In altre parole, le condizioni matematiche indicano l'essere perché sono esse medesime una parte dell'essere, o meglio ancora si può dire che l'essere non è fatto che della loro coordinazione e della loro ricchezza”<sup>555</sup>.

---

<sup>548</sup> Ivi, p.220.

<sup>549</sup> Ivi, p.221.

<sup>550</sup> *Ibidem*.

<sup>551</sup> Ivi, p.207.

<sup>552</sup> Ivi, p.208.

<sup>553</sup> Ivi, p.223.

<sup>554</sup> Ivi, p.226.

<sup>555</sup> Ivi, pp.223-224; 225. Scrive Bachelard: “Il pensiero prescientifico non si accanisce nello studio di un fenomeno ben circoscritto. *Esso non cerca la variazione, ma la varietà*. È un suo tratto particolarmente caratteristico: la ricerca della varietà conduce senza metodo lo spirito da un oggetto all'altro. In questo caso lo spirito non mira che all'estensione dei concetti. La



Il reale scientifico non è un dato immediato e primario ed è relativo al sistema teorico che lo costituisce, o addirittura lo “crea”, come in microfisica. Esso è, in quanto fenomeno, la realizzazione tecnica di un teorema, di un *noumeno*, che, nell’accezione bachelardiana, ha, però, perso ogni possibile richiamo a Kant. Come un suono non comincia mai con una prima vibrazione, dato che la prima vibrazione non ha alcuna qualità sonora e quando esso comincia ha già una durata, così nella scienza non c’è un dato primo e quando esso è ricevuto è già dentro una cornice teorica:

ci si rende conto che il dato – dal momento in cui esso è ordine e forma – passa sotto il giogo della necessità matematica. Cogliarlo è collocarlo in una prospettiva teorica; un dato non è mai primitivo. Chiedere quale sia il primo dato è una domanda tanto vana quanto chiedere quale fu il primo uomo. Un suono non comincia con la prima vibrazione, poiché la prima vibrazione non ha alcuna qualità sonora. **Quando un suono comincia ha già durata.** Quando un dato è ricevuto è già compreso. Per ciò stesso, il legame intrinseco delle proprietà di una nozione oggettiva deve essere ricercato risalendo a ciò che si potrebbe chiamare il passato teorico della nozione. **Le garanzie di realtà sono in definitiva di ordine matematico e il filosofo potrebbe dire: «Datemi delle condizioni matematiche invarianti e io vi farò una realtà».** Lungo tutta la costruzione relativistica, abbiamo visto così depositarsi realtà tardivamente definite, che si presentavano come il completamento di un pensiero. **La direzione del nostro sforzo verso il reale è di una nettezza inflessibile. È una conquista, non una scoperta. Il nostro pensiero va al reale, non parte da esso.** In nessun momento abbiamo trovato una realtà che sarebbe stata conosciuta per astrazione progressiva; **abbiamo sempre avuto a che fare con una realtà che si formava accumulando relazioni.** È questa agglomerazione sanzionata dalla funzione realista che dobbiamo ora considerare per delinearne la portata filosofica<sup>556</sup>.

Come abbiamo già fatto notare, la Relatività non parte dal reale; tutt’al più, mira alla realtà<sup>557</sup>.

Bachelard ritiene che per addentrarsi nel cuore del pensiero relativistico convenga seguire l’interpretazione di Eddington, proprio per avvicinarsi ad un punto di vista più fedele allo spirito della Relatività di quanto sia quello tradizionalmente realista che fa capo ad Einstein<sup>558</sup>.

[Le dottrine relativistiche] sono [...] suscettibili, secondo noi, di fornire soluzioni diverse al problema filosofico della Realtà e di dare argomenti [...] al realista come al suo avversario. Tuttavia saremo

---

ricerca della variazione, invece, si sofferma su un fenomeno particolare, cercando di renderne oggettive tutte le variabili e di saggiarne la sensibilità. Essa arricchisce così la comprensione del concetto e prepara la matematizzazione dell’esperienza” (G. Bachelard, *La formazione dello spirito scientifico*, cit., p.32).

<sup>556</sup> G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, cit., p.248 [il grass. è ns.].

<sup>557</sup> Ivi, pp. 237. Tale fenomenismo di ordine matematico sembra costituire una vera e propria ontologia della struttura in cui il problema dell’esistenza del reale segue sempre la sua definizione ed il reale diventa una funzione della relazione che lo definisce. Così, per esempio, il concetto di materia perde il privilegio di supporto necessario dei fenomeni nello spazio, indifferente allo spazio, divenendo una forma di energia rinvenibile nel quadro di una geometria dello spazio-tempo e lo stesso concetto di spazio è, ora, concepito in stretta connessione con la materia ed il campo gravitazionale che essa genera. Come nota Enrico Giannetto, “La relatività speciale stabilisce [...] una relazione essenziale ( $E = mc^2$ ) che collega massa ed energia in una equivalenza. La materia, in quanto massa, va quindi ripensata in termini di energia, è una forma di energia, un «grumo» di energia: se parliamo ancora di «materialismo», dobbiamo sempre intendere energetismo. Il materialismo razionale di Bachelard è quindi molto diverso da qualunque materialismo filosofico tradizionale. La materia non è più inerte e passiva, ma è invece energia attiva, capacità di trasformazione e di generazione. Cade quindi quella concezione meccanicistica della Natura che la identificava con materia inerte e passiva, che aveva caratterizzato gran parte della scienza moderna e che aveva fornito una base scientifica a tutta una tradizione filosofica metafisica. Dice Bachelard: la dinamologia sostituisce l’ontologia statica. La materia non è più una sostanza permanente nel tempo e che si colloca nello spazio, ma è un’attività energetica che si dispiega in eventi spazio-temporali. Non solo: siccome l’energia non è solo legata a un corpo singolo, ma all’interazione fra più corpi e quindi al campo di forze che li connette, la massa di un corpo dipende in generale dall’interazione con il resto dell’universo, non è più una proprietà individuale, ma relazionale e collettiva: la materia che «individua» un corpo, che lo costituisce nella sua «individualità», è la specifica relazione energetica con gli altri corpi, con il resto dell’universo. Con la teoria della relatività generale, la materia di un corpo cessa di essere associabile a una grandezza matematica scalare individuabile da un solo numero, come nella fisica newtoniana, o a un quadrivettore come l’energia in relatività speciale, ma deve essere rappresentata da un tensore, il “tensore energia-materia”, che sostituisce anche la vecchia forza gravitazionale, inglobata in questa stessa energia-materia, che attivamente determina la struttura dello spazio-tempo, la distribuzione spazio-temporale dei corpi nel cosmo” (E. Giannetto, *La materia di Bachelard fra relatività e fisica quantistica*, in AA.VV., *Bachelard e le ‘provocazioni’ della materia*, Il Melangolo, Genova 2012, pp.127-132; 130-131).

<sup>558</sup> Bachelard fa riferimento in particolare alle versioni di J. Becquerel, il quale, a suo avviso, sembra accentuare il realismo einsteiniano, “poiché determina le caratteristiche generali dello spazio per mezzo della quantità di materia che esso contiene” (ivi, p.232) e di M. Picard, che, invece, privilegia lo spazio alla materia, per cui più che dire che è la presenza di materia a produrre una curvatura dello spazio, “è più conforme alle idee di *geometrizzazione* dire che l’esistenza della materia è una conseguenza di certe deformazioni” (ivi, p.233).

sempre in diritto di chiederci se lo spirito generale della Relatività non favorisca molto nettamente la tesi ostile al realismo tradizionale. In ogni modo, possiamo, per semplificare, riassumere gli argomenti riferendoli a due scuole. La prima seguirà gli insegnamenti di Einstein, la seconda quelli di Eddington<sup>559</sup>.

Secondo Bachelard, Einstein “sembra adottare il punto di vista tradizionalmente realista nel senso che egli suppone, per così dire, la materia come anteriore allo spazio”<sup>560</sup>. Difatti, nell’illustrare la struttura dello spazio secondo la teoria della relatività generale, egli afferma che “le proprietà geometriche dello spazio non sono autonome, ma sono determinate dalla materia” e che quindi “possiamo trarre qualche conclusione circa la struttura geometrica dell’universo soltanto se, a base delle nostre considerazioni, poniamo come conosciuto lo stato della materia”<sup>561</sup>.

Come nota Bachelard, per Einstein “la materia avrebbe [...] rispetto allo spazio un comportamento causativo [*une manière de causalité*]”<sup>562</sup> dato che bisognerebbe anzitutto conoscere la materia e descriverla per seguire la struttura dello spazio. “Ci si trova così di fronte a un circolo vizioso poiché ci occorre lo spazio per descrivere la materia anche se la materia condiziona lo spazio. Dovremo, dunque, chiederci se questo circolo vizioso non sia il segno di una reciprocità più perfetta della relazione di causa-effetto”<sup>563</sup>. Il punto di vista di Eddington risolve tali riserve rendendo correlativi i due principali fattori di spiegazione e cioè la spiegazione per mezzo della struttura materiale e quella per mezzo delle proprietà geometriche dello spazio-tempo. Secondo Eddington “non dobbiamo

---

<sup>559</sup> G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, cit., p.231. Tra i Relativisti, Bachelard mostra di trovarsi in sintonia con Eddington, per la sua concezione del ruolo che l’intelletto ha nella costituzione dell’esperienza, per il suo *soggettivismo selettivo* debitore di Kant. Secondo Eddington, la conoscenza fisica, per ciò che riguarda le sue leggi fondamentali, non ha un’origine empirica, ma un’*origine epistemologica* e può essere stabilita esaminando il nostro equipaggiamento conoscitivo più che esaminando i dati dell’esperienza. In *Filosofia della fisica* che è del '39, Eddington propone la ben nota analogia della “rete” dove lo spettatore-epistemologo, che, non a caso, ha “maggior tatto” dello spettatore-metafisico, il quale “disprezza la fisica per le sue limitazioni”, obietta all’ittilologo che “il tradizionale metodo di esame sistematico dei dati forniti dall’osservazione non è l’unica via per raggiungere le generalizzazioni apprezzate in fisica” e che, pertanto, egli sarebbe potuto arrivare più presto alla stessa generalizzazione cui è pervenuto solo dopo aver gettato la rete ed analizzato il bottino, se in primo luogo avesse soltanto esaminato la rete ed il modo di usarla (A.S. Eddington, *Filosofia della fisica*, tr. di M.Mamiani, Laterza, Roma-Bari 1984, pp.23-26). Pur non ammettendo delle forme pure trascendentali organizzate in una rigida e immutabile struttura, egli dunque ammetteva una conoscenza epistemologica o *a priori*, “anteriore al compiersi delle osservazioni, ma non anteriore allo sviluppo di un progetto di osservazione” (ivi, p.32). Nel progresso della scienza la mente umana non ha fatto altro che riprendersi dalla natura le leggi che essa stessa vi aveva posto, non ha fatto altro che riconoscere in quella “strana impronta sulla spiaggia dell’ignoto”, la sua stessa impronta, dopo aver escogitato una teoria dopo l’altra per spiegarne la provenienza (A.-S.Eddington, *Spazio, tempo e gravitazione*, cit., p.252). Eddington diceva pure che rispetto alla natura delle cose, quella conoscenza “è solo una conchiglia vuota, una forma di simboli. È la conoscenza della forma strutturale, non [...] del contenuto”. Questo contenuto sconosciuto, per lui, “corre attraverso tutto l’universo fisico”, e “deve sicuramente formare la sostanza della nostra coscienza”. Costituisce quegli “aspetti profondi” del mondo della fisica non raggiungibili tuttavia mediante i suoi metodi (ivi, p.251).

<sup>560</sup> *Ibidem*.

<sup>561</sup> A. Einstein, *Relatività: esposizione divulgativa* (1917/1950), in A. Einstein, *Opere scelte* (a cura di E.Bellone), Bollati Boringhieri, Torino 1988, p.466.

<sup>562</sup> G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, cit., p.231.

<sup>563</sup> Ivi, pp.231-232. Come nota Bachelard, ci sono almeno due ragioni che rendono “rovinosa” l’idea di una causalità spaziale della materia: 1) per i due fenomeni, materia e spazio, connessi dalla categoria di causalità non c’è unità di piano fenomenologico: allorché si pretende che la materia *deforma* lo spazio, materia e spazio sono posti su due piani fenomenologici differenti; 2) gli elementi di definizione della realtà non si presentano isolati, ma “in uno stato di sintesi indissolubile” e pertanto la relazione causale non è che “una relazione astratta” (ivi, pp.235-236). Inevitabile a tale proposito appare il richiamo alla critica machiana del concetto di causa. “Quando parliamo di causa e di effetto – scrive Mach – noi mettiamo arbitrariamente in evidenza quegli aspetti, sul cui rapporto *poniamo attenzione* in vista di un risultato per noi importante. Ma nella natura non vi è né causa né effetto. La natura è qui e ora. La ripetizione di casi uguali in cui A è sempre legato a B, cioè il ripresentarsi di effetti identici sotto identiche circostanze, che è il carattere essenziale della connessione causa-effetto, esiste solo nell’astrazione che compiamo allo scopo di riprodurre i fatti [...]. Causa ed effetto sono enti mentali aventi una funzione economica” (E. Mach, *La meccanica nel suo sviluppo storico-critico*, tr. di A. D’Elia, Boringhieri, Torino 1992<sup>2</sup>, pp.472-473). Ed ancora: “di solito vengono individuati come causa ed effetto due parti costitutive di un fenomeno che colpiscono in modo particolare. Ma l’analisi più precisa del fenomeno mostra subito che la cosiddetta causa non è che un elemento complementare di un intero complesso di circostanze che determinano il cosiddetto effetto. Perciò secondo che si tenga conto e si sottolinei questo o quell’elemento costitutivo del complesso, l’elemento complementare in questione sarà assai diverso [...]. Nelle scienze altamente sviluppate l’uso dei concetti di causa ed effetto è sempre più limitato, sempre più raro [...]. Appena è possibile caratterizzare gli elementi con grandezze misurabili [...] la dipendenza degli elementi si fa rappresentare dal *concetto di funzione* in modo molto più perfetto e preciso che da concetti così poco determinati come causa ed effetto” (E. Mach, *Conoscenza ed errore*, tr. di S. Barbera, Einaudi, Torino 1982, pp.271-272).

considerare la materia come un'entità estranea che produce una perturbazione nel campo gravitazionale”, piuttosto “la perturbazione è la materia”, così come “il calore [non è] un fluido che produce l'agitazione delle molecole di un corpo, [ma] l'agitazione stessa è il calore”<sup>564</sup>.

Questo punto di vista – osserva Bachelard – è quello della reciprocità perfetta delle condizioni materiali e geometriche. Esso è suscettibile di sostituire, nel rapporto materia-spazio, l'idea di causa efficiente con l'idea di *funzione reciproca*<sup>565</sup>.

La concezione eddingtoniana per cui «la materia non è una causa, ma un sintomo»<sup>566</sup> segnava per Bachelard una data nella storia dell'epistemologia, poiché, modificando “le nostre idee sulle relazioni dell'*a priori* e dello sperimentale”, contribuiva a determinare una nuova filosofia.

In questo ambito, Kant non aveva fatto che una rivoluzione copernicana;  
Eddington ha preparato la rivoluzione einsteiniana dell'idealismo<sup>567</sup>.

---

<sup>564</sup> A.-S. Eddington, *Spazio, tempo e gravitazione*, cit., p.240.

<sup>565</sup> G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, cit., p.233. Bachelard nota come tale correlazione tra i due principali fattori di spiegazione, e cioè tra le condizioni materiali e geometriche, abbia “anzitutto riavvicinato i due significati possibili del concetto di sostanza considerata sia come realtà sia come categoria”. A tal proposito, egli ricorda come Eddington, rivolgendosi ad un pubblico di filosofi in occasione di un Congresso tenuto ad Oxford nel 1920, abbia tracciato un primo abbozzo del suo pensiero: lo spirito scientifico non crea a vuoto e arbitrariamente, si rivolge ad un “*substratum* oggettivo reale”, per conoscerlo, attraverso il suo equipaggiamento sensoriale, in quanto realtà misurabile o risolverlo del tutto in mero calcolo: “Contemplando i cieli stellati l'occhio può disegnarvi una gran quantità di modelli geometrici, triangoli, catene di stelle e figure ancora più fantastiche. In un certo senso questi disegni esistono nel firmamento; ma riconoscerli è un fatto soggettivo. Così, per mezzo dei fatti più ordinari che costituiscono il mondo esterno, si può stabilire una immensa varietà di modelli. È una specie di disegno soprattutto, che la mente ama tracciare ovunque può; quando possiamo tracciarlo ci diciamo: Ecco una sostanza; e là dove non possiamo, diciamo: Quanto poco è interessante! Le nostre linee nulla danno a questo luogo. Siamo qui in presenza di un *substratum* oggettivo reale; ma la distinzione della sostanza e del vuoto è opera propria della mente, e dipende dalla specie di disegno a cui essa si interessa riconoscendolo”. Così, il dualismo tradizionale di spirito e materia, pensiero ed essere, soggetto-oggetto, secondo Bachelard, perdeva ancora parte del suo “rigore” e più precisamente ne veniva sfumato “il carattere realista”, il cui ruolo diminuiva fino ad annullarsi: da un lato, il “*substratum* oggettivo reale” si dà in molteplici forme e ora è ondulazione, ora elettrone, dall'altro lo spirito geometrico, superati i limiti dell'apprensione kantiana regolata sulla geometria euclidea, non inquadra una diversità inerte, ma sembra avere già in se stesso gli elementi della diversità (ivi, pp.233-234).

<sup>566</sup> Ivi, p.239. Tale concezione è per Eddington “così naturale” che sorprende il fatto che la si perda di vista nell'esposizione abituale della teoria (A.S. Eddington, *Spazio, tempo e gravitazione*, cit., p.240). Riferendosi ancora a questa considerazione eddingtoniana sulla materia, Bachelard così scrive ne *La dialettica filosofica dei concetti della Relatività*, ed. it. Jaca Book, Milano 2003, cit.: “non c'è un circuito dell'essere che successivamente darebbe l'essere alla materia, poi alle sue forze, poi alle deformazioni della materia [...]. Tutto esiste insieme, come struttura dello spazio-tempo [...]. La filosofia astratto-concreta dovrà [...] pensare i fenomeni scientifici come delle *funzioni-cause*. C'è una endosmosi delle conseguenze matematiche e delle cause fisiche” (G. Bachelard, *La dialettica filosofica dei concetti della Relatività*, cit., p.145).

<sup>567</sup> G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, cit., p.239. Bachelard sostiene che, sebbene Kant avesse fatto ruotare il mondo attorno alla mente e reso soggetto conoscente e oggetto conosciuto relativi l'uno all'altro, “questa specie di Relatività” era rimasta “simbolica” e “nulla era cambiato nel dettaglio della conoscenza più che nei principi di coerenza della conoscenza. L'empirismo e il razionalismo restano l'uno di fronte all'altro senza poter davvero cooperare filosoficamente, senza potersi arricchire reciprocamente” (G. Bachelard, *La dialettica filosofica dei concetti della Relatività*, cit., p.131).

Com'è noto, pur non accettando l'etichetta kantiana, Eddington ammetteva che se fosse stato necessario “scegliere una guida tra i filosofi del passato”, senza dubbio la sua scelta sarebbe caduta su Kant che “anticipò in notevole misura le idee a cui siamo ora spinti dagli sviluppi moderni della fisica” (A.S. Eddington, *Filosofia della fisica*, cit., p.215). Per Popper Eddington sarebbe “il principale rappresentante del convenzionalismo nei paesi di lingua anglosassone”(K.R. Popper, *Logica della scoperta scientifica*, tr. di M.Trincherò, Einaudi, Torino 1995, p.67n.). In *Congetture e confutazioni*, lo definisce “sotto certi aspetti, più kantiano di Kant” (K.R.Popper, *Congetture e confutazioni*, tr. di G. Pancaldi, Il Mulino, Bologna 1972, p.312). Sull'accusa di “convenzionalismo estremo” mossa da M.Schlick a Eddington nel '35, in occasione del *Congrès International de Philosophie Scientifique*, cfr.: G.Giordano, *Schlick contro Eddington sul convenzionalismo*, in *Atti dell'Accademia Peloritana dei Pericolanti, Classe di Lettere, Filosofia e Belle Arti - a.a.CCLXXV*, Messina 1996, pp.281-293, che discute ed evidenzia i limiti dell'interpretazione di Schlick appellandosi direttamente agli scritti di Eddington; Id., *La fine del determinismo. A.S.Eddington e la svolta della nuova fisica*, “Criterio”, anno XII, 1, 1993, pp.25-41; Id., *Tra Einstein ed Eddington. La filosofia degli scienziati contemporanei*, Armando Siciliano Editore, Messina 2000. Ci permettiamo, inoltre, di inviare al ns. *Aspetti del dibattito sull'epistemologia di Eddington* in *Atti Accademia Peloritana dei Pericolanti* (Classe di Lettere, Filosofia e Belle Arti), vol.LXXII, Edizioni Scientifiche Italiane, Napoli 1998, pp.269-286.

Quanto ad Einstein che fin dal '17 aveva cominciato ad allontanarsi sempre più consapevolmente dal contesto teorico presupposto dall'epistemologia machiana e già nel '19 a Born aveva dichiarato d'essere un “inveterato determinista”, venti anni dopo, se da un lato, riferendosi al saggio di Born contro Eddington, mostrava di concordare con l'atteggiamento critico di Born, dall'altro non mancava di far presente all'amico che senza la “speculazione pura” la fisica non avrebbe fatto progressi. Così, scriveva di aver letto “con molto interesse la [...] conferenza contro gli hegeliani, che per noi fisici teorici - diceva- assumono un aspetto donchisciottesco (o addirittura la veste di seduttori?)”, ma osservava che “dove questo male o questo vizio vengono a mancare del tutto, si fa subito avanti l'inguaribile filisteo” con il suo ottuso richiamo ai meri fatti di esperienza. Di fronte a tale pericolo e nella convinzione che “la sola empiria senza idee ardite non porta a nulla”, Einstein

Eddington si riferiva alla “materia” come ad una “realtà” che non ha nulla di tradizionalmente “sostanziale” ma che è reale in quanto essa è organizzata matematicamente. Le sue “qualità” non sono, per così dire, caratteri accidentali di una sostanza, bensì sono essenziali alla sua stessa “definizione”.

Bachelard osserva che questa concezione eddingtoniana in fondo “riprende” un’idea di Poincaré, secondo cui gli assiomi della geometria sono *definizioni mascherate*, ma la riprende proprio per superarla, poiché questa volta in gioco sono i caratteri fisici che vengono organizzati attraverso una matematica che non è più soltanto linguaggio, e non lo è né nel senso dato dal realismo filosofico secondo cui, presupposta la possibilità di una *adaequatio rei et intellectus*, la matematica, in quanto specchio del reale, *esprime, traduce ma non pensa*, né nel senso del simbolismo matematico, secondo cui il linguaggio matematico è costituito da pure forme vuote convenzionali<sup>568</sup>.

La novità è nel fatto che con Eddington, per la prima volta, un fisico abbia proposto il “fenomenismo al livello delle qualità primarie” e tentato di “attaccare e dissolvere i caratteri materiali per via e mezzi interamente matematici” fino a *definire il vuoto* matematicamente<sup>569</sup>. Tale “fenomenismo” eddingtoniano si collocherebbe così nella prospettiva di un pensiero scientifico rinnovato da ciò che Bachelard chiama “ipercriticismo relativista”<sup>570</sup>.

Ancora una volta, ci si accorge dunque che la Relatività non trova prima un reale che essa si applicherebbe poi a studiare, seguendo l’inclinazione di ogni realismo, ma che essa organizza entità prima ancora di porre [...] il problema essenzialmente secondario della loro realtà<sup>571</sup>.

Dunque, la Relatività, soprattutto nella prospettiva eddingtoniana, è una scienza di rapporti senza supporti. Non sa né di sostanze né di qualità, ma di strutture che per approssimazione crescente, oltre il limite di misurabilità, si risolvono in serie di calcoli complessi. I suoi principi si sviluppano da una riflessione sulle condizioni di oggettivazione e di conoscibilità del reale.

Se si vuole restare nella chiarezza, bisogna arrivare a porre sistematicamente il problema in termini di oggettivazione piuttosto che di oggettività. Determinare un carattere oggettivo non vuol dire mettere la mano su un assoluto, è provare che si applica correttamente un metodo. Si obietterà sempre che è per il fatto che il carattere rilevato appartiene all’oggetto che esso è oggettivo, mentre non si fornirà mai se non la prova della sua oggettività in rapporto a un metodo di oggettivazione. La ragione addotta è gratuita, la prova, al contrario, è positiva. Crediamo, dunque, che sia meglio parlare non di una oggettivazione del reale, ma piuttosto dell’oggettivazione di un pensiero, in cerca del reale. La prima

---

auspicava che «la fisica giudaica», e cioè la riflessione speculativa, non venisse mai meno. Ma più tardi, nel luglio del '53, lo stesso Einstein, in una lettera all'amico Besso, avrebbe, a sua volta, fatto Eddington bersaglio di una battuta feroce e davvero assai ingenerosa, dipingendolo come “un uomo dalla ricchezza di spirito non comune, ma poco dotato di senso critico” che “con la sua filosofia [...] ricorda una *prima ballerina*, che non crede essa stessa alla fondatezza dei suoi eleganti saltelli” (A.Einstein-M.Born, *Scienza e vita. Lettere 1916-1955*, cit., lettera n.8, pp.14-15; 15; 179; lettera n.81, pp.174-176; 175-176; A.Einstein, *Corrispondenza con Michele Besso*, cit., lettera n.197, pp.433-435; 435).

Altrettanto duro era stato nel 1931 l’attacco di Russell che aveva accusato Eddington di “scetticismo scientifico” per aver messo in dubbio “l’universalità della causalità”. Secondo Russell “lo scetticismo scientifico di cui Eddington è un esponente” avrebbe forse potuto portare “al collasso dell’era scientifica, proprio come lo scetticismo teologico del Rinascimento aveva portato gradatamente al collasso dell’era teologica”(B.Russell, *La visione scientifica del mondo*, tr. di E.A.G.Loliva, Laterza, Roma-Bari 1988, pp.65; 64; 65). Su Eddington e Russell cfr.: C.Oliva, *Eddington: un anniversario dimenticato*, in “Nuova Secondaria”, 8, 15 aprile 1996, anno XIII, pp.82-85.

<sup>568</sup> Per Bachelard la matematica non è soltanto linguaggio. A tal proposito cfr. G.Bachelard, *L’esperienza dello spazio nella fisica contemporanea*, cit., pp.53; 56-58; D. Lecourt, *L’epistemologia storica di Gaston Bachelard*, in G. Canguilhem – D.Lecourt, *L’epistemologia di Gaston Bachelard*, cit., pp.38-41.

<sup>569</sup> G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, cit., pp.241; 246.

<sup>570</sup> Ivi, p.222. Secondo Eddington, infatti, “il principio di selezione deve essere una legge della mente; le leggi della natura che dipendono da questa selezione possono essere considerate come imposte dalla mente. Così, la mente, nella nostra teoria, è comparabile a un tiranno che fonda le sue leggi sull’Universo che percepisce. Questa non è che una metà del problema poiché è il caso se è necessario, di far notare che una legge della mente non è altro che una legge a cui la mente deve essa stessa obbedire” (A.S. Eddington, *Spazio, tempo e gravitazione*, tr. fr. Rossignol cit. in G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, cit., p.176). E Bachelard commenta: “Si rifletta [...] sull’ordine di astrazione delle leggi di cui parla Eddington; senza dubbio non ci si riconoscerebbe più il diritto di dire che la Natura le contiene; tutt’al più essa le riceve. Se si vuole prestare attenzione al fatto che essa le riceve *successivamente*, conformemente a un piano che si arricchisce a ogni passo, si deve convenire, crediamo, che la scala induttiva è percorsa sotto l’impulso sempre più chiaro dello spirito e che per l’esperienza resta ben poco spazio nell’induzione relativistica” (G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, cit., p.214). Ed è importante quest’uso dell’avverbio “successivamente” che qui sta a indicare la continuità del processo induttivo.

<sup>571</sup> Ivi, p.226.

espressione rientra in una metafisica. La seconda è più adatta a seguire lo sforzo scientifico di un pensiero. Proprio la Relatività, vogliamo ora insistere su ciò, ci sembra uno degli sforzi più metodici del pensiero verso l'oggettività. Questa modificazione nella direzione del processo di oggettivazione significa che il problema della verità di una dottrina non è derivato dal problema della sua realtà, ma che, al contrario, il giudizio di realtà deve essere posto in funzione di una organizzazione di pensiero che ha già dato le prove del suo valore logico<sup>572</sup>.

Come dice Brunschvicg, “non è l'oggetto la radice dell'oggettività e l'oggettivazione, più che la coscienza di una generalità, è metodo di generalizzazione cosciente”<sup>573</sup>.

Il reale appare come “il risultato di una specie di induzione”, “una realtà che si trova in cima e non alla base di un movimento di pensiero”<sup>574</sup>, il prodotto di una “forza di sintesi”<sup>575</sup> che spinge “l'invenzione innanzi all'esperienza”<sup>576</sup>. In questo senso Bachelard può affermare: “Il valore oggettivo delle dottrine relativistiche ci è allora apparso subordinato al valore induttivo del pensiero che le anima”<sup>577</sup> ed infine concludere: “Se avessimo ragione persino in queste conseguenze filosofiche del problema studiato, la Realtà dovrebbe apparire come una conquista dello Spirito”<sup>578</sup>.

Bachelard ha studiato il pensiero relativistico da un punto di vista propriamente epistemologico, ben diverso da quello, più generale e metafisico, di Meyerson, che ne *La déduction relativiste* si era per lo più occupato dell'applicazione, della verifica della dottrina ed aveva cercato di coglierne “l'unità organica” per “dedurne poi gli elementi e i caratteri del reale” e dimostrare che “ciò che è coerente nella mente è altrettanto coerente nelle cose”<sup>579</sup>.

La spiegazione di una teoria può giudicare sui risultati ma non dice nulla “sulle vie e i mezzi che conducono al sistema, sulle condizioni in cui il pensiero, alternativamente, cerca di unificarsi e di completarsi”, sulla “lenta e difficile ascensione [...] in cui ogni pretesto è buono per supporre, ogni analogia per indurre [*induire*], ogni esperienza costante per generalizzare”<sup>580</sup>.

Ci siamo dunque proposti di insistere sulle vie e sui mezzi che conducono al sistema, sulle condizioni in cui il pensiero, alternativamente, cerca di unificarsi e di completarsi. Lenta e difficile ascesa in cui ogni aiuto è sempre accolto, in cui ogni pretesto è buono per supporre, ogni analogia per indurre, ogni esperienza costante per generalizzare. Abbiamo creduto così di avere il diritto di individuare, fin nella

---

<sup>572</sup> Ivi, pp.250-251; 258.

<sup>573</sup> Ivi, p. 258.

<sup>574</sup> Ivi, p.66.

<sup>575</sup> Ivi, p.218.

<sup>576</sup> Ivi, p.219.

<sup>577</sup> Ivi, p.65.

<sup>578</sup> Ivi, p.66.

Così scrive Eddington: “A meno che la scienza sia destinata a degenerare in una serie di oziose congetture, il banco di prova di ogni teoria deve essere questo: esprime essa i fatti che intende considerare con la minima quantità possibile di aspetti superflui? [...]. Il punto di vista della relatività è quindi quello di scartare certe ipotesi che non sono chiamate in causa da fatti noti, e di porsi nella prospettiva di una comprensione della semplicità della natura” (A.S.Eddington, *Spazio, tempo e gravitazione*, cit., p.46). Eddington pone una distinzione tra “il punto di vista della relatività” e “il principio della relatività”, avvertendo la necessità di intendere quest'ultimo come “l'espressione dei fatti sperimentali”, per cui esso “può essere giusto o sbagliato”, “sperimentalmente vero o falso”, e “le sue conseguenze possono venir dedotte matematicamente con il ragionamento, come nel caso di qualunque altra generalizzazione scientifica”, ma esso “non postula alcun particolare meccanismo della natura, né alcun particolare modo di vedere le cose per quel che riguarda il significato dello spazio e del tempo, sebbene possa suggerire delle teorie sull'argomento [...]. Il punto di vista della relatività è di carattere diverso [...], asserisce in primo luogo che certe ipotesi non verificate riguardo allo spazio e al tempo sono penetrate senza che ce ne accorgessimo nelle correnti teorie fisiche, e [...] le ipotesi più pericolose sono quelle tacite e inconse. Così [esso] propone in via di tentativo di fare a meno di queste ipotesi (non sostituendole con altre); e scopre che esse sono perfettamente inutili e non sono suffragate da alcun fatto noto [...]. Anche se in futuro si dovessero scoprire dei fatti che confermassero le ipotesi scartate, il relativista non è in torto nel metterle da parte finché non se ne ha bisogno” (ivi, p.45). Del resto, il punto di vista generale di Einstein è chiaramente espresso dallo stesso Einstein ne *La questione del metodo*: “Secondo la nostra esperienza fino a oggi, -egli scrive- abbiamo il diritto di essere convinti che la natura è la realizzazione di tutto ciò che si può immaginare di più matematicamente semplice. Sono persuaso che la costruzione puramente matematica ci permette di scoprire questi concetti che ci danno la chiave per comprendere i fenomeni naturali e i principi che li legano fra loro. I concetti matematici utilizzabili possono essere suggeriti dall'esperienza, ma mai esserne dedotti in nessun caso. L'esperienza resta naturalmente l'unico criterio per utilizzare una costruzione matematica per la fisica; ma è nella matematica che si trova il principio veramente creatore” (A. Einstein, *La questione del metodo*, in *Come io vedo il mondo*, tr. di R.Valori, Newton, Roma 1979, pp.44-53; 49-50).

<sup>579</sup> Ivi, pp.217-218.

<sup>580</sup> Ivi, p.218.

parte matematica della dottrina, una forza induttiva che può sembrare vaga perché è tollerante, ma di cui non si può affatto negare la persistenza.

Bachelard contrappone la sua induzione alla deduzione meyersonianiana, i pericoli, i rischi, la fatica del concetto ad una “filosofia del pieno”, per usare un’espressione che lui stesso indirizza a Bergson e alla sua filosofia della continuità temporale e indicare una filosofia che ignora lo slancio della ragione mentre trascende il suo già-realizzato, l’impulso induttivo che origina il movimento della conoscenza. La deduzione è, senz’altro, momento necessario per spiegare, ma non sufficiente per capire il metodo della ragione che fa scienza, mentre si accresce, mentre cresce su se stessa e insieme a ciò che essa realizza e ciò che realizza è il prodotto di quello stesso dinamismo che le fa ampliare e al tempo stesso riorganizzare il suo sapere. Giudicare un risultato isolandolo dal suo svolgimento, senza tener conto del processo che ha portato a quel risultato, significa bloccarlo, per quanto si possa essere disponibili a non ritenerlo definitivo e aperti al progresso della conoscenza.

Ad una filosofia che condanna ed è condannata all’immobilismo, Bachelard contrappone i rischi, il travaglio, la fatica di un pensiero *in fieri*, il suo intento di analizzare il pensiero in movimento piuttosto che “il termine o l’origine di questo pensiero”, questione – dice – che spetta alla metafisica più che all’epistemologia, anche se la sua soluzione “getterebbe una luce tutta nuova sul problema stesso del progresso del pensiero”<sup>581</sup>.

Meyerson aveva dispensato “tesori di meditazione e di erudizione per provare il carattere classico della Relatività [...]. Per parte nostra, crediamo invero che la relatività avesse già effettuata la conquista di un pensiero eminentemente induttivo”<sup>582</sup>.

Per Bachelard, la relatività di Einstein aveva, dunque, prodotto una prima “rivoluzione di pensiero” scardinando il modo tradizionale di concepire i quadri abituali di riferimento spazio-temporale. Ma in essa continuava a permanere quel residuo di realismo, *realismo dell’estensione*, che all’osservatore consentiva ancora di localizzare esattamente gli avvenimenti nello spazio-tempo (per questo sia Planck sia Louis de Broglie dicevano che la teoria della relatività era in certo qual modo il *coronamento* della fisica classica).

A conclusione della sua *Préface*, Parrochia scrive:

«L’esperienza così non ha più che la fusione di misurare i nostri atti dispiegati, e le divergenze che essa può individuare non possono intaccare il cristallo dei nostri gesti, puro e coordinato, dato *a priori* dalla nostra volontà». L’ultima frase de *La Valeur inductive de la Relativité* sarà evidentemente contraddetta da tutta la successiva evoluzione della filosofia di Bachelard, che non cesserà poi di riabilitare l’esperienza meccanica, fisica o chimica e di valorizzare non solo le trascendenze sperimentali, ma anche le apparecchiature tecniche che le rendono possibili. Resta il fatto che la fisica del XX secolo, e forse ancor più quella dell’inizio del XXI secolo (almeno se si considerano le teorie quadro che continuano a orientarne i progressi) si è sviluppata nel prolungamento di questo libro rinnegato piuttosto che di quelli che, in seguito, hanno procurato la fama dell’autore e il suo favore presso i professori di filosofia e gli specialisti dell’immagine<sup>583</sup>.

È pur vero che, a partire dall’individuazione dei *limiti* della rivoluzione einsteiniana, il discorso di Bachelard si apre alla interpretazione delle istanze fondamentali della meccanica quantistica, anzitutto nella versione heisenberghiana. Quel residuo di realismo nella Relatività è, per Bachelard, una

<sup>581</sup> *Ibidem*.

<sup>582</sup> G. Bachelard, *Il nuovo spirito scientifico*, cit., pp.149; 150. Cfr. in particolare il già richiamato contributo di Einstein dove egli critica l’*induzione* intesa in senso empirico: A. Einstein, *Induzione e deduzione nella fisica*, cit.

Scrivendo Einstein: “Una teoria può essere verificata dall’esperienza, ma non esiste alcun modo per risalire dall’esperienza alla costruzione di una teoria” (A. Einstein, *Note Autobiografiche*, in P.-A.Schilpp, *Albert Einstein, scienziato e filosofo*, cit., p. 46). Ed ancora: “Con l’aiuto delle teorie fisiche cerchiamo di aprirci un varco attraverso il groviglio dei fatti osservati, di ordinare e d’intendere il mondo delle nostre impressioni sensibili. Aneliamo a che i fatti osservati discendano logicamente dalla nostra concezione della realtà. Senza la convinzione che con le nostre costruzioni teoriche è possibile raggiungere la realtà, senza convinzione nell’intima armonia del nostro mondo, non potrebbe esserci scienza” (A. Einstein – L. Infeld, *L’evoluzione della fisica*, tr. it. di A. Graziadei, Boringhieri, Torino 1979<sup>7</sup>, p. 303).

<sup>583</sup> D. Parrochia, *Préface*, cit., p.60.

mancata razionalizzazione che, però, da *ostacolo*<sup>584</sup> interno alla scienza diventa, al tempo stesso, per lo spirito scientifico, la condizione di un ulteriore progresso nella razionalizzazione.

Non crediamo si possa, per questo, sostenere che il pensiero di Bachelard, nei suoi ulteriori sviluppi, finisca per contraddire se stesso sul significato dell'*esperienza* scientifica. Al di là del valore storico-critico dell'interpretazione bachelardiana della Relatività, il libro *rinnegato* del 1929 contiene, piuttosto, tutto il valore epistemologico di una nozione fondamentale, quella di *induzione*.

Proprio la specifica modalità dell'uso bachelardiano del concetto di *induzione*, che è già presente ne *La valeur inductive de la Relativité*, avrebbe invece, a nostro avviso, imprevedibilmente aperto agli sviluppi successivi e più attuali dell'epistemologia e al bisogno di ripensare il rapporto tra reale e virtuale, e il significato dei concetti di esperienza e di ragione scientifica<sup>585</sup>.

---

<sup>584</sup> Sul concetto bachelardiano di *ostacolo epistemologico* cfr. in particolare C.Vinti, *Il soggetto qualunque. Bachelard fenomenologo della soggettività epistemica*, cit., pp.175-278. Cfr. E. During, *L'espace comme noumène: qu'a-t-il manqué à Einstein?* ("Bachelard [...] incoraggia a purificare ulteriormente la filosofia del suo realismo spaziale per raggiungere il substrato topologico, non metrico e infine aritmetico, di quella che chiama una «fisica dell'ordine»", in <http://www.transfers.ens.fr/Atelier-Bachelard-2016>).

<sup>585</sup> Come scrive Claude Cadoz: "A rigore, virtuale e reale non sono propriamente in opposizione: virtuale, dal latino *virtus* (virtù, forza) è ciò che esiste in potenza nella realtà, ciò che raccoglie in sé tutte le condizioni essenziali per la sua realizzazione; che cosa può mai essere una realtà che ha in sé tutte le condizioni per la sua realizzazione? [...] Noi possiamo in effetti parlare di virtualità o di realtà degli oggetti che percepiamo. Il dualismo fondamentale si ha tra ciò che noi percepiamo e ciò che è, tra ciò che è suscitato dentro di noi e ciò che esiste al di fuori di noi. I fenomeni che sollecitano i nostri sensi sono sempre reali: sono fenomeni fisici. Al contrario, le rappresentazioni cognitive che un fenomeno scatena nel nostro cervello possono corrispondere a un oggetto che esiste realmente o a qualcosa di inesistente: nel primo caso diciamo che l'oggetto è reale; nel secondo, possiamo definirlo virtuale, come l'immagine prodotta dalle lenti divergenti o come quei miraggi che, in un deserto, ci fanno credere che l'oasi è là, a qualche centinaio di metri [...]. L'immagine oggi non è più un semplice oggetto piano creato unicamente per gli occhi; è uno spazio nel quale possiamo entrare, occupato da oggetti che possiamo toccare, manipolare, comprendere, oggetti che resistono e si animano sotto le nostre mani. Tuttavia, anche arricchita da alcuni attributi della realtà, l'immagine non è ancora comunque la realtà [...]. Vedere, udire, toccare, manipolare oggetti che non esistono, percorrere spazi senza luogo in compagnia di persone che sono altrove, avendo tuttavia la convinzione della realtà e della presenza degli uni e degli altri. «Essere e non essere», in qualche modo... Ecco ciò che sembrano proporci le moderne tecnologie di rappresentazione. Una strana risposta al vecchio dilemma di Amleto!" (C. Cadoz, *Le realtà virtuali*, tr. di R. Pierini, Il Saggiatore, Milano 1996, pp.9-10; 62; 13).

Cfr. D. Parrochia, *L'Internet et ses représentations*, "Rue Descartes", Collège international de Philosophie, 2007/1, n. 55, pp.10-20 (<https://www.cairn.info/revue-rue-descartes-2007-1-page-10.htm>); V. Bontems, *Actualité d'une philosophie des machines. Gilbert Simondon, les hadrons et les nanotechnologies*, "Revue de Synthèse", t.130, VI série, n.1, 2009, pp. 37-66; Id., *Gilbert Simondon ou l'invention du futur*, éd. Klincksieck, Langres 2016.

Gaston Bachelard, *La Valeur inductive de la Relativité*, Vrin, Paris 1929

## LE RECENSIONI

---

**Gaston Rabeau**, *Compte-rendu de: G. Bachelard, La valeur inductive de la relativité*, Vrin Paris 1929, “Revue des Sciences Philosophiques et Théologiques”, 18, n. 3, 1929, pp.476-478.

**A.BC.**, *Compte-rendu de: G. Bachelard, La valeur inductive de la Relativité*, Vrin, Paris 1929, “Revue Scientifique”, 11/1929, 67<sup>e</sup> année, 8 juin 1929, p.352 (in *Chronique Bibliographique*).

**Anonym/e**, *Compte-rendu de: G. Bachelard, La valeur inductive de la Relativité*, Vrin, Paris 1929, “Revue de Métaphysique et de Morale”, 37<sup>e</sup> année, Supplément n.4, octobre-décembre 1930, pp.6-7.

**Hélène Metzger**, *Analysis Critico: G. Bachelard, Essai sur la connaissance approchée*, Vrin Paris 1928; *La valeur inductive de la Relativité*, Vrin, Paris 1929; *Étude sur l'évolution d'un problème de physique: la propagation thermique dans les solides*, Vrin Paris 1928, “Archeion”, vol.12, n.2/1930, pp.218-220.

**Albert Spaier**, *Compte-rendu de: G. Bachelard, La valeur inductive de la relativité*, Vrin, Paris 1929, “Recherches Philosophiques”, 1, 1931-1932, Boivin & C<sup>ie</sup>, Paris, pp.368-376.



**Gaston Rabeau**, *Compte-rendu de: G. Bachelard, La valeur inductive de la relativité*, Vrin Paris 1929, "Revue des Sciences Philosophiques et Théologiques", 18, n. 3, 1929, pp. 476-478.

Gaston Bachelard ha appena dato un seguito al suo *Essai sur la connaissance approchée*. Ricordiamo quali tipi di problemi sono stati studiati in questo saggio: la verifica e l'approssimazione, il passaggio da un ordine di misura a un altro, l'assorbimento con il pensiero dei dati irrazionali, il progresso della verifica che porta all'obiettività, perché il reale si scopre al termine del lavoro spirituale, non al punto di partenza. B. ha fatto una contro-prova delle sue teorie cercando di ricostruire i passi logici che hanno costituito la fisica relativista. Il suo libro ha per titolo: *La valeur inductive de la relativité*<sup>1</sup>.

La teoria della relatività è, in effetti, una tentazione di approssimazione estremamente ardita, fondata su alcune esperienze difficili da interpretare, e che, per questo motivo, suscita obiezioni. 1° Si passa da un ordine di approssimazione a un altro che ne è separato da un abisso. Da qui la domanda preliminare: è opportuno, per tre fenomeni in  $10^{-8}$ , rinunciare all'ipotesi dell'etere, richiesta da tanti esperimenti verificati con approssimazione di  $10^{-4}$ ? Ancora di più, sulla scala  $10^{-8}$ , i solidi rimangono ciò che sono sulla nostra scala, e i nostri calcoli hanno ancora un senso? 2° Si ha il diritto di perfezionare i risultati newtoniani con le ipotesi relativistiche? Non è contraddittorio?

I 43'' di spostamento del perielio di Mercurio sono calcolati dalla teoria di Newton: è illogico calcolarli con una teoria e spiegare questo spostamento con un'altra. Inoltre, il valore 43'' è ciò che resta dopo che sono state eliminate tutte le altre correzioni: non è una constatazione isolata, ma un'amalgama di resti, che può essere viziato da un errore considerevole.

Il fatto che lo si spieghi semplicemente cadendo in un esperimento, lungi dal provare la teoria, la invalida: il successo non è verosimile perché è troppo perfetto. Tuttavia, B. dichiara senza esitazione che bisogna seguire Einstein, non solo perché le varie correzioni immaginate nella cornice newtoniana per spiegare l'anomalia di Mercurio non hanno avuto successo, ma soprattutto perché qui non si tratta semplicemente dell'approssimazione di una cosa, ma di un'altra cosa: un divario numerico molto piccolo può rivelare un carattere essenziale: «prescindendo da una curvatura, il sistema (di Newton) disconosce un carattere essenziale». (p. 45)

Solo che l'osservazione non dà luogo, nella fisica relativistica, a leggi generali con un procedimento di induzione classico: non sono i dati sensibili a fornire, per astrazione, leggi generali che in essi sarebbero implicitamente contenute.

Il movimento di pensiero relativistico consiste nell'incorporare i propri limiti: scegliere un sistema di riferimenti arbitrari equivale a introdurre uno stato di movimento arbitrario, il che equivale a introdurre un campo di gravitazione arbitrario. È un movimento di espansione nel possibile e che, in seguito, produrrà applicazioni del reale. Ma non insistiamo su questa descrizione dell'induzione relativistica, poiché già l'abbiamo conosciuta l'anno scorso nell'*Essai sur la connaissance approchée*. Il cap. 3 (il progresso della *relativazione*) fornisce chiari esempi di questo modo di induzione (in particolare l'identificazione della massa pesante e della massa inerziale). I principi relativistici possono apparire fondati su fatti: se si esamina la loro origine scientifica e il loro ruolo, ci si accorge che sono formali. La nozione di velocità fondamentale è così un puro postulato: questa velocità fondamentale potrebbe essere immaginaria, che sia realizzata nella luce è una fortunata riuscita. La simultaneità è anche una nozione definita a priori. Allo stesso modo  $3 \times 10^{10} \text{ cm} = V-1$  secondi. Così anche la gravità è il risultato di una costruzione: «Ricerca le condizioni restrittive che i potenziali di gravitazione devono soddisfare è ricercare la legge fondamentale di gravitazione». Ovunque si parte da concetti e principi definiti dallo spirito. Eppure «è dal loro lato artificiale che le costruzioni relativistiche hanno sviluppato concetti sperimentali nuovi» (p. 153).

Si riconosce ora la tesi già affermata nell'*Essai sur la connaissance approchée*<sup>2</sup>: la conquista dell'oggettivo si fa con un lavoro di approssimazione, di soddisfazione: la realtà non è all'inizio del lavoro scientifico, è alla fine. Se si chiama realismo «ogni dottrina che mantiene l'organizzazione al livello delle impressioni stesse, che pone il generale dopo il particolare», la Relatività va in senso inverso: la comprensione vi è determinata dall'estensione, i valori di spiegazione dai valori di applicazione. Per esempio, l'inerzia non è più la proprietà di una cosa rispetto allo spazio, ma la relazione di una massa con delle masse, in modo che, se la relazione scompare, l'esistenza scompare: l'esistenza dell'oggetto è implicata in condizioni logiche.

«Evidentemente la dottrina relativistica appare conosciuta prima di apparire reale» (p. 245). La costruzione logica non sarà verificata nel reale da una concordanza tra essa e gli oggetti: piuttosto essa «postulerà il concreto guidata dal principio di ragione sufficiente» (p. 250). Con ciò s'intende che lo scienziato accetta tale e quale, nella sua parte positiva, il reale sperimentale, ma rifiuta a priori tutto ciò che il reale non può essere.

Questo idealismo assomiglia molto a quello di Brunschvicg, che Bachelard cita nelle ultime pagine. Ci manca lo spazio per una discussione. In ogni caso, il lettore si accorge che qui le parole «realismo» e «idealismo» non hanno più il significato classico<sup>3</sup>. Gabriel Marcel ha detto recentemente a Brunschvicg che il suo idealismo «è come sostenuto da un naturalismo irriducibile, e sicuramente aveva ragione»<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> Bachelard, *La valeur inductive de la relativité*, Vrin Paris 1929 ; in-12, 254 pp.

<sup>2</sup> Cf. *Rev. sc. ph. th.*, 1928, pp. 464-469.

<sup>3</sup> Cfr. questa frase di Bachelard: «Si tratta solo di fissare una definizione della materia in funzione di un'esperienza più familiare postulata come elementare e quindi come refrattaria ad un'analisi», p. 234.

<sup>4</sup> *Bull. de la Soc. Franç. de Philos.*: La querelle de l'athéisme. Maggio 1928, p. 84.

**A.B.C.**, *Compte-rendu* de: G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, Vrin, Paris 1929, "Revue Scientifique", 11/1929, 67<sup>e</sup> année, 8 juin 1929, p. 352 (in *Chronique Bibliographique*).

Le teorie della relatività, che hanno apportato nel nostro modo di considerare il mondo esterno una rivoluzione così profonda, dovevano sollecitare l'attenzione dei filosofi. In Francia tutti conoscono le opere ammirevoli che esse hanno ispirato a Meyerson e a Bergson. Il piccolo libro, estremamente curioso e originale, in cui Bachelard ha condensato le sue riflessioni, non merita meno dei suoi predecessori di attirare l'attenzione di coloro che sono interessati all'epistemologia. Bachelard ha capito molto chiaramente tutto l'interesse che le teorie della relatività hanno per il filosofo. «Se esiste una dottrina che gli antecedenti non spiegano, è quella della Relatività». Vede in essa «allo stesso tempo un incessante ampliamento del pensiero e una totalizzazione metodica di fenomeni intuitivamente diversi». Al fine di approfondire il significato e la portata delle dottrine relativistiche, Bachelard ha preso in considerazione una serie di problemi particolari. Per quanto riguarda la gravitazione, si sforza di far emergere il valore dell'approssimazione di Einstein rispetto all'approssimazione di Newton. Nel secondo capitolo, che è uno dei più curiosi del libro, si pone nel cuore stesso dell'induzione matematica e analizza con grande profondità il corso del pensiero costruttivo nell'induzione relativistica. Quindi considera, in domini differenti, il progresso dell'idea stessa di Relatività. In una seconda parte, ha cercato di evidenziare tutto ciò che c'è di unità, continuità, coordinazione nel pensiero relativistico.

Infine, ci dà il suo pensiero sul valore oggettivo delle teorie relativistiche che, secondo lui, tendono a presentare la «realtà stessa come risultato di una specie di induzione» e corrispondono «a una realtà che si trova in cima, e non alla base di un movimento di pensiero». Egli ha insistito molto giustamente, a più riprese, sul ruolo dell'induzione nel progresso della relatività. «Ancora una volta, dobbiamo renderci conto che se è il pensiero deduttivo che insegna e spiega, è il pensiero induttivo che scopre».

---

**Anonyme**, *Compte-rendu* de: G. Bachelard, *La valeur inductive de la Relativité*, Vrin, Paris 1929, "Revue de Métaphysique et de Morale", 37<sup>e</sup> année, Supplément n. 4, octobre-décembre 1930, pp. 6-7.

Le dottrine relativistiche colpiscono innanzitutto per la loro novità. «Di fronte ad una costruzione così straordinaria, il filosofo sorpreso è diventato improvvisamente il campione del senso comune e della semplicità». Esse non hanno, per così dire, antecedenti storici, e sono nate da un'esperienza mancata. Ma la loro novità non è di essenza statica; «non sono le cose che vengono a sorprenderci, ma è lo spirito che costruisce la propria sorpresa ed entra nel gioco delle domande». Si tratta non solo di un rinnovamento definitivo nel «modo di pensare il fenomeno», ma anche di un metodo di scoperta, di progresso, si potrebbe dire di conquista. È questa forza induttiva della Relatività che l'autore si applica a mettere in evidenza. Esaminando il fenomeno su un piano teorico del tutto nuovo, la Relatività inventa e crea, per così dire, la sua esperienza: si è costituita come un franco sistema della relazione. Facendo violenza ad abitudini così radicate da poter essere scambiate per leggi del pensiero, ci siamo sforzati di cogliere la relazione indipendentemente dai termini collegati, di postulare legami piuttosto che oggetti, a dare un significato ai membri di un'equazione solo in virtù di questa equazione, assumendo così gli oggetti come strane funzioni della funzione che li mette in relazione. In tal modo si raggiunge un fenomenismo di ordine in certo modo matematico, che si discosta tanto dalle tesi dell'assoluto quanto da quelle del realismo (p. 99). La Relatività va in senso contrario all'empirismo. Il problema dei rapporti della materia e dello spazio è invertito. «La materia», scrive Eddington, «non è una causa, ma un indice». Questa formula, secondo Bachelard, segna una data nell'epistemologia. Gli sembra suscettibile di determinare una filosofia tutta nuova: «In questo campo Kant aveva fatto soltanto una rivoluzione copernicana; Eddington ha preparato la rivoluzione einsteiniana dell'idealismo» (p. 230). In questo interessante studio Bachelard mette in risalto i caratteri propri, eccezionali e insoliti della Relatività. Ma non lo seguiremo nella speranza che si basi sulle audaci anticipazioni del relativista di estrema sinistra, l'astronomo Eddington. Ci sembra quanto meno prematuro formulare le conclusioni «epistemologiche» di queste dottrine, cioè di volerle situare esattamente in termini di teoria della conoscenza. Credere che esse eliminino completamente, a favore di una sintesi geometrico-analitica, le intuizioni del senso comune nelle nostre concezioni della realtà fisica, è cedere ad un'illusione, perché non sarebbe difficile ritrovare queste stesse intuizioni alla base dei principi da cui la relatività è emersa e a partire dai quali si è costruita. E lo stesso vale per il trionfo della logica sull'empirico, perché non è affatto sicuro che i ragionamenti relativistici siano esenti da paralogismi. A parte alcune banalità, che si susseguono ovunque, la filosofia della relatività è ancora da fare, visto che la teoria stessa non è matura. Bachelard conclude che è «la nitidezza dell'attività geometrica che decide il suo valore per l'oggettivazione» e che «se il sentimento della grazia è fatto di una volontà che si piega e che, contraddicendo così il suo sviluppo, perde la coscienza della sua azione e si abbandona alla dolcezza della passività e dell'obbedienza, il sentimento geometrico è la coscienza di una volontà che riconosce le sue creste, i suoi angoli, i suoi incroci, in breve, le sue libertà enumerate e ordinate. L'unico ruolo

dell'esperienza è di misurare i nostri atti dispiegati, e le divergenze che essa può individuare non possono intaccare il cristallo delle nostre azioni, puro e coordinato, dato *a priori* dalla nostra volontà» (p. 254). È molto ben detto, ma questa è solo letteratura. *Experimento duce regredimur*; il precetto è sempre buono da seguire e ha tutto un altro senso.

---

**Hélène Metzger**, *Analysis Critico*: G. Bachelard, *Essai sur la connaissance approchée*, Vrin Paris 1928; *La valeur inductive de la Relativité*, Vrin, Paris 1929; *Étude sur l'évolution d'un problème de physique: la propagation thermique dans les solides*, Vrin, Paris 1928, "Archeion", vol. 12, n. 2/1930, pp. 218-220.

L'opera già così importante di Bachelard che presentiamo oggi ai lettori di *Archeion*, sarà di grande interesse per quegli storici della scienza, che lungi dall'essere irriducibili nemici della filosofia, hanno come suprema ambizione di vedere i loro stessi lavori di erudizione proiettare un vivo bagliore sulla struttura dello spirito umano che pensatori di formazione diversi si sforzano attualmente di penetrare in modo completamente nuovo.

Bachelard, che era già uno scienziato, ha cercato, come molti filosofi di oggi, di apportare un contributo personale alla teoria della conoscenza scientifica; ha studiato l'elaborazione della scienza e ha preso come argomento principale del lavoro di sviluppo alcune teorie di fisica matematica nel momento stesso in cui si trovano a contatto con i fatti, oseremmo dire alle prese con le realtà sperimentali che esse assorbono e assimilano a poco a poco; «non si spiegherà il pensiero, dice, facendo un inventario delle sue acquisizioni, una forza lo attraversa di cui bisogna rendere conto»<sup>1</sup>.

Partendo da questo punto di vista Bachelard ha scritto un lungo *saggio sulla conoscenza approssimata*. – Tradiremmo certamente la sua dottrina se cercassimo di riassumerla in poche parole; l'autore, infatti, si è ben guardato dal consegnare alle nostre meditazioni un sistema compiuto e completo, in cui tutte le parti si adattino esattamente le une alle altre e in cui sia possibile contemplare l'architettura; non ha cercato di dominare l'insieme della sua opera con un colpo d'occhio... Procedo in tutt'altro modo; entrando immediatamente nel cuore del soggetto, il suo pensiero vigoroso e attivo prosegue il suo cammino in avanti con uno sforzo di arricchimento e di progressivo approfondimento, che porta ancor più a spostare la prospettiva dei problemi posti dapprima dando loro una soluzione provvisoria e parziale, piuttosto che risolverli interamente; con ciò ci fa capire come procede lo scienziato che parte da un'approssimazione approssimata per raggiungere un'approssimazione ancora maggiore; egli studia a lungo il problema della rettificazione dei concetti, quello della misurazione sperimentale, il significato delle leggi approssimate fisicamente nei loro rapporti con l'induzione, la correlazione e la probabilità; i problemi dell'approssimazione matematica, infine il ruolo della rettificazione nella presa di possesso della realtà sperimentale da parte della teoria.

Non possiamo qui soffermarci su queste interessanti questioni che possono illuminare la storia dei capitoli elaborati della fisica e ugualmente di ogni scienza, ma che non sono direttamente dedicati a questa storia; con nostro grande rammarico non possiamo che segnalare quanto lo studio di Bachelard intitolato *Il valore induttivo della relatività*, che è un'applicazione del metodo dell'autore alle dottrine contemporanee che vediamo crescere sotto i nostri occhi, contenga un pensiero originale e apporti al profano stesso numerosi argomenti di meditazione che possono consentirgli di penetrare meglio se non nelle teorie nuove, almeno nello spirito di coloro che contribuiscono al loro progresso.

Il terzo libro di Bachelard, che rientra nello stesso metodo, è, invece, dedicato a un problema di ordine storico. È uno *Studio sull'evoluzione di un problema di fisica: la propagazione termica nei solidi*. Scegliendo un esempio preciso e limitato, l'autore ha cercato di mostrare come la teoria fisica riesca a prendere possesso di una nuova approssimazione del reale, che, per mancanza di concetti adeguati, per mancanza di strumenti di misura abbastanza fini, mancanza anche di uno strumento matematico abbastanza flessibile per adattarsi a questo campo sperimentale, era rimasto fuori dalla sua presa.

Egli sa bene, tuttavia, che i problemi così particolari da essere scelti non possono restare isolati; ha grande cura di rimettere quasi sempre ciò di cui traccia la storia nel suo ambiente naturale, che è la teoria del calore, la teoria della struttura dei corpi solidi e più in particolare per diversi autori la teoria della struttura dei corpi cristallizzati, e i fatti sperimentali; più lontano, sullo sfondo percepiamo lo spirito generale dell'epoca che ha generato e poi adottato e incoraggiato il positivismo di Auguste Comte. «Invano», dice sapientemente Bachelard, «si vorrebbe concentrare il pensiero scientifico su un oggetto separato, e persino su un fenomeno di ordine determinato. Ancor più del pensiero comune, il pensiero scientifico vive di rapporti e può conoscere un fenomeno solo incorporandolo in un sistema, o almeno piegandolo ai principi di un metodo. La descrizione stessa è corretta e precisa solo dopo la formazione di elementi generali matematicamente coordinati. Non si affronta, quindi, un problema senza apportare una filosofia»<sup>2</sup>.

Da questo punto di vista, saremmo tentati di trovare il primo capitolo dedicato al XVIII secolo troppo

schematico e troppo povero; almeno leggendolo, non si sente affatto la vita spirituale e intensa di quell'epoca entusiasta e attiva, che interrogava costantemente la Natura per costringerla a consegnarle i segreti che essa cerca gelosamente di nascondere ai nostri occhi! Non insistiamo su questa leggera critica. Bachelard ci risponderebbe con ragione che aveva dovuto scrivere una sorta di introduzione per facilitare la comprensione del lavoro ulteriore. E di fatto, quando arriva a Biot, a Fourier, a Poisson, sa resuscitare mirabilmente lo stato d'animo dell'inizio del XIX secolo; ci mostra le esitazioni e gli scrupoli dello scienziato insieme alla sua riuscita; spiega e giustifica certe restrizioni ed esigenze di Comte, a cui «non si può negare una chiara visione delle condizioni scientifiche della sua epoca e soprattutto la comprensione esatta dell'organizzazione e della disciplina che sono indispensabili per far lavorare a pieno rendimento la società scientifica»<sup>3</sup>.

Molto interessanti sono i capitoli dedicati allo studio della propagazione del calore nei mezzi cristallini, sia omogenei che anisotropi. Bachelard riconosce alla mirabile sintesi matematica di Lamé un posto molto importante e mostra da vicino come questo scienziato ha fatto progredire la scienza.

Non possiamo insistere, per non prolungare indefinitamente questo resoconto già molto esteso, sui capitoli successivi che studiano l'opera di Boussinesq, l'ipotesi della natura dinamica del calore nel problema della propagazione, l'ipotesi cinetica nei solidi e l'esperimento; ne raccomandiamo la lettura; e segnaliamo infine, senza voler entrare nei dettagli, che la conclusione di questa opera è atta a far nascere nello spirito dello storico delle scienze, come in quello del filosofo, nuovi punti di vista che potranno aiutare questi lavoratori a proseguire le loro ricerche e a condurle a buon fine.

Paris, Centre International de Synthèse.

Hélène Metzger

<sup>1</sup> *Essai sur la connaissance approchée*, p. 300.

<sup>2</sup> *Évolution d'un problème de physique*, p. 157.

<sup>3</sup> *Évolution d'un problème de physique*, p. 102.

---

**Albert Spaier**, *Compte-rendu de*: G. Bachelard, *La valeur inductive de la relativité*, Vrin, Paris 1929, "Recherches Philosophiques", 1, 1931-1932, Boivin & C<sup>ie</sup>, Paris, pp. 368-376.

I filosofi hanno ancora bisogno di aprirsi al segreto della Relatività e di riconoscere le vie attraverso le quali si realizza il suo accordo con l'osservazione. Infatti, le sue prove sperimentali non furono le ragioni determinanti del sistema e contano solo in parte nella sua forza di persuasione (243). Nacque, com'è noto, in occasione delle controversie sulla questione se si possa determinare una velocità qualunque rispetto all'etere, come si fa per un mezzo materiale ordinario. Solo una volta elaborata la teoria si rivelò capace di rendere intelligibili i movimenti del perielio dei pianeti, in particolare di Mercurio, che rimanevano «aberranti» nella meccanica newtoniana, di affermare la gravità della luce (che Newton aveva potuto prevedere solo a titolo di probabilità non verificabile) e di calcolare sequenze astronomiche misurabili inequivocabili, infine, di annunciare un fenomeno sconosciuto, lo spostamento verso il rosso delle righe dello spettro solare.

Questi fenomeni, che non furono l'origine della Relatività e che restano estranei ai suoi principi, svolgono dunque nei suoi confronti il ruolo di semplici conseguenze. Inoltre, la stessa legge della gravitazione non è di valutazione empirica, ma si deduce da considerazioni matematiche, preconette e logicamente antecedenti. C'è di che turbare qualunque uomo abituato a pensare che esista sempre una soluzione di continuità tra le verità *a priori* e i fatti.

La novità del lavoro di Bachelard consiste nel negare questa soluzione di continuità. A tal fine, si concentra innanzitutto sul modo in cui la Relatività si costituisce e su come essa agisce sullo spirito. Non tutti gli sviluppi rientrano nella prospettiva delle proposizioni iniziali, e ogni passo avanti non convince subito, come in Euclide. Ciò che finisce per comportare l'adesione è il progresso realizzato con l'aggiunta di complementi ai postulati o rimuovendo le restrizioni implicite, finché non ci si sente in possesso delle forme necessarie per inquadrare un'esperienza ampliata, diventata molto più fine e più comprensiva. L'autore ne deduce che la Relatività non è tanto una deduzione esplicita quanto «un metodo di scoperta progressiva» (6), in breve, che il valore essenziale della Relatività è il suo *valore induttivo*, da cui il titolo del volume.

Senza aver cura di avvertirci che non tiene in alcun conto il significato abituale della parola induzione, Bachelard qualifica così una moltiplicazione e un arricchimento premeditati di considerazioni teoriche e anche specificamente matematiche, che si orientano verso l'esperienza solo tardivamente, in aggiunta.

Si tratta in particolare di una messa in luce di variabili inosservate, «soffocate» nelle equazioni più empiriche per il fatto che sarebbero nulle, però degne di essere esplicitate perché rappresentative di certi «gradi di libertà» fisici, che si manifestano più attivamente in altri casi. Queste variabili rivelano allora la stretta parentela e persino l'identità di leggi o di fenomeni che sembravano indipendenti, e permettono di

prevedere per analogia eventualità precedentemente insospettite. Il simbolismo matematico acquisisce così una maggiore sensibilità ai fatti, e la speculazione più astratta diventa incomparabilmente più feconda dell'empirismo. In breve, parlando di induzione, Bachelard ha principalmente di mira l'uso del calcolo tensoriale, che fornisce alla scienza nuove antenne atte a esplorare in modo più completo la natura. L'operazione, lungi dal prendere il suo punto di partenza nel «particolare», è una specie di generalizzazione preliminare, che finisce per condurci di fronte ai dati sperimentali più fini [*ténues*]. Il capitolo II, in cui Bachelard espone questi procedimenti di «induzione matematica» (che, nonostante questo nome già applicato da H. Poincaré al ragionamento per ricorrenza, non hanno nulla in comune con quest'ultimo), è notevole, e se ne raccomanda la lettura non solo ai filosofi, ma anche ai matematici che non hanno la pratica del calcolo tensoriale e sono curiosi di conoscerne la portata fisica. Questo capitolo finisce col dare pieno significato al primo, che già mostrava con padronanza che la precisione superiore della Relatività non è, come si può essere tentati di pensare, un semplice perfezionamento dell'approssimazione newtoniana – alcuni lo ritengono un perfezionamento illusorio perché supera ordinariamente il limite dell'errore sperimentale. Questa precisione è il segno di una rivoluzione senza precedenti, non solo nella concezione del mondo, ma anche nel metodo scientifico. La differenza non è tanto quantitativa quanto «qualitativa» (e il libro è, del resto, pieno di osservazioni non comuni sulla qualità in matematica). Lo scarto non sta nell'aggiunta di alcuni decimali; questa aggiunta non è che un indice dello scarto: avendo riconosciuto che tutte le misure fisiche sono relative a sistemi di riferimento, tutti più o meno arbitrari, Einstein cerca e riesce a trovare *invarianti indipendenti da qualsiasi sistema di riferimento*. La precisione superiore delle sue cifre deriva dal fatto che, rinunciando a caratterizzare gli eventi fisici con numeri spaziali e temporali separati, che prendono come entità di base non più lunghezze e durate, ma *intervalli di spazio-tempo*, il calcolo relativistico fa apparire invarianti differenziali che non corrispondono più a uno spazio euclideo, ma a uno spazio-tempo in cui le traiettorie dei corpi liberi, dette «linee d'Universo», non sono rigorosamente dritte. I nuovi decimali sono significativi di questa curvatura, di cui la fisica pre-relativistica ignorava il carattere intrinseco.

Non ci si può sbagliare dicendo che il libro considera la Relatività sotto il segno del *progresso della relativazione*. Bachelard ricorda i vecchi percorsi verso le nuove vedute: l'evoluzione della nozione di forza, che, inizialmente attribuita al soggetto, diventa una relazione in cui lo sforzo dell'agente e la resistenza dell'oggetto si danno equilibrio; – la modifica newtoniana della nozione di gravità, che, da proprietà individuale dei corpi, divenne la loro reciproca attrazione, così trascendendoli, perché infine, nella Relatività, essa sia soltanto «una funzione del tutto, senza essere funzione delle sue parti» (103). – A nostro avviso, questo non dice abbastanza direttamente che il processo finisca per incorporare la gravitazione nello spazio-tempo stesso, poiché si può vedere in essa solo l'influenza dell'anisotropia di questo mezzo sui mobili, obbligati in qualche modo a seguire le curvature, come le nostre strade terrestri subiscono, anche quando si avvicinano di più a una retta, le accidentalità del terreno. «L'attrazione gravitazionale è solo una deformazione geometrica delle traiettorie» (Eddington, *Espace, Temps, Gravitation*, tr. Rossignol, Paris, Hermann, 1921, 128). E questo è uno dei trionfi della dottrina. Ma ciò non è altro che un abbandono finale della relativazione, un vero ritorno all'assoluto, la constatazione di una proprietà inerente all'Universo. E, in generale, Bachelard rammenta insufficientemente quale posto occupano gli assoluti fisici nella Relatività. Il nome che porta la dottrina, la sua critica del tempo e dello spazio distinti, il suo rifiuto dei postulati d'invarianza delle dimensioni, della massa, della forza dei vari sistemi meccanici – anche il vigore con cui i commentatori insistono su ciò che c'è di matematicamente «formale» in essa – fanno sì che, se non vi si presta attenzione, si rischia di disconoscerne l'intenzione essenziale. Ripetiamolo, la Relatività rimane invariabilmente una ricerca di invarianti. Trascurando quelli che per il loro carattere relativo sono soggetti a caducità, essa scopre altri invarianti, questi significativi del reale. L'intervallo di spazio-tempo che separa due eventi ravvicinati «ha un significato assoluto in natura», afferma il relativismo; dice altrettanto delle linee d'Universo di intervallo totale massimo, dell'impulso d'Universo e proclama chiaramente che le leggi della natura sono indipendenti dai sistemi di riferimento (cfr. Eddington, *cit.*, 108). Per tornare alla gravitazione, senza dubbio, *in una regione sufficientemente piccola*, essa è indiscernibile da un campo di forza «artificiale», cioè risultante dalla semplice adozione di questo o quel sistema di riferimento. Ma tutto cambia quando la si prende nel suo insieme; allora la realtà si manifesta incontestabile: ciò che le fa perdere localmente il sistema di riferimento arbitrario dell'osservatore, lo recupera immediatamente altrove. Questa resistenza della gravitazione alla relativazione non è affatto uno scandalo per la Relatività, come lo sarebbe il fallimento della riduzione geometrica. Perché dunque, segnalando questa resistenza (132-3), Bachelard esprime immediatamente la speranza che non sarà impossibile operare «la totale sostituzione del riferimento alla realtà» in qualche sistema di geometria ancora più complesso, che ne acquisirebbe «una portata filosofica considerevole?» Non è questa la svolta in cui, lasciando la Relatività per altre aspirazioni, Bachelard vede nella ricerca degli invarianti assoluti soltanto il rovescio del metodo, quando proprio quello è il luogo?

Eccoci condotti al particolare idealismo che Bachelard vuole rivestire dell'autorità della dottrina fisica. Per relativisti realisti come Einstein e Jean Becquerel, questi invarianti sono semplici simboli della realtà. Ma Bachelard crede più conforme allo spirito generale della relatività (219) vedere in essi l'unica realtà che esiste, ed elogia Eddington (229. 237) per essersi rifiutato di riconoscere nella materia qualcosa di diverso dalle relazioni algebrico-geometriche alle quali si è soliti dire che essa «obbedisce». Il matematismo di Eddington va ancora oltre, poiché sostiene per un momento che non c'è ragione perché un cervello costituito da coefficienti differenziali sia meno capace di pensare di un altro formato da atomi (loc. cit., 235), cosa che è fare del pensiero non l'autore della matematica, ma un prodotto della Matematica. Ma fino a che punto queste convinzioni così arditamente espresse sono definitive nella mente brillante del grande scienziato? In fin dei conti, si potrebbe ritrovare, meglio di quanto si possa credere in base a testi simili, la teoria atomistica della materia nello stesso Eddington. E non solo la credenza nella realtà materiale della materia, ma anche in quella dell'etere. Infatti, in una serie di conferenze risalenti al 1926 (quindi posteriori di sei anni all'opera precitata), la cui traduzione francese è apparsa sotto il titolo *Étoiles et Atomes* (Parigi, Hermann 1930), Eddington presenta, anche lui e più volte, l'etere come la sede e la fonte di numerose radiazioni fisiche, in particolare di quelle radiazioni cosmiche, sulle quali l'ascensione di Piccard nella stratosfera ha attirato l'attenzione del grande pubblico. – Non sarà meno utile conoscere gli interessanti sviluppi che Bachelard dedica alla quasi equivalenza della materia e dello spazio, questione della massima importanza, e si leggerà con piacere l'appassionato [*chaleureux*] ultimo capitolo del libro, che, orientandosi verso un idealismo vicino a quello di Léon Brunschwig, considera la ragione come veramente creatrice di quell'obiettività che essa conquista poco a poco. Il principale argomento di questa interpretazione è il carattere *a priori* della Relatività, carattere i cui aspetti sono tutti accuratamente illuminati lungo tutto il corso dell'opera. L'obiettività che questo apriorismo riesce ad assicurarsi non è forse una vera e propria smaterializzazione del reale (211-3)? Non dimostra in modo eclatante che nessuna esistenza ci può essere data in sé e che «l'esistenza si prova sempre con la relazione» (211)...? cosa che noi riteniamo vera come Bachelard, pur non concludendo, come lui, che l'essenza è sempre «una funzione della relazione» (208).

Ecco una dichiarazione generale delle nostre riserve. Nulla illustra meglio l'apriorismo del metodo relativistico del modo in cui Einstein scoprì la formula della legge di gravitazione; il capitolo V d'*Espace, Temps Gravitation* ne dà un'esposizione sorprendente. Si trattava di scegliere *a priori* tra un certo numero di funzioni  $g$ . Einstein disponeva a tal fine di due criteri solamente. Il primo, che già ci è familiare, ordinava di scartare tutte le proprietà dei  $g$ , che provengono dai vari tipi di sistemi di coordinate, al fine di restringere l'esame alle proprietà appartenenti ai vari spazio-tempi stessi. Si tratta di un criterio puramente teorico. Ma non è più così per il secondo, che consiste nel considerare definitivamente soltanto le proprietà che rispondono «al genere particolare di spazio-tempo che il problema previsto comporta». Perché, dice l'autore citato, «sappiamo» che lo spazio-tempo semi-euclideo o iperbolico può esistere in natura a grande distanza da qualsiasi materia attraente. «Il criterio deve quindi essere verificato con valori di  $g$  appartenenti a tale spazio-tempo» (ibid., 108). Ecco che c'è una ragione *di fatto*. L'espressione matematica della legge dipende quindi non solo da condizioni «formali», ma, in ultima analisi, da una conoscenza empirica. E ora possiamo tornare alla natura stessa del calcolo tensoriale. Tutto l'*a priori* di questo calcolo si riduce in sostanza a sintetizzare algebricamente delle equazioni differenziali. Queste equazioni contengono variabili, e la radice della nozione di variabile risiede nell'osservazione di variazioni meccaniche o fisiche e nella necessità di determinarne il valore. D'altra parte, l'applicazione del calcolo tensoriale ai problemi della natura non è soltanto un ritorno generale alla considerazione di queste variazioni materiali, ma è anche, o piuttosto, in primo luogo, una classificazione delle varie direzioni che possono seguire tali variazioni o da cui possono provenire le loro cause. Sarebbe quindi troppo poco dire di menzionare il senso *metrico* delle equazioni in questione, in quanto mostrano innanzitutto da quali «gradi di libertà» dipendono i valori delle variabili e di conseguenza, su quali punti devono essere effettuate le misurazioni per ottenere i risultati più significativi e più esatti. Presentate in un algoritmo altamente sintetico, queste equazioni simboleggiano, secondo l'eccellente espressione di Bachelard, una sorta di *Analysis Situs* delle condizioni fenomeniche. Pertanto, il vigore conquistatore, la forza oggettivante della costruzione razionale, più sommariamente, della relazione geometrico-algebrica, vengono da un inventario esatto dei gradi fisici di libertà. Partiti dall'esperienza, non c'è niente di così misterioso che riusciamo a coglierne meglio la molteplice diversità dopo una discussione approfondita delle sue condizioni fondamentali. La «conquista dell'oggettivo», per quanto enorme sia la parte dello spirito, non è minimamente una creazione *ex nihilo*. E per quanto piene siano di elementi di giudizio le più piccole percezioni, esse comportano una parte di dato che non è opera nostra, che ci è imposta dalla natura.

Ma si legga il libro di Bachelard. Vi si troveranno non solo spunti di discussione e di riflessione, ma anche molte più osservazioni ingegnose o profonde di quante non sia stato possibile segnalare qui.

A. Spaier

## TRADUZIONE

---

Gaston Bachelard, *Il valore induttivo della Relatività*

---

APPENDICE

G. Bachelard, *La valeur inductive de la relativité* [1929], Vrin, Paris 2014, 264 pp.<sup>[\*]</sup>

*Quattordici anni dopo la teoria della relatività generale (1915), Bachelard pubblica La Valeur Inductive de la Relativité (1929). Questo lavoro, che è stato spesso ridotto alla sua polemica con Meyerson, autore de La Dédution Relativiste (1925), è in realtà un elogio della matematica – e in particolare del calcolo tensoriale – come modo di costruzione e di investigazione del reale fisico. In questo libro non rieditato, che minimizza l'esperienza ma che contiene anche in germe molti dei temi successivamente sviluppati dall'autore, Bachelard appare retrospettivamente molto più profetico di quanto lui stesso potesse pensare. Le grandi teorie fisiche del XX e del XXI secolo non cesseranno di dargli ragione.*

(dalla quarta di copertina, Vrin, Paris 2014)

\*[N.B.: i numeri di pagina riportati in rosso si riferiscono alla edizione del 1929, quelli in neretto, invece, alla edizione del 2014]

<b>INTRODUZIONE:</b> La novità delle dottrine relativistiche.....	p. 61 [5]
<b>LIBRO PRIMO</b>	p. 67 [13]
CAPITOLO PRIMO: Le dottrine della Relatività e l'approssimazione newtoniana. ....	p. 69 [13]
CAPITOLO SECONDO: L'induzione matematica nelle dottrine della Relatività .....	p. 98 [51]
CAPITOLO TERZO: Il progresso della relativazione .....	p.133 [97]
<b>LIBRO SECONDO</b>	p.165 [139]
CAPITOLO QUARTO: Il carattere formale dei principi relativistici.....	p.167 [139]
CAPITOLO QUINTO: Le garanzie di unità della dottrina .....	p.187 [164]
CAPITOLO SESTO: Semplicità e Ragion sufficiente.....	p.201 [182]
<b>LIBRO TERZO</b>	p. 215 [201]
CAPITOLO SETTIMO: Relatività e Realtà.....	p. 217 [201]
CAPITOLO OTTAVO: La conquista dell'oggettivo .....	p. 249 [242]



## I

Uno dei caratteri esteriori più evidenti delle dottrine relativistiche è la loro novità. Essa sorprende lo stesso filosofo, divenuto improvvisamente, di fronte a una costruzione così straordinaria, il campione del senso comune e della semplicità. Questa novità è così una obiezione, un problema.

Non è forse questa anzitutto una prova che il sistema non è interamente contenuto nei suoi postulati, pronto alla spiegazione, atto alla deduzione, ma che al contrario il pensiero che lo anima si pone risolutamente davanti a un compito costruttivo in cui cerca i complementi, le aggiunte, tutta [p.6] la diversità che la cura della precisione fa sorgere? In altri termini, la novità relativistica non è per essenza statica; non sono le cose che vengono a sorprenderci, ma è lo spirito che [p. 62] costruisce la sua propria sorpresa e si fa prendere dal gioco delle sue domande. La Relatività è qualcosa di più di un rinnovamento definitivo nel modo di pensare il fenomeno fisico, è un metodo di scoperta progressiva.

Storicamente parlando, anche la comparsa delle teorie relativistiche è sorprendente. Se c'è, infatti, una dottrina che gli antecedenti storici non spiegano, questa è la Relatività. Si può dire che il primo dubbio relativistico è stato sollevato da Mach. Ma si tratta di un dubbio scettico; non è affatto un dubbio metodico in grado di preparare un sistema. Von Laue non si è sbagliato. «La concezione di Mach, dice<sup>586</sup>, fino a pochissimo tempo fa era solo una obiezione di scettico alla concezione dominante». Insomma, la Relatività non ha rapporto con la storia se non sul ritmo di una dialettica. Essa si pone opponendosi. Sfrutta il termine fino ad allora trascurato di un'alternativa iniziale. Si spiega dunque il fatto che essa rompa con un insegnamento e delle abitudini particolarmente solide e che [p. 7] appaia come veramente straordinaria.

La Relatività è più sicura e più regolare nella sua filiazione sperimentale? Non sembra, a prima vista. Essa è nata, come si sa, da un'esperienza mancata. Presenta di conseguenza una rottura con un corpo di esperienze che aveva fornito sul suo valore una lunga serie di prove. Nello spirito di molti suoi critici, la Relatività sconta il fio di questa negazione originaria e più di ogni altra dottrina essa deve convincere della sua ricchezza sperimentale adducendo fenomeni nuovi.

[p. 63] Il Relativista ha, d'altronde, l'ardore militante dell'innovatore. Prima di tutto, egli afferma la sua fede realista, si proclama in primo luogo fisico, fa appello dal buon senso offuscato dai pregiudizi, al buon senso avvertito da una critica preliminare – dall'esperienza

---

<sup>586</sup> M. von Laue, *La théorie de la Relativité*, tr. Létang, Paris, Gauthier Villars, 1924, t. I, p. 12; Cf. H. Reichenbach, *Philosophie der Raum-Zeit-Lehre*, Berlin, Leipzig, Walter de Gruyter, 1927, p. 252.

comune all'esperienza raffinata. Ci rivolge contro l'epiteto di metafisici: eravamo ansiosi di scegliere, ansiosi di concludere; abbiamo preso il cammino facile e comune, la strada pianeggiante, non abbiamo visto il sentiero in salita che conduce ai larghi orizzonti, a quei centri di osservazione dove la vera figura del paese appare finalmente nella sua totalità e nella sua novità.

In effetti, la Relatività tende al tempo stesso a un incessante allargamento del pensiero e a una totalizzazione metodica dei fenomeni intuitivamente diversi e si dovrà riconoscere una [p.8] duplice fonte alla forza induttiva che la anima. Questa forza induttiva poggia di volta in volta su ragioni sperimentali e su ragioni di ordine matematico. Ma la convergenza dei risultati è così netta che si deve poter mostrare, nella Relatività meglio che altrove, da dove procede l'unità del pensiero matematico e dell'esperienza. È questa unità che deve scagionare il Relativista dall'accusa di teorico utopista. «In generale, dice Bossuet, ogni innovatore è artificioso». Questa critica non dovrebbe essere mossa contro il sistema di Einstein, poiché la forza di espansione dell'idea relativista fluisce da uno stesso centro e la si può seguire fino a che affiora nell'esperienza. Esaminando il fenomeno su un piano teorico del tutto nuovo, si può dire che la Relatività inventa veramente l'esperienza e che essa crea la sua esperienza. In effetti, la sensibilità del fenomeno relativistico è tale che non si vede quale senso si potrebbe dare ai fenomeni di nuova scoperta al di fuori delle concezioni relativistiche. Una così grande unità nell'invenzione ci è sembrata meritevole di un esame particolare.

[p. 64] Purtroppo, abbiamo potuto rivivere questa marcia dell'invenzione soltanto dal di fuori e in un modo probabilmente molto frammentario. Spetterebbe solo a quelli che hanno fatto avanzare la dottrina di svelarci il dinamismo della loro scoperta e anzitutto le primissime [p. 9] suggestioni a partire da cui l'analogia, la generalità, la dialettica, la fantasia stessa hanno destato l'invenzione. L'epistemologo non dispone di queste confidenze. Può solo studiare le opere. Saremmo però ricompensati per i nostri sforzi se potessimo impegnare i teorici a collegare più strettamente le prove scientifiche e le prove psicologiche, a darci cioè la preparazione epistemologica completa delle loro scoperte. Essi avrebbero forse maggior effetto su di noi mostrandoci il loro pensiero nei suoi tentativi, nelle sue sconfitte, nei suoi errori, nelle sue speranze invece che nel fulgido lampo di una costruzione logica chiusa su se stessa, che porta dappertutto il marchio del suo completamento.

Comprendiamo, in effetti, il piano di questa costruzione quando vi abbiamo finalmente fatto accesso, ma resta sempre inesplicata la necessità di costruire. Perché il pensiero ha bisogno di moltiplicare i suoi schemi? Dove trova il suo primo impulso epistemologico? Dove risiede il principio delle rettificazioni incessanti? Il reale è veramente suggestivo? Il pensiero, con il

suo stesso procedere, non pone forse il problema di una vera e propria autosuggestione logica? Tutte questioni che il filosofo dovrebbe costantemente porre al fisico e al matematico.

Vorremmo dunque essere riusciti a focalizzare l'attenzione su alcuni degli istanti decisivi in cui il pensiero si arricchisce e si chiarifica. Per lo meno questo è stato [p. 10] il nostro unico obiettivo. Ci siamo sforzati di mantenerci su questo particolare problema epistemologico.

[p. 65]

II

È da questo punto di vista che abbiamo studiato, in primo luogo, il collegamento tra le approssimazioni newtoniane ed einsteiniane. La precisione delle esperienze richieste dalla teoria di Einstein è infatti di un ordine tale che occorre anzitutto render conto della sua necessità. È insomma l'introduzione indispensabile che deve rispondere alle obiezioni preliminari del fisico consegnato al pragmatismo della misura. Questa introduzione deve servire anche come argomento per lottare contro l'indifferenza eccessiva di quei teorici che vedono in un sistema scientifico solo un mezzo, più o meno comodo, per riassumere l'esperienza. Del resto, come cercheremo di mostrare, l'andamento delle approssimazioni successive segue molto da vicino le vie di una induzione.

In un secondo capitolo, abbiamo cercato di penetrare nel cuore stesso dell'induzione matematica e di mostrare come il pensiero del matematico, mirando alla generalizzazione sistematica e massima, trascini infine l'esperienza fuori dal suo dominio di primo esame. [p.11] Il valore oggettivo delle dottrine relativistiche ci è allora apparso subordinato al valore induttivo del pensiero che le anima.

In un terzo capitolo, abbiamo tentato di seguire, sotto il nome di Relativazione [*Relativation*]\*, il progresso, in molteplici vie, dell'idea stessa della Relatività.

Abbiamo riunito in una seconda parte una serie di capitoli che, se solo avessimo potuto dar loro più estensione e profondità, avrebbero dovuto chiarire tutto quel che conferisce unità, continuità, coordinazione, necessità al pensiero relativistico.

Infine, abbiamo relegato in una terza parte opinioni più filosofiche e più personali che il [p.66] lettore potrà quindi esaminare con minore attenzione. Sono opinioni relative al valore oggettivo delle dottrine relativistiche. Esse tendono a presentare la realtà stessa come il

\*[Più avanti, nel cap.III del Libro I, p. 135 nota 1 ed. 2014 (oppure p. 100 nota (1) dell'ed. 1929), Bachelard fa proprie le riserve di Solovine sulla traduzione francese *Relativation* della parola tedesca *Relativierung* usata da M. Born (ne *La teoria della Relatività di Einstein e le sue basi fisiche*) **Errore. Il segnalibro non è definito.**, parola che – dice Solovine – «esprime mirabilmente il pensiero di Einstein, ma che non ha nessun equivalente nella lingua francese». Anche in traduzione italiana, si terrà pertanto il termine “relativazione”].

risultato di una specie di induzione; corrisponderebbero dunque a una realtà che si trova in cima e non alla base di un movimento di pensiero. Se avessimo ragione anche in queste conseguenze filosofiche del problema studiato, la Realtà dovrebbe apparire come una conquista dello Spirito, la conquista decisiva e ultima del pensiero discorsivo.

[pp. 67, 69/13]

## LIBRO PRIMO

### CAPITOLO PRIMO

Le dottrine della Relatività e l'approssimazione newtoniana

#### I

Si è soliti dire che il sistema di Newton rappresenta la prima approssimazione della nostra conoscenza meccanica dei fenomeni della gravitazione, mentre il sistema di Einstein realizza una conoscenza più avanzata, più fine, più completa, che ritrova del resto i risultati newtoniani attraverso il normale gioco di semplificazioni numeriche.

In se stessa, questa relazione di approssimazione dei due sistemi merita di essere esaminata.

Anzitutto in linea di massima, la semplice [p. 14] ricerca della precisione pone sempre il problema dell'ampliamento di una dottrina. Essa è condotta su un ritmo dialettico che utilizza l'osservazione aberrante come pretesto per promuovere la riforma dell'esperienza. In tal modo, lo sforzo di precisione si pone [p. 70] giusto all'incrocio dell'osservazione e della sperimentazione: da una parte, se si accetta di essere imprecisi, l'osservazione basta a se stessa, non ha affatto bisogno di staccare il fatto dalla legge; dall'altra, se si vuole precisare un'osservazione, si dovrà trovare un metodo per classificarne gli elementi, per rilevare la sensibilità più o meno grande delle sue condizioni. Si spiega così il fatto che rettifiche anche lievi possano esigere un rimaneggiamento dei quadri fondamentali della teoria e richiedere esperienze di verifica del tutto nuove. In breve, la serie delle approssimazioni successive si presenta come la filiazione normale dell'esperienza fisica poiché è questa serie che traduce veramente l'arricchimento del pensiero sperimentale. È, d'altronde, sul terreno delle correzioni fini che si avranno più possibilità di comprendere il gioco degli schemi nuovi proposti dal pensiero per cogliere le perturbazioni di un reale già fissato nelle sue grandi linee. Se una forza di induzione sostiene e dirige il pensiero sperimentale, è nel passaggio tra le due approssimazioni che questa forza deve essere al tempo stesso la più manifesta e la più certa. [p. 15] Crediamo, dunque, che occorra cercare di giudicare la Relatività ponendosi prima di tutto e onestamente sul terreno sperimentale, se la si vuole caratterizzare nel suo progresso epistemologico decisivo. Lì, così come altrove, non si deve separare il problema dell'elaborazione della dottrina dalle condizioni della sua applicazione. Il problema dell'approssimazione è già un problema teorico.

Non è sicuramente un semplice caso ad aver posto tutte le esperienze cruciali della Relatività a un livello di precisione fin qui sconosciuto. Vi è una sorprendente omogeneità nell'ordine di approssimazione delle tre o quattro esperienze relativistiche e questa omogeneità rende più necessario spiegare come una posta in gioco così bassa abbia potuto sollevare un così [p. 71] grande dibattito in settori così diversi come l'elettromagnetismo e la gravitazione.

Innanzitutto, se si pretende di giudicare semplicemente in base ai risultati, presto ci si rende conto che i due ordini di approssimazione sono separati da un vero e proprio abisso numerico. Questa separazione nella precisione può sembrare definitiva a certi fisici di laboratorio e può giustificare la loro indifferenza per una dottrina che pretende di rettificare il fenomeno oltre il limite dell'errore sperimentale. Questa è una delle ragioni per cui Bouasse pone «la questione preliminare contro la teoria di Einstein». [p. 16] Che cosa possono i «tre fenomeni a  $10^{-8}$ » delle verifiche einsteiniane contro le duemila pagine di esperienze fresneliane che conducono alla seguente conclusione: «All'approssimazione di circa un decimillesimo, tutto avviene come se esistesse un mezzo elastico indefinito, immobile, che vibra trasversalmente come un solido e trasmette le vibrazioni luminose o hertziane»<sup>587</sup>. Di modo che, ponendo il problema sul terreno del numero, le conclusioni dei due avversari potrebbero collocarsi l'una di fronte all'altra, prudentemente al riparo da un giudizio di approssimazione, e schematizzate nelle due forme seguenti: per lo sperimentatore di grandi fenomeni come quelli di cui si occupa Bouasse, l'etere esiste, all'approssimazione di  $10^{-4}$ . Ma per gli Einsteiniani, all'approssimazione di  $10^{-8}$ , l'etere perde la sua esistenza fisica per diventare solo un'espressione puramente matematica.

È peraltro curioso osservare che a questa stessa approssimazione di  $10^{-8}$  molte altre sicurezze [p. 72] vengono meno. Borel\* ha fornito diverse ragioni che fissano precisamente a questo livello il limite di certezza della nostra geometria. Anzitutto, i solidi non possono essere definiti senza tener conto di tutte le cause che ne perturbano la figura, la grandezza, la stabilità. Poi, la [p. 17] necessità di studiare un solido in momenti che possono essere indubbiamente molto ravvicinati, ma che non sono per questo meno differenti, ci vieta di postulare l'identità. Nell'intervallo dei nostri esami le proprietà geometriche sono necessariamente variate e «qui ancora, troviamo il limite della geometria verso l'ottava decimale»<sup>588</sup>. Così non si può cogliere lo spazio fisicamente senza un'interferenza di due incertezze che provengono una dai nostri strumenti e dai nostri metodi lenti, l'altra dal reale

---

<sup>587</sup> H. Bouasse, *La question préalable contre la théorie de Einstein*, Paris, Blanchard, 1923, p. 10.

\*[Nell'edizione del 1929: "M. Borel" che sta per Monsieur Borel/ nell'edizione 2014 "É. Borel" – che sta per Émile Borel. Qui ci si attiene all'edizione del 1929].

<sup>588</sup> É. Borel, *L'espace et le temps*, Paris, Alcan, 1923, p. 17.

stesso, che incessantemente si flette e trema. Ma la cosa sorprendente è che lo spessore di questa zona in cui si giocano le nostre indeterminazioni, comparato al valore di quelle stesse determinazioni, si calcola in alcuni miliardesimi.

Ecco dunque l'esistenza dell'etere e l'esistenza dei solidi geometrici entrambe misurabili con lo stesso tasso d'errore. La sicurezza condizionale che il loro uso postula ha esattamente la stessa estensione. Forse è un caso. Ma è un fatto e questo fatto deve ripercuotersi sul principio della verifica. Questa verifica può essere unilaterale? Può, a discrezione del fisico, vertere sui caratteri ottici o sui caratteri geometrici? Abbiamo, per esempio, criteri chiari e distinti della verifica specificamente e unicamente geometrica? Non [p. 18] sembra, poiché ogni misura implica condizioni temporali e in questo modo almeno delle condizioni relative alla velocità dei segnali [p. 73] nell'etere. La verifica fisica, dal momento che pretende di essere fine, ci appare quindi come *essenzialmente* ambigua. Questa ambiguità proviene, crediamo, dalla similitudine nell'ordine di grandezza degli errori interferenti.

Nulla, però, collega le nostre esigenze metriche, così la nostra severità può benissimo allentarsi in un dominio determinato senza indebolirsi in un altro. Questa improvvisa indulgenza è, ad esempio, estremamente significativa rispetto agli elementi dinamici della Meccanica classica. Non sono mai stati verificati con lo stesso rigore le forze non equilibrate, gli impulsi, da una parte, e, dall'altra, il quadro geometrico, particolarmente rigido, in cui queste forze sviluppano la loro azione. Il primato della geometria euclidea non ha forse altre cause se non l'estrema finezza della frangia di aberrazione che circonda le determinazioni di cui sono suscettibili i solidi. Dato che le altre proprietà sono in generale più incerte, sono le proprietà geometriche a giocare il ruolo di quadri. In altri termini, le determinazioni geometriche sono assunte come gli assi delle determinazioni fisiche, poiché appaiono dotate di una stabilità relativa manifesta.

Può dunque sembrare che la sicurezza geometrica [p. 19] sia inattaccabile, fisicamente parlando, e che un fisico puro, come Bouasse, sia legittimato a rifiutare l'esame di errori più fini di quelli considerati dal laboratorio euclideo. Se si pretende di relegare la fisica nell'esattezza al decimillesimo, la geometria euclidea deve essere postulata come perfetta, il tempo come assoluto. Mai la Relatività potrà introdursi nell'esperienza di laboratorio o perlomeno la sua azione potrà essere solo indiretta e persino lontana. Essa non potrà valere che come ipotesi teorica di coordinazione e non come organizzazione metrica. Questa ipotesi sarà persino gravata da un pesante inconveniente poiché sfuggirà [p. 74] alle regole della verifica usuale. Essa potrà valere soltanto per l'estensione o la chiarezza della sintesi spirituale. Padrone allora il fisico pragmatista di vivere con delle sintesi incomplete, di

rifiutare l'audace unione della gravitazione, della geometria, del campo elettrico. Lavorando su un terreno particolare, avrà il diritto di ammettere, come una teoria chiusa, il corpo dei principi newtoniani, omogenei alla loro verifica.

[p. 20]

## II

Ci si può peraltro chiedere se si abbia il diritto di perfezionare numericamente i risultati newtoniani mediante calcoli basati su ipotesi relativistiche. Esclangon non esita ad affermare che questo problema della congiunzione numerica di due dottrine così diverse è posto dalla Relatività in modo erroneo.

Consideriamo, per esempio, lo spostamento del perielio di Mercurio. In realtà, questo pianeta è soggetto a importanti perturbazioni che fanno anche variare il piano della sua orbita. Non basta obbligare la Relatività a render conto dello spostamento del perielio in questo piano, prescindendo dalla mobilità del piano spiegata da perturbazioni che sarebbero esaminate dal punto di vista di Newton. Ecco in dettaglio l'obiezione di Esclangon:

Calcolata a partire da un punto *fisso* dell'eclittica, la longitudine del perielio, sull'orbita a piano variabile (inclinato di  $7^\circ$  sull'eclittica) del pianeta, varia poco meno di  $600''$  per secolo. Su un'orbita il cui piano è così variabile, la definizione dello spostamento del [p.21] perielio è necessariamente convenzionale, in senso arbitrario, poiché è impossibile [p. 75] considerare una direzione fissa, a partire dal sole, basandosi sull'orbita.

Ora, si può riassumere come segue il principio della verifica relativistica.

*Applichiamo prima la meccanica newtoniana* per calcolare il movimento completo di Mercurio con tutte le sue importanti complicazioni che derivano dalle perturbazioni.

Constatiamo che il calcolo non quadra con le osservazioni. In particolare lo spostamento del perielio, che è considerevole, accusa sui  $600''$  osservati un leggero scarto di  $43''$  per secolo.

*Risolviamo d'altro canto, per mezzo della teoria della relatività*, il problema del movimento di Mercurio supposto *solo* in presenza del Sole. Constatiamo, sull'orbita piana così definita, un piccolo spostamento del perielio uguale precisamente a quei  $43''$  che ci *mancano* nella teoria di Newton.

Questo metodo di dimostrazione è difettoso. Nella prima parte si applica la meccanica newtoniana, nella seconda la meccanica relativistica.

Se la meccanica newtoniana è in difetto, essa lo è anche nella prima parte. Il metodo corretto consisterebbe nel poter dire:

«1) la meccanica newtoniana accusa degli [p. 22] scarti indiscussi e inspiegabili tra il calcolo e l'osservazione.

2) la meccanica relativistica, al contrario, applicata esclusivamente (e non come supplemento alla teoria newtoniana) al *calcolo completo del movimento di Mercurio*, tenendo conto della presenza degli altri pianeti rende perfettamente conto delle osservazioni»<sup>589</sup>.

---

<sup>589</sup> E. Esclangon, *Les preuves astronomiques de la Relativité*, Paris, Gauthier Villars, p.11; ripreso dal Bulletin Astronomique.



In altri termini, se si vuole mantenere la purezza teorica fino alle applicazioni, sicuramente non si ha il diritto di fare [p. 76] della Relatività una teoria di secondo esame che completerebbe la teoria più o meno grossolana di Newton.

In effetti, l'ordine dell'utilizzazione dei sistemi relativistici e newtoniani è ancora più paradossale. Si comincia col trattare seguendo i principi relativistici il movimento di un pianeta isolato e unico in presenza del sole. E si mantengono, per il calcolo delle perturbazioni apportate dalla presenza degli altri pianeti, le ipotesi newtoniane. Questa volta è l'attrazione newtoniana che passa al rango di teoria di secondo esame. Si corregge così, per dirla con Gonthier, l'incerto con l'inesatto.

La Relatività dovrebbe riprendere la sintesi dalla sua base e spingerla fino alle perturbazioni. Anche numericamente parlando è necessario che un sistema unico ci dia a un tempo la parte intera e la parte decimale di tutte le [p. 23] determinazioni qualitative. L'applicazione numerica non deve cancellare completamente le vie che la preparano. È a questa condizione, d'altronde, che si potrà essere certi che la rettificazione è un problema di insieme, che essa non va né al di là né al di qua del problema proposto e che, in particolare, essa si gioca solo nei limiti delle altre disuguaglianze planetarie che riguardano elementi diversi dal perielio.

D'altra parte, esaminando in un pensiero dinamico le relazioni di approssimazione dal newtoniano all'einsteiniano, si vorrebbe che il carattere della prima approssimazione possa servire da base alla seconda. Bisognerebbe, per esempio, poter inferire dalle dottrine newtoniane le teorie relativistiche. Per quanto discontinui siano gli ordini della precisione, bisogna poterli classificare l'uno in rapporto all'altro, conservando traccia della loro origine teorica. È a questa sola condizione che lo sforzo di rettificazione si ricollega correttamente alla prima prova di determinazione.

[p. 77] Infine l'organizzazione numerica einsteiniana apporta una tale finezza di precisione all'esame astronomico, che si può essere presi dal timore improvviso di mancare di sicurezza nei dati forniti in tutta evidenza da un'osservazione che si può qualificare come newtoniana. È uno scrupolo che viene in mente anche a Esclangon<sup>590</sup>. [p. 24] Per ciò che concerne lo spostamento secolare del perielio di Mercurio, «se è vero che il principio di relatività generale fornisce esattamente il numero di 43», è meno sicuro che sia rigorosamente questa quantità che sfugge alla meccanica newtoniana». Tutte le determinazioni newtoniane sono solidali. «Un altro astronomo che si proponesse di rifare una nuova determinazione dell'insieme delle costanti astronomiche, indotto a discuterle nel loro insieme, potrebbe essere portato a dar loro,

---

<sup>590</sup> E. Esclangon, *Les preuves astronomiques de la Relativité*, op. cit., p. 10.



a ciascuna individualmente, dei valori differenti da Newcomb; poiché c'è necessariamente in questo problema complicato una parte inevitabile lasciata all'interpretazione del calcolatore». N.R. Campbell presenta per inciso un'obiezione che riassume le due critiche di Esclangon<sup>591</sup>. «Il valore 43" non è ciò che è stato direttamente osservato; è soltanto ciò che resta dopo che altre correzioni sono state tolte e per questa ragione è possibile che esso sia affetto da un errore considerevole; infatti l'errore probabile è all'incirca la metà del suo valore».

In tal senso, nel suo stesso valore, come nella sua provenienza, il numero 43" manca di certezza dal lato newtoniano. Non è [p. 78] sicuramente il valore esatto e diretto dell'aberrazione a porre un problema non risolto ma ben determinato [p. 25] alle indagini di una teoria più fine. Non è dunque che una prova perentoria del potere della rettificazione einsteiniana colmare esattamente un intervallo fissato così male. Come dice Esclangon, la spiegazione dello spostamento del perielio di Mercurio è nelle dottrine relativistiche un po' troppo notevole, troppo perfetta.

Jean Chazy mette in guardia contro la seduzione di un successo così grande.

In un fenomeno fisico di tale complessità, una misura inficiata da un errore relativo a  $\frac{1}{20}$  o a  $\frac{1}{10}$  sarebbe ancora eccellente... In tutta imparzialità, nello stato attuale della scienza, l'argomento portato a favore della teoria della Relatività del valore dell'avanzamento del perielio di Mercurio non ha, non può avere il carattere assoluto che credono alcuni<sup>592</sup>.

Riassumendo, esaminati dal semplice punto di vista del numero – principio così atto a cancellare le differenze – i due sistemi newtoniano e einsteiniano appaiono senza somiglianza, senza legame, senza parentela induttiva. Il sistema antico non è continuato naturalmente dal sistema moderno.

[p. 26]

### III

Da molti punti di vista, del resto, il sistema newtoniano doveva apparire chiuso su se stesso, compiuto nel suo principio [p. 79] come nella sua applicazione: esso recava le tracce intuitive della sua perfezione; l'algebra nella quale si sviluppava era di una semplicità manifesta; la sua applicazione si rivelava inoltre suscettibile di essere perseguita senza posa e di raggiungere così una precisione indefinita. Tre ragioni di solidità, tre garanzie di completamento che descriveremo rapidamente.

---

<sup>591</sup> N.R. Campbell, *Théorie quantique des spectres. La Relativité*, trad. Corvisy, Paris, Hermann, 1924, p. 216.

<sup>592</sup> J. Chazy, *La théorie de la Relativité et la Mécanique céleste*, Paris, Gauthier Villars, 1928, t. I, p. 180.

\*  
\*   \*

Dal lato intuitivo, il fatto che l'attrazione si propaghi in tutte le direzioni, da sfere in sfere concentriche, sembra esigere la legge newtoniana di decrescenza. Tanto è vero che uno degli ostacoli che ha impedito a Keplero di scegliere l'attrazione in proporzione inversa al quadrato della distanza è la convinzione che fosse necessario spiegare, attraverso il principio stesso della legge di attrazione, il fatto che tutti i pianeti si spostano approssimativamente nel piano dell'eclittica. Ciò lo incitava a cercare un'attrazione che decrescesse come il raggio delle orbite poiché questa [p. 27] attrazione si propagava solo in un piano, da cerchi in cerchi concentrici. Potremmo citare molti esempi a proposito del fatto che è difficile fissare l'apparato teorico di un problema posto in termini sperimentali e apprezzare i giusti limiti di una teoria e della sua applicazione.

Il progresso intuitivo da Keplero a Newton è consistito precisamente in una relativa riclassificazione dei fatti e della teoria. Nella scienza dei Newton e dei Laplace, che i pianeti si spostano rimanendo in prossimità di un piano comune è solo un dato di fatto; ce ne si renderà conto determinando un fatto antecedente che sarà cercato nella storia della nebulosa; al contrario, che i pianeti descrivono delle ellissi su questo stesso piano è la traccia di una legge.

\*  
\*   \*

[p. 80] La semplicità di espressione matematica della legge doveva anche confermare questo valore intuitivo. L'ideale di semplicità fu spesso invocato in un vero spirito finalistico. Nello specifico, Paul Janet richiama il dibattito tra Clairaut e Buffon<sup>593</sup>. «Clairaut, dice Laplace, sosteneva che la legge di Newton, del reciproco del quadrato delle distanze, non è sensibile che alle grandi distanze, ma che [p. 28] l'attrazione cresce in un più grande rapporto quando la distanza diminuisce. Buffon attaccava questa conseguenza basandosi sul fatto che le leggi della Natura devono essere semplici, che esse non possono dipendere che da un solo modulo, e che la loro espressione non può contenere che un solo termine. Ora Clairaut riconobbe che spingendo oltre il calcolo, la legge esprimeva rigorosamente il risultato delle osservazioni» e Paul Janet conclude con Laplace: «Fu il metafisico ad avere questa volta ragione contro il geometra».

La fecondità della deduzione che deve ritrovare delle leggi tanto semplici quanto le leggi di Keplero è in tutta evidenza legata al carattere molto semplice dell'ipotesi dell'attrazione in

---

<sup>593</sup> P. Janet, *Les causes finales*, Paris, Librairie Germer Baillière et Cie, 1876, p. 282.

rapporto esattamente inverso al quadrato delle distanze. È un fatto di grande portata matematica e di grande profondità che la funzione primitiva di  $\frac{1}{r^2}$  sia  $-\frac{1}{r}$  poiché siamo debitori a questa relazione di tutta la teoria semplice e pratica [*maniabile*] del potenziale newtoniano. Le relazioni della funzione  $\frac{1}{r}$  con il logaritmo sono l'occasione di una nuova ricchezza di deduzioni per le applicazioni che utilizzano le ipotesi dell'attrazione newtoniana.

Con Newton, alla nascita stessa della Fisica matematica, si vedono dunque costituirsi intuitivamente i [p. 81] quadri *a priori* di una [p. 29] vera e propria matematizzazione del reale. Se si esamina, del resto, il problema dell'applicazione delle ipotesi newtoniane a casi meno precisi dei movimenti planetari – per esempio al caso degli esperimenti fatti sull'elettricità statica e soprattutto sul magnetismo – non si può evitare d'essere colpiti dalla preoccupazione di mantenere, nella sua semplicità, l'espressione algebrica dell'attrazione newtoniana. Come dice Wilbois, la legge di Coulomb che fissa un'attrazione elettrica in rapporto inverso al quadrato della distanza è, piuttosto che una legge, un desiderio di legge. Essa è, sotto il segno di un pensiero algebrico, posta *a priori*.

\*  
\*   \*   \*

Dal lato dell'applicazione numerica, il sistema newtoniano doveva, sotto molti aspetti, sembrare garantito nella sua integrità. Essendo date le perturbazioni planetarie, Newton si era già chiesto se si dovesse modificare la legge ed esaminò quale fosse la sensibilità di una correzione rispetto all'esponente 2 che caratterizza la sua ipotesi. Perciò dimostrò che se si aumentava di  $\frac{1}{60}$  soltanto il coefficiente due della legge sarebbe risultato per metà rivoluzione, dal perielio all'afelio della Terra, un avanzamento di 1°30', cosa che era assolutamente incompatibile [p. 30] con le osservazioni<sup>594</sup>. Newton viveva in un tempo in cui il dominio della precisione appariva di una profondità limitata e poteva trovare nell'estrema sensibilità matematica della sua legge una ragione sufficiente del suo rigore.

Infine, l'applicazione unica dell'ipotesi newtoniana sembra a prima vista sufficiente per sostenere tutto il processo di approssimazione e l'approssimazione presenta in questa [p. 82] ipotesi una specie di omogeneità qualitativa molto notevole. Infatti, mentre, nelle dottrine relativistiche, l'approssimazione più spinta suscita qualità del tutto nuove – richiedendo ad esempio che si sostituiscano quadri riemanniani ai quadri euclidei –, nel sistema di Newton è sempre la stessa ipotesi che semplicemente si pone a diversi livelli. In effetti, nello spirito

<sup>594</sup> Vedere *Cours d'astronomie de Faye*, t. II, p. 135. Faye trova la risposta di Newton perentoria e conclude (1883) che «la legge dell'attrazione non è suscettibile di modificazione».

della scienza newtoniana, i problemi dell'applicazione della legge sembrano essere separati in modo assolutamente irriducibile dal problema della determinazione della legge. In altri termini, nelle applicazioni più complicate, i principi e le forme algebriche dell'attrazione newtoniana devono conservare la loro perfetta purezza. Se, nell'applicarli, si rivelano alcune fluttuazioni, *ci si vieterà di [p. 31] portare fino al principio iniziale lo sforzo di rettificazione*. Nelle perturbazioni planetarie, ad esempio, si procederà a una applicazione in qualche modo raddoppiata delle stesse forme, tenendo progressivamente conto dell'azione dei corpi in presenza, ordinando in serie attrazioni interamente newtoniane e limitandosi a fissarle con coefficienti adeguati che permetteranno alla fine di piegare le serie finché esse non aderiscano ai fatti. Ma, nella generalità dei casi, il formalismo fondamentale resterà evidentemente senza eccezione, senza correzione. Questo carattere di auto-rettificazione è stato notato da Léon Bloch: «È uno dei caratteri originali della legge di gravitazione universale quel perfezionamento successivo di cui essa è suscettibile. Prima di Newton, non si conosceva legge che potesse in tal modo completarsi da se stessa. I teoremi di Descartes sui movimenti celesti erano necessariamente falsi o necessariamente veri. Non potevano essere ammessi come prima approssimazione a meno che le [p. 83] disuguaglianze di osservazione non fossero spiegate attraverso un'applicazione degli stessi teoremi»<sup>595</sup>.

[p. 32]

#### IV

Una tale forza di penetrazione delle approssimazioni newtoniane rende infine più sorprendenti le resistenze improvvise di certi fatti. L'avanzamento del perielio di Mercurio può servire da simbolo a questo scandalo della ragione. Le Verrier dichiara proprio all'inizio del suo libro:

«Nessun pianeta ha richiesto agli Astronomi più attenzioni e cure di Mercurio, e ha dato loro come ricompensa tante inquietudini, tante contrarietà. Paragonandole a quelle di cui il mercurio terrestre era la fonte per gli alchimisti, Riccioli non ha fatto che esprimere l'opinione degli Astronomi del suo tempo, e quella dei suoi predecessori. Se conoscessi qualcuno, dice Moestlinus, che si occupasse di Mercurio, mi sentirei obbligato a scrivergli per consigliargli caritatevolmente di impiegare meglio il suo tempo. Gli Astronomi che, dai tempi di Moestlinus e Riccioli, hanno avuto la sventura di occuparsi della teoria di Mercurio, in particolare Lalande, hanno dovuto più di una volta condividere il loro parere»<sup>596</sup>.

Ancora oggi l'era delle difficoltà non è chiusa e sembra più difficile che mai apportare all'insieme del mondo solare [p. 33] un piano generale di correzioni newtoniane. Esaminiamo dunque, a proposito del movimento di Mercurio, le difficoltà epistemologiche sollevate dall'enorme problema [p. 84] delle perturbazioni astronomiche. Così, potremo comprendere

<sup>595</sup> L. Bloch, *La philosophie de Newton*, Paris, Alcan, 1908, p. 303.

<sup>596</sup> Le Verrier, *Théorie du mouvement de Mercure*, Bachelier, Bureau des Longitudes, 1845, p. 4.

la portata della rettificazione relativistica solo se ci siamo anzitutto resi conto dei tentativi di rettificazione newtoniana.

Indipendentemente dalla Relatività, si è tentato di trovare la spiegazione di queste perturbazioni seguendo due vie molto differenti:

o si tenta di rettificare la stessa legge di Newton;

oppure si modificano solo le condizioni della sua applicazione.

Senza pretendere di essere esaustivi, proviamo a descrivere questi due procedimenti di rettificazione che hanno rispetto al dinamismo epistemologico significati così divergenti.

\*  
\*   \*

Poiché a rigore i pianeti non si muovono su ellissi fisse e chiuse, non bisogna forse mettere la causa perturbante sullo stesso piano della causa generale e abbandonare la semplice forma algebrica della legge di attrazione? È ciò che ha fatto un astronomo profondamente legato alla precisione delle osservazioni. Asaph Hall, prendendo come base le osservazioni, determina (1895) il valore empirico del coefficiente che [p. 34] dovrebbe sostituire l'esponente 2 dell'attrazione newtoniana. Egli trova 2,0000001612 (numero rettificato da Newcomb). Questa correzione, che supera appena il  $10^{-7}$ , è ben lontana dall' $\frac{1}{60}$  assicurato dal dogmatismo teorico di Newton. Essa rientra, all'incirca, in questa zona di accentuata precisione in cui molte teorie moderne, come abbiamo fatto notare, assumono improvvisamente una nuova configurazione. È dimostrato che questa nuova legge non introduce sensibili disuguaglianze secolari sulle altre caratteristiche delle orbite, ma tocca solo i perielii che si trovano avanzati pressoché in accordo con le osservazioni, che si tratti, in [p. 85] particolare, di Mercurio o di Marte. Newcomb credeva anche di trovare nella legge di Hall una spiegazione dell'avanzamento del perigeo della Luna. Ma in seguito alle ricerche moderne è stata proposta una nuova teoria della Luna e si è riconosciuto che non si poteva applicare la legge di Hall al movimento della Luna se non modificando la costante universale dell'attrazione tra la Terra e il suo satellite. Si è dunque evidentemente sulla china dell'empirismo assoluto. Ogni caso richiede una correzione speciale. Non soltanto la correzione è complessa, ma essa non è assolutamente determinata, poiché ci sono casi in cui due incertezze empiriche interferiscono. Ciò giustifica pienamente la conclusione di [p. 35] Jean Chazy<sup>597</sup>. Gli Analisti proverebbero una vera ripugnanza «a distruggere la bella semplicità della legge di Newton per introdurre nella legge di attrazione un esponente della distanza complessa e indeterminata».

---

<sup>597</sup> J. Chazy, *La théorie de la Relativité et la Mécanique céleste*, op. cit., p. 223.

A dire il vero, la rettificazione dell'esponente non è la sola concepibile e ci si potrebbe domandare se l'ideale di semplicità newtoniano corrisponda davvero, matematicamente parlando, a una ragione sufficiente. Così uno dei più importanti teoremi sull'attrazione è forse quello in cui Newton dimostra che un sottile guscio sferico non esercita alcuna azione su una particella posta al suo interno, alla sola condizione che si abbia a che fare con una attrazione o con una repulsione inversamente proporzionale al quadrato della distanza. Cavendish ha riassunto perfettamente le conseguenze di questo teorema. «Da questa dimostrazione, dice, segue che se la repulsione varia inversamente secondo una potenza della distanza maggiore del quadrato, la particella [p. 86] sarà spinta verso il centro; e se la repulsione varia inversamente secondo una potenza della distanza inferiore al quadrato, questa particella sarà spinta verso la periferia». Todhunter, dal quale mutuiamo questa citazione di Cavendish, aggiunge con acutezza:

«Se si impone alla legge dell'attrazione [p. 36] o della repulsione di essere quella di una semplice potenza della distanza, segue che una particella non sarà a riposo quando sarà situata in un punto qualsiasi all'interno del guscio sferico, a meno che la legge non sia quella dell'inverso del quadrato. Ma questa conclusione non si applica se si presume che la legge sia semplicemente espressa da una certa funzione della distanza, come per esempio  $hr^m + kr^n$ , dove  $r$  indica la distanza e le altre lettere delle costanti»<sup>598</sup>.

In realtà, limitandosi al problema precedente, si può notare che Laplace ha stabilito delle leggi di forza del tipo in questione dove  $m = 1$  e  $n = -2$ ,\* tale di conseguenza che:  $Ar + \frac{B}{r^2}$ . Imponendo la condizione che l'azione si annulla all'infinito, Laplace conclude che  $A = 0$  e ritrova così la legge di Newton<sup>599</sup>. Ma questa condizione supplementare non può sempre valere in tutte le applicazioni e qui ci troviamo in presenza di un principio epistemologico sul quale ritorneremo più volte: bisogna, crediamo, riportare le condizioni di *applicazione* dell'ipotesi sul piano delle condizioni di *formazione* dell'ipotesi. Separando l'epistemologia in due tempi: un tempo teorico e un tempo di applicazione pratica, si rischia di prendere un accordo pragmatico [p. 37] e isolato per un accordo reale e generale. Riguardo al [p. 87] problema attuale, se si trasporta abbastanza facilmente la semplice ipotesi newtoniana nel caso in cui si considerano corpi lontani gli uni dagli altri, se un teorema permette di sostituire, a un astro sferico, il suo centro provvisto di una massa uguale all'intera massa, non accade lo stesso quando i corpi in presenza hanno forme differenti e sono molto vicini tra loro. Così uno dei problemi più difficili è stato fissare i caratteri dell'attrazione di un ellissoide. C'è voluto

<sup>598</sup> I. Todhunter, *A history of the mathematical theories of attraction and the figure of the earth*, London, MacMillan and Co, 1873, t. I, p. 449.

<sup>599</sup> Vedere *Oeuvres de Laplace*, t. I, Paris, Imprimerie Royale, 1843, p. 159 sgg.

\*[Nell'edizione del 1929, p.36: “ $n = -2$ ”; nell'edizione 2014 p.86: “ $n = 2$ ”. Qui ci si attiene all'edizione del 1929].

quasi un secolo per risolverlo. D'altra parte, all'interno di una nebulosa, le condizioni dell'applicazione appaiono decisamente capaci di reagire sull'ipotesi stessa. Soprattutto Faye è stato portato a immaginare una evoluzione della legge di attrazione che segue l'evoluzione fisica della nebulosa. All'inizio, l'attrazione all'interno della nebulosa sarebbe data dalla legge  $Ar$ , poi alla fine, nello stato di risoluzione simile al sistema solare, dalla legge  $\frac{B}{r^2}$ . Ci sarebbe, quindi, un periodo intermedio in cui la legge sarebbe indicata dalla formula di Laplace  $ar + \frac{b}{r^2}$ <sup>600</sup>.

Si è cercato, infine, di rettificare la legge di Newton allontanandosi dalla gravitazione pura, collegando [p. 38] per esempio le leggi dell'attrazione a teorie elettrodinamiche, al magnetismo... Ma queste leggi sono tutte di costruzione più o meno arbitraria. Esse implicano un vero finalismo della spiegazione, mirano soprattutto a render conto di un tema empirico. Non sorgono/emergono per vie induttive o logiche da un pensiero newtoniano e, ad ogni modo, lasciano inspiegato il successo per lo meno provvisorio della legge fondamentale di Newton. Infine, con il loro stesso numero, tutte queste leggi provano che le correzioni che apportano [p. 88] variazioni alla legge di Newton non soddisfano né il pensiero, né l'osservazione.

È quindi da tutt'altro punto di vista che bisognerà porsi per spiegare la coordinazione del mondo ritrovando e informando l'immensa riserva delle osservazioni.

\*  
\*   \*  
\*

Vogliamo, dunque, esaminare ora la seconda categoria dei tentativi di utilizzare senza modifiche la legge di Newton riportando alle sole condizioni della sua applicazione il compito di spiegare le perturbazioni.

Per render conto dell'avanzamento del perielio di Mercurio, Le Verrier propone dapprima l'esistenza di un pianeta sconosciuto, seguendo al riguardo l'ispirazione che, in un caso simile, l'aveva condotto [p. 39] alla scoperta di Nettuno. Ma questo pianeta non si presenta in nessuna osservazione. Essendo data la precisione con la quale il calcolo delle perturbazioni permette di fissare gli elementi della sua orbita, è altamente improbabile che esso sfugga all'attenzione degli astronomi. Bisogna rigettare questa ipotesi. La stessa cosa avviene per l'ipotesi di un satellite di Mercurio. Si è tentato ancora di attribuire la perturbazione di Mercurio all'azione di una materia diffusa che sembra occupare il centro del sistema solare ed

---

<sup>600</sup> Vedere H. Poincaré, *Leçons sur les hypothèses cosmogoniques*, Paris, Hermann, 1913, p. 71.

essere la causa della luce zodiacale. Ma non sembra che questa materia possa avere una massa sufficiente per render conto dei fenomeni.

Si vede, peraltro, che tutte queste supposizioni rientrano in uno stesso metodo. Tendono a trasformare una descrizione cinematica dei movimenti celesti in una descrizione dinamica. Ma, dall'una all'altra, che declino nella precisione! D'altronde, come andare, conservando la precisione, dalla cinematica di un astro reale alla cinematica di un astro supposto se si passa per il tramite di diverse masse così poco conosciute da essere quasi arbitrarie? Non si potrebbe [p. 89] prendere a questo riguardo un esempio più tipico di quello di Mercurio. «Per dare un'idea dell'ignoranza in cui ci si trovava (nel 1845) riguardo al valore della massa di Mercurio, dice Jean Chazy<sup>601</sup>, indichiamo che [p. 40] Le Verrier dà la giustificazione seguente del valore provvisorio 1: 3000000 (essendo la massa del Sole presa per unità, quella di Mercurio sarebbe tre milioni di volte più piccola). Laplace aveva notato che le densità della Terra, di Giove e di Saturno sono in sostanza inversamente proporzionali alle loro distanze dal Sole, ed estendendo a Marte e a Mercurio la stessa legge, che non è valida né per Venere né per Urano, aveva dedotto dai diametri apparenti un valore vicino a 1: 2000000 per la massa di Mercurio. Le Verrier riduce questo valore a 1: 3000000 in considerazione delle perturbazioni che Mercurio ha fatto subire alla cometa di Encke al momento del passaggio di questa cometa al perielio nel 1838. Così Le Verrier dice più volte nelle sue Memorie che la massa di Mercurio è più o meno arbitraria». Si è dunque chiaramente impegnati in correzioni unicamente empiriche. Il fatto che si mantenga la legge di Newton intatta non deve illudere. Anche nell'ambito di questa legge resta posto per l'arbitrario e si determina la causa in relazione all'effetto senza prendere realmente contatto con questa causa. I risultati di un tale metodo, se non sono immediatamente collegati tramite una serie di diversi controlli incrociati, restano formali.

Questo carattere di spiegazione empirica è ancora più evidente in una ipotesi con la quale vogliamo concludere questo esame dei tentativi di [p. 41] correzioni newtoniane. [p. 90] Newcomb ha proposto di spiegare l'avanzamento del perielio di Mercurio con un leggero schiacciamento del globo solare. Si dimostra in effetti che l'attrazione di uno sferoide schiacciato decresce più rapidamente di quanto non lo indichi la legge dell'inverso esatto del quadrato. Ritroviamo, dunque, i risultati ottenuti attraverso la correzione di Asaph Hall. Così, si supponga semplicemente uno schiacciamento del globo solare, ed ecco la legge di Newton corretta, non in linea di principio, ma nella sua applicazione. Essa resta assolutamente vera da punti materiali a punti materiali. Responsabile della perturbazione è solo il raggruppamento di

---

<sup>601</sup> J. Chazy, *La théorie de la Relativité et la Mécanique céleste*, op. cit., p. 147.



punti in una forma non totalmente sferica. La spiegazione mantiene dunque i suoi semplici schemi, tocca il fatto senza offuscarsi, lascia al fatto tutte le ragioni di complessità. Ma questa conquista di un'epistemologia chiara è davvero solida? Resta evidentemente, in senso inverso, da calcolare lo schiacciamento del Sole in funzione dell'avanzamento del perielio e riferirsi alle osservazioni. È solo a questa condizione che la spiegazione numerica completerà il ciclo iniziato con la spiegazione teorica. Newcomb ha, quindi, dedotto uno schiacciamento che non supererebbe di tanto la quattro-millesima parte del diametro. Ma l'osservazione (sebbene molto dettagliata) non conferma affatto questo schiacciamento. Il successo numerico è dunque lontano dall'essere reciproco. Dovrebbe [p. 42] del resto ripetersi e permettere di fissare avanzamenti analoghi per i perieli degli altri pianeti. Senza dubbio questi ultimi perieli sono difficili da fissare mediante l'osservazione a causa della poca eccentricità delle orbite e ci si rende conto che lungo tutta la deduzione si perde a poco a poco ogni controllo preciso. La correzione di Newcomb, come le altre, cade così sotto l'obiezione di invocare una quantità occulta. C'è, ancora una volta, un finalismo numerico che deve sembrare artificiale.

[p. 91] Così, in qualunque momento si intraprenda la rettifica, sia che si tratti del principio fondamentale della gravitazione o soltanto in merito al problema della sua applicazione, bisogna sempre arrivare a introdurre l'empirismo nella costruzione newtoniana. Questa costruzione non completa dunque il suo slancio teorico. Newton non ha forse pensato che Dio stesso si scontrerebbe con questo empirismo invadente? «Egli credeva, dice Arago<sup>602</sup>, che una mano potente dovesse intervenire di volta in volta per riparare il disordine». Questo disordine è in fondo, nell'accezione di Bergson, un ordine mal compreso. Si è equiparata la generalità a una teoria dei fenomeni d'insieme; non si è visto che essa aveva inizialmente il suo posto nel fenomeno particolare [*phénomène de détail*]. Il problema delle perturbazioni deve [p. 43] essere associato al problema iniziale delle traiettorie; questi due problemi sono entrambi così istruttivi, così indicativi. Bisogna cogliere i loro legami reciproci. Non sarà uno dei caratteri meno meravigliosi della Relatività quello di avere apportato un sistema suscettibile allo stesso tempo di una estrema generalità e di una applicazione sufficientemente fine, sufficientemente complessa da contenere nei suoi quadri generali i fenomeni aberranti.

---

<sup>602</sup> F. Arago, *Notices scientifiques*, t. III, Paris, Librairie des sciences naturelles, Théodore Morgand, p. 475.

Esaminiamo, dunque, ciò che ci sembra veramente nuovo nel problema dell'applicazione delle teorie relativistiche.

Ponendosi dal punto di vista delle approssimazioni – punto di vista al quale si è costretti ad arrivare per giudicare una teoria [p. 92] fisica – non si vede nulla nel sistema di Newton che possa far prevedere il sistema di Einstein e ridurre così la novità veramente trascendente del sistema moderno. Nessuna via d'inferenza permette di avanzare dal primo al secondo. Se ora si pensa che sul terreno delle applicazioni i tratti della prima approssimazione permangono di solito visibili sotto la seconda, come gli assi di questa rettificazione, [p. 44] senza dubbio non ci si riconoscerà più il diritto di parlare di una relazione di approssimazione tra i sistemi di Newton e di Einstein. D'altronde abbiamo visto fino a che punto le determinazioni newtoniane possano, a conti fatti, essere perfette numericamente. Se il sistema di Einstein mirasse solo a perfezionare il successo numerico, potrebbe forse non valer la pena di sconvolgere le abitudini del nostro pensiero per aumentare la precisione raggiunta nel sistema di Newton.

Ma mostreremo che la rottura tra i due metodi è veramente irrevocabile, e che essi seguono, fin nel loro tentativo di precisione, due ordini di pensiero interamente eterogenei. In effetti, non soltanto noi non siamo riusciti a stabilire alcun metodo per elevarci da Newton a Einstein, ma anche la relazione inversa che ritroverebbe il sistema di Newton in virtù di un'approssimazione effettuata a partire dal sistema di Einstein ci sembra davvero mal definita dalla parola approssimazione.

Dall'uno all'altro sistema, non si tratta infatti di trascurare decimali, di portare la semplificazione in seno a una specie di materia numerica, che si presenterebbe con omogeneità, come una quantità pura. Si ha a che fare al contrario con una semplificazione di ordine qualitativo. Non è una *parte di una cosa* che il sistema newtoniano trascura, questo sistema trascura un'altra cosa. [p. 45] E ciò che viene trascurato rischia [p. 93] di rendere irriconoscibile il problema. Ignorando una curvatura, il sistema misconosce un carattere essenziale.

Si potrebbe obiettare che tra la legge di Van der Waals e quella di Mariotte, che danno entrambe, ad approssimazioni differenti, la legge della compressibilità dei gas, ci sono comunque caratteri come il co-volume che la legge semplice lascia da parte. Ma almeno il ruolo di questo carattere rimane interamente correttivo, esso è postulato proprio per render conto dell'aberrazione della legge fine intorno alla legge semplice. Questo mezzo di spiegazione complementare non penetra fino al principio della spiegazione fondamentale:

diminuendo il volume lasciato disponibile alle molecole, la considerazione del co-volume non cambia in nulla il ruolo del volume quale appare già nella legge primitiva.

La situazione è ben diversa per quanto riguarda il sistema di Einstein. In effetti la seconda approssimazione non svolgerà semplicemente un ruolo correttivo, ma porterà le sue trasformazioni fin nell'intimità del sistema. Si tratta di un carattere molto speciale sul quale vorremmo attirare l'attenzione del filosofo.

In effetti, si può dire che è attraverso l'osculazione fine che la Relatività spiega tutto. Non soltanto il differenziale ha la precedenza sull'integrale, ma è solo in seconda approssimazione che [p. 46] i fatti fisici manifestano la loro presenza, in quanto la prima approssimazione è solo un'organizzazione soggettiva di quadri. In altre parole, l'intero sistema, nella misura in cui comprende i fatti, si basa sulla deroga alle informazioni newtoniane o galileiane o, per usare un'altra espressione, è attraverso il divario con i caratteri galileiani che il sistema conquista la Realtà. Un esempio decisivo deve, crediamo, illuminare questa posizione paradossale dell'epistemologia relativista. Lo mutueremo da una applicazione particolare molto semplice della [p. 94] formula di Schwarzschild. Se si considera questa formula nel caso del campo di gravitazione di un centro materiale isolato, si trova per il termine di spazio dell'elemento d'intervallo:

$$dl = \frac{1}{\sqrt{\gamma}} dr$$

essendo  $r$  la coordinata radiale di un sistema di riferimento polare, coordinata che da sola figurerà se cominciamo a misurare lo spazio nella direzione stessa della particella materiale. È il termine  $\gamma$  che contiene la costanza della gravitazione newtoniana e la contiene in modo tale che questo termine si confonde con l'unità se questa costante newtoniana può essere trascurata. È precisamente ciò che accade lontano da ogni materia in una regione dove i caratteri euclidei riprendono tutta la loro purezza. Del resto, quando  $\gamma$  non è uguale all'unità, è estremamente poco [p. 47] differente dall'unità. Pertanto, aggiunge Becquerel, «è questo debole scarto che determina *tutti* i fenomeni della gravitazione»<sup>603</sup>. Così, dal punto di vista algebrico, il sistema di Einstein non trova la gravitazione se non attraverso una leggera aberrazione dalle forme in certo qual modo a priori dello spazio-tempo euclideo.

Ma il paradosso non è ancora finito. Assume addirittura tutt'altro carattere quando si vuole ritrovare, a partire dalla meccanica relativistica, il punto di vista newtoniano. La meccanica newtoniana richiede infatti uno spazio assolutamente euclideo. E tuttavia, partendo dal sistema di Einstein, se ci poniamo in uno spazio-tempo euclideo, non c'è più campo di gravitazione, di conseguenza nessuna attrazione newtoniana. Il passaggio al limite, sul terreno

---

<sup>603</sup> J. Becquerel, *Le principe de la Relativité et la théorie de la gravitation*, Paris, Gauthier-Villars, 1922, p. 229.

stesso delle [p. 95] approssimazioni, è dunque vizioso e la legge di Newton non può che essere un arresto *del tutto fittizio* dell'approssimazione einsteiniana. Visto dal centro panoramico einsteiniano, il sistema di Newton appare in una vera e propria inesattezza qualitativa malgrado la sua grandissima esattezza quantitativa.

Questo è un fatto analogo all'alterazione di una equazione differenziale mediante l'intervento di un termine molto piccolo e persino evanescente. [p. 48] Abbiamo mostrato altrove<sup>604</sup> che questo termine, insignificante numericamente, può cambiare, completamente, la natura analitica della soluzione. Ciò dimostra che l'ordine di importanza numerica non permette di giudicare in anticipo dell'importanza teorica e che la quantità stessa ha i suoi dettagli che possono contraddistinguerla profondamente. In complessi di diverse quantità, è possibile una reazione che va dal piccolo al grande, anche numericamente parlando. Quindi le vie di un'approssimazione devono prevalere sui risultati di questa approssimazione. Bisogna soprattutto vedere come si organizza il successo numerico. In quest'ottica, è ora impossibile non essere sedotti dalla lunga e luminosa costruzione einsteiniana.

Ricollocata allora di fronte o meglio al centro della sintesi einsteiniana, la costruzione di Newton non rappresenta più che uno stato della valutazione numerica. Per contro, presa separatamente, questa costruzione perde il suo valore realistico per conservare solo un valore pragmatico. Staccata dal sistema generale, sembra che i legami che la uniscono si allentino, o quantomeno non se ne vede più il senso, non se ne prova più la forza. La corrispondenza del reale al matematico diventa [p. 96] un fatto e quasi un fatto senza ragione; questa corrispondenza è semplicemente affermata [p. 49] nel "come se" che questa volta si oscura lasciando la posizione centrale della dottrina, poiché occorrono mutilazioni estremamente numerose per trovare la semplice forza newtoniana mediante l'analisi dei simboli di Christoffel, che soli sono suscettibili di costituire la realtà nella sua totalità e di conseguenza nella sua verità. Questa oscurità di un'approssimazione che vale solo più per il suo pragmatismo si propaga in tutto il sistema improvvisamente privato della chiarezza data *dalla totalità dei riferimenti reciproci*. Ed è il sistema di Einstein, per quanto difficile ne appaia dapprima l'espressione matematica, che, riflettendo in tutti i sensi la sua luce, finisce per guidare chiaramente l'analisi e per presentare nel suo vero posto, sotto il suo vero aspetto, nella sua funzione di semplice approssimazione, il sistema newtoniano.

Il carattere chiuso, la povertà di induzione che abbiamo dovuto riconoscere a quest'ultimo sistema proviene forse in parte dalla rapidità con la quale la teoria vi si risolve in dati numerici. Forse non è un caso che l'ipotesi newtoniana abbia portato, nel problema delle

---

<sup>604</sup> Vedere Bachelard, *Essai sur la connaissance approchée*, Paris, Vrin, 1928, p. 133.

perturbazioni, a serie divergenti, i cui primi termini seguivano però innanzitutto l'andamento della convergenza. Il pragmatismo della misura può senza dubbio accettare di basarsi sui termini iniziali di tali serie. Ma la vera individualità di uno sviluppo in serie risiede all'altra estremità, [p. 50] nel resto infinito dei termini evanescenti. È qui che sono inscritte le leggi dello sviluppo. Allo stesso modo, il numero troppo presto utilizzato può perturbare e bloccare il gioco di diverse quantità. Uno dei principali vantaggi delle dottrine della Fisica contemporanea è che esse riservano più a lungo e il più completamente possibile la qualità soffocata numericamente. Preparano [p. 97] così occasioni di fruttuose inferenze. Prevengono anche gravi errori, poiché una variabile soffocata può tutt'a un tratto manifestare la sua presenza con un carattere specifico e, grazie al gioco di una semplice trasformazione, questa variabile può riprendere un ruolo chiaro e importante. È in una tale atmosfera di generalità che si potranno stabilire metodi induttivi, tanto necessari allo sviluppo della Fisica matematica.

## I

Abbiamo cercato di mostrare che il sistema newtoniano costituiva un corpo di spiegazione chiuso su se stesso, animato dall'ideale deduttivo di una geometria compiuta. Al contrario, la ricchezza inferenziale della disciplina einsteiniana non può mancare di colpire l'attenzione quando se ne seguano il dettaglio e lo sviluppo. Ciò è evidente nelle estensioni successive della dottrina, ma è già visibile e più caratteristico nel movimento intimo, progressivo, della sistematizzazione. Del resto, non si tratta soltanto di una ricchezza nell'occasione, di una estensione che cercherebbe di inquadrare la prodigalità di un'esperienza affinata. La fonte è più profonda, anima un flusso più costante. [p. 52] Al punto che si può dire, crediamo, che il valore di inferenza [p. 99] è uno dei caratteri più profondi, anche più curiosi, del pensiero einsteiniano.

L'induzione è, qui più che altrove, il movimento stesso del sistema, è l'invenzione che passa al rango di un metodo. Non si vede se non perché si prevede. L'istruzione che può dare il reale è così, in Relatività, essenzialmente indiretta. In primo luogo si deve innanzitutto cercare *il generale* attraverso le vie induttive. Si prova allora la realtà per mezzo della generalità; in altri termini, si studiano i caratteri intimi dell'essere individuandone la vera estensione.

Si può presentare questa conquista induttiva della Realtà sotto forma di un principio di grande portata filosofica che si potrebbe enunciare così: quel che può essere generalizzato è quel che deve essere generalizzato, è quello stesso che porterà a compimento la nostra conoscenza della Realtà. Detto altrimenti, le vie della generalizzazione ci sveleranno elementi del reale che sfuggirebbero a uno studio approfondito del caso particolare, sempre affetto da relatività. La diffidenza nei confronti del relativo è molto vicina alla diffidenza verso il particolare. È lo stesso errore che ci fa prendere da un lato il particolare per il generale e dall'altro il relativo per l'assoluto.

Se si riflette ora sul fatto che ogni conoscenza intuitiva tende a porre anzitutto il suo oggetto [p. 53] come particolare e assoluto, si comprenderà che la Relatività deriva da un pensiero secondo, da una riflessione e che questa riflessione cerca a un tempo di distinguere tra l'assoluto e il relativo, tra il particolare e il generale.

Se il pensiero relativistico nasce da una riflessione, non è più soltanto la materia della conoscenza che spinge all'induzione, ma lo sviluppo stesso della forma che si applica a questa materia. È su questa induzione formale che dobbiamo ora richiamare l'attenzione.

[p. 100]

## II

Le forme matematiche non sono in primo luogo sufficientemente coordinate nel senso che esse non sempre forniscono la necessità del loro impiego. Il primo compito è allora di fondere queste forme diverse in una necessità continua e di portarle in uno stato di perfetta connessione. In altri termini, ci sono fattori contingenti nella matematica stessa; questi fattori nuocciono all'estensione dei quadri matematici e di conseguenza all'oggettività di questi quadri; bisogna dunque rimuovere questa contingenza per poter toccare la matematica del reale.

[p. 54] Sembra d'altronde che la separazione tra il particolare e il generale sia, in matematica, tra le più difficili. Infatti, l'oggetto particolare è, in quanto oggetto astratto, di un'applicazione generale perfetta. Qualitativamente parlando, c'è solo un cerchio, una sfera, un piano. La molteplicità degli enti un po' più complessi nasconde a malapena i loro caratteri generali. Se, per esempio, il genere degli ellissoidi a tre assi disuguali sembra suscettibile di ricevere varietà triplicemente infinite, ci si rende conto che si può staccare completamente il quantitativo dal qualitativo e mantenere tutte le proprietà specifiche legate a una qualità quasi unica che si ritrova per mezzo del principio delle deformazioni continue. Nella qualità, nel carattere topologico – che è il carattere primordiale – la generalità appare uniforme e saldamente assicurata. Occorrerà dunque un grande sforzo per determinare delle classi in questa generalità!

Una seconda obiezione contro la distinzione tra il particolare e il generale nei domini matematici è che questa distinzione è solidale con il punto di vista scelto più o meno arbitrariamente. Così si può classificare l'iperboloide [p. 101] a una falda sia nel genere delle superfici rigate sia in quello delle quadriche. Tutto dipende dallo scopo perseguito; se ora si vuole riservare la stessa libertà di scelta tra l'ellissoide preso come una superficie rigata e immaginaria [p. 55] e l'ellissoide preso come quadrica, sembra che si obbedisca a un principio di classificazione fittizio, che impegna procedimenti di calcolo meccanici e oscuri.

È dunque assai difficile stabilire una gerarchia che valga in assoluto. Sotto molti aspetti, la generalizzazione matematica può essere tacciata di un'essenziale relatività.

In effetti, se ci si riferisce a certi momenti della storia scientifica, ci si accorge che generalizzazioni matematiche che noi consideriamo come del tutto legittime, come ovvie, siano dapprima sembrate completamente artificiali.

Prendiamo, per esempio, l'incorporazione in uno stesso genere delle seguenti curve: cerchio, ellisse, iperbole, sistema di due rette secanti. Questa unificazione è per noi del tutto naturale e lo è da due punti di vista: innanzitutto queste diverse curve si presentano tutte come le sezioni piane del cono; poi, mediante la loro traduzione algebrica, esse si rivelano estremamente simili poiché sono tutte curve di secondo grado. Il primo carattere, che si conosceva da tempo, era tuttavia lontano dal legittimare un accostamento tra curve che, prese singolarmente, apparivano così diverse. Il fatto che fossero tracciate su una stessa superficie non induceva in un primo momento ad associarle più delle curve contenute [p. 56] in uno stesso piano. All'inizio, la possibilità di collocare un'iperbole su un cono non poteva che svolgere un ruolo singolare. Tutti gli altri caratteri che si era abituati a studiare limitandosi al piano dell'iperbole non avevano, sembrava, nessun rapporto con questa possibilità di poggiare senza deformazione su una superficie curva. Bisognò che [p. 102] Desargues, guidato da teoremi interamente nuovi sulla prospettiva, mettesse in corrispondenza le proprietà piane delle curve di secondo grado e il loro posto su uno stesso cono, perché si comprendesse il principio della loro parentela. Rientravano insomma, sotto il rapporto della prospettiva, in uno stesso genere. Non si deve credere che questo accostamento sia stato immediatamente accettato come una scoperta decisiva. Se i Pascal, i Fermat ne compresero la grande portata, se Descartes, davanti a una tale ricchezza di generalizzazione, esalta ciò che aveva «consuetudine di chiamare metafisica della Geometria», i detrattori non mancarono. Bisogna riconoscere che si poteva temere di allontanarsi dai caratteri essenziali lasciando la contemplazione di una determinata conica, per giungere a una classificazione in certo modo esterna delle diverse coniche. Essere chiari significava prendere gli enti geometrici nel loro stato di distinzione, in se stessi, accettando le differenze immediate. Alle obiezioni presentate talora nell'epistemologia moderna contro la nozione [p. 57] di curvatura di uno spazio a quattro dimensioni, in cui alcuni vogliono vedere un'immagine reale mentre altri la ritengono una semplice scorciatoia verbale, si poteva opporre una corrispondenza in qualche modo forzata, che era forse solo un semplice principio di traduzione, il semplice dizionario in due lingue per passare dalle proprietà dell'ellisse a proprietà parallele, ma tanto diverse, dell'iperbole. Non si può non pensare al tono di una certa



critica contro le estensioni di senso delle definizioni relativiste leggendo l'opinione di Fermat sui lavori di Desargues. In una lettera al P. Mersenne, Fermat scriveva: «Stimo molto [p. 103] Desargues, e tanto più in quanto è lui solo l'inventore delle sue coniche. Il suo libretto che è considerato, voi dite, un gergo, mi è parso molto intelligibile e molto ingegnoso»<sup>605</sup>.

Il successo della geometria analitica fu meno discusso. Ciò non toglie che molto spesso si vanti la necessità di soluzioni geometriche dirette. Si teme che, attraverso l'incorporazione in forme algebriche, la quantità trionfi sulla qualità, che la traduzione algebrica cancelli il carattere geometrico essenziale. Si ritorna sempre all'intuizione immediata che pretende di sottrarre gli enti matematici al movimento tutto esterno [p.58] della classificazione, che li ricolloca nella loro solitudine, tutti interi in se stessi e di conseguenza senza rapporto l'uno con l'altro, non più nei confronti della generalità che di un altro principio.

Così, sulla base di questo esempio molto semplice delle coniche, si avverte che la generalizzazione creatrice non è né chiara, né immediata. Essa si impone alla convinzione di un'epoca solo attraverso lo sforzo del genio.

### III

Questa difficoltà è forse una delle ragioni della parsimonia delle indicazioni metodologiche riguardo alla generalizzazione matematica. Si troveranno comunque nel libro di Chasles gli elementi della generalizzazione applicata, come metodo, ad alcuni casi semplici. Poiché questo metodo ci sembra molto adatto a preparare le generalizzazioni [p. 104] matematiche della Relatività, ne indicheremo brevemente i principi.

Il metodo di generalizzazione di Chasles si basa sulla distinzione delle proprietà contingenti e delle proprietà principali degli enti geometrici.

«Intendiamo per proprietà [p. 59] intrinseche e permanenti quelle che servirebbero, in ogni caso, alla definizione e alla costruzione delle parti della figura che abbiamo chiamato *integranti* o *principali*, mentre le proprietà *secondarie* e *contingenti* sono quelle che possono scomparire e divenire immaginarie, in certe circostanze di costruzione della figura. La teoria dei cerchi tracciati su un piano ci offre un esempio di questa distinzione che facciamo tra le proprietà *accidentali* e le proprietà *permanenti* di una figura. Il sistema di due cerchi comporta sempre l'esistenza di una certa retta, la cui considerazione è molto utile in tutta questa teoria dei cerchi. Occorre dunque definire questa retta e costruirla mediante qualcuna delle sue altre proprietà, che abbia luogo in tutti i casi di costruzione generale della figura, o del sistema dei due cerchi. Questa sarà una delle sue proprietà *permanenti*. È attraverso queste considerazioni che Gaultier, anziché

---

<sup>605</sup> *Oeuvres de Fermat, Correspondence*, Paris, Gauthier Villars, 1894, p. 173.

chiamare questa retta la corda comune dei due cerchi, l'ha chiamata *asse radicale*; espressione attinta da una proprietà *permanente* di questa retta, che consiste nel fatto che le tangenti ai due cerchi, condotte per uno qualsiasi dei suoi punti, sono uguali tra di loro e, di conseguenza, ogni punto di questa retta è il centro di un cerchio che taglia ortogonalmente i due cerchi proposti»<sup>606</sup>.

[p. 105] Si vede dunque che alcune proprietà collegate non sono [p. 60] necessariamente solidali. Una retta che non può più essere tracciata sulla base del carattere comune dei due cerchi conserva il suo significato rispetto alle tangenti dei suoi diversi punti. Infatti, dal punto di vista pedagogico, è alla nozione di corda comune che sarà più opportuno riferirsi; per tracciare effettivamente l'asse radicale, si ricorrerà anche a combinazioni di cerchi secanti. Ma l'ordine della generalità invertirà l'ordine di costruzione: due cerchi isolati, senza punti in comune, saranno messi in rapporto stretto e profondo quando si considererà una nozione come l'asse radicale nella sua estensione massima, nella sua funzione più generale.

Nello stesso ordine di idee, Chasles ha studiato la nozione di immaginario in Geometria. Egli passa dal reale all'immaginario attraverso un'estensione metodica di cui la Relatività ci darà numerosi esempi. Chasles si esprime così.

«Si può considerare l'espressione di *immaginario* solo come indicante uno stato di una figura in cui certe parti, che sarebbero reali in un altro stato della figura, hanno cessato di esistere. Perché non ci si può fare un'idea di un oggetto immaginario se non rappresentandosi nello stesso tempo un oggetto della [stessa] specie, in uno stato di esistenza reale; di modo che l'idea di *immaginario* sarebbe [p. 61] vuota di senso, se non fosse sempre accompagnata dall'idea attuale di una esistenza reale dello stesso oggetto al quale la si applica. Sono, dunque, le relazioni e le proprietà che abbiamo chiamato *contingenti* a fornire la chiave degli *immaginari* in Geometria»<sup>607</sup>.

[p. 106] Questo pensiero è di una semplicità ingannevole. Appare, allorché si riflette su di esso, carico di senso e di consiglio. Esso racchiude quello che si potrebbe chiamare il principio pedagogico dell'immaginario matematico. Questo principio ci sembra segnato dall'impronta di una induzione così audacemente estensiva da poter sviare uno spirito poco abituato alle libertà matematiche. La difficoltà nel maneggiare l'immaginario – come del resto nel maneggiare la quarta dimensione – sta nel tenere in mente l'esempio reale – come l'oggetto a tre dimensioni – e nel pensare nello stesso tempo l'estensione delle proprietà considerate, sia che questa estensione accosti un mondo immaginario oppure una dimensione supplementare. Gioco difficile e delizioso

---

<sup>606</sup> M. Chasles, *Aperçu historique sur l'origine et le développement des méthodes en géométrie...*, Paris, Gauthier Villars, 1875, p. 205.

<sup>607</sup> *Ibid.*, p. 368.

che coglie nel reale il pretesto del generale. Utilizza l'esempio per oltrepassare l'esempio, chiede all'esperienza stessa, questa compagna dell'abitudine, una lezione di disponibilità di spirito.

Così l'immaginario supera l'immaginazione, fa in qualche modo violenza agli insegnamenti del reale, sostituisce al permanente di fatto il permanente di diritto. Permette di aggiungere il possibile [p. 62] alla realtà, senza rischiare di essere ingannati dall'estensione data ai concetti, poiché designa sempre con un segno distintivo il motivo dell'aggiunta. Riassumendo, l'immaginario è un vero e proprio *operatore di generalizzazione*.

Molti altri esempi di estensione naturale delle proprietà matematiche potrebbero essere facilmente trovati. Ma il nostro scopo non è quello di indicare tutti gli antecedenti della generalizzazione. Lo vedremo all'opera nella Relatività. Riteniamo tuttavia opportuno dimostrare che questo ideale di generalità, sebbene sia uno dei vertici delle dottrine einsteiniane, aveva già da tempo attratto e vivificato il pensiero matematico.

[p. 107]

IV

Ci si accorge fin dal primo colpo d'occhio che le discipline della Relatività non esitano ad affrontare i fenomeni con una matematica inizialmente e quasi volontariamente complicata. Ciò potrebbe a prima vista servire come argomento a una tesi deduttiva, poiché si sente l'interesse di accordarsi un gran dominio di supposizioni per una deduzione feconda. Ma in realtà, questo dominio, prima d'essere sfruttato, deve essere conquistato ed è in questa conquista che si mettono [p. 63] in gioco intuizioni induttive, generalizzazioni, analogie di ordine specificamente matematico, tante occasioni di induzione che vorremmo ora evidenziare.

Anzitutto, il calcolo tensoriale, che gioca il ruolo primordiale in Relatività, persegue sistematicamente la massima ricchezza possibile di variabili. Attraverso il gioco dei suoi indici multipli, esso è pronto a far fronte a tutte le occasioni di variazione. D'altra parte i diversi indici tensoriali si piegano e si dispiegano a volontà in un movimento alterno di generalizzazione e di applicazione. Il generale vi resta sempre presente, sempre tanto chiaro quanto l'esempio. In altri termini, attraverso le sue formule condensate, il calcolo tensoriale arriva a iscrivere la generalità sotto il segno persuasivo del particolare.

Il calcolo tensoriale ci sembra dunque, nella sua essenza, particolarmente adatto a fornire i quadri di una generalizzazione. Dandogli una delle variabili del problema, esso vi saprà associare tutte le altre; le preparerà come forme vuote, come possibilità risvegliate da una specie di istinto della simmetria funzionale, da un genio della generalità. Poi, grazie al semplice movimento di una trasformazione di coordinate, ci si accorgerà che la materia sperimentale inizia a [p. 108] fluire in questi stampi formali, a mettere la vita in questi fantasmi, a equilibrare tutte le variazioni, a esplicitare infine il ruolo del generale.

[p. 64] Si può cogliere questo sorprendente procedimento di generalizzazione alla radice stessa del calcolo tensoriale. Se ne troverebbero tracce, per esempio, in certi sviluppi riguardanti l'elasticità, dottrina che fu, com'è noto, la culla del calcolo tensoriale. Così Barré de Saint Venant<sup>608</sup> mostra il ruolo delle notazioni «che parecchi autori inglesi chiamano *Sylvestrian umbrae*, perché Sylvestre, che le ha impiegate con successo, chiama *ombre di quantità* (*shadows of quantities*) queste specie di notazioni di cui si sono serviti precedentemente, tra l'altro, Cauchy e altri analisti».

La quantità fantasma ha, per così dire, ancora meno sostanza della quantità immaginaria. Infatti, un numero immaginario schematizza ancora un tipo di organizzazione di due numeri reali, simboleggia una serie reale di operazioni ben determinate che agiscono su quantità che si possono misurare, che hanno una esistenza in qualche modo palpabile. La quantità fantasma non esiste né numericamente né formalmente. Essa è prima di tutto un puro nulla. Ed è naturalmente per questo che la si può aggiungere a una quantità numerica. Nulla può impedire di addizionare zero a un numero. Si tratta di un vecchio procedimento spesso [p. 65] impiegato dagli algebristi. Nella semplice risoluzione dell'equazione di secondo grado, per esempio, si aggiunge una quantità che si detrae immediatamente, il che, numericamente, significa addizionare zero a una quantità. Si [p. 109] fa così apparire il quadrato di una somma e si cancella il termine del primo grado. Una estrazione di radice conduce allora al risultato. Ma tali procedimenti restavano, nell'algebra antica, semplici artifici. Il calcolo tensoriale ne ha fatto un metodo. Cercheremo di mettere in luce lo spirito di questo metodo.

Studiamo, per esempio, l'induzione così caratteristica che ci permette di sostituire, in certi casi, la derivata tensoriale alla derivata ordinaria. Si sa che la nozione di derivata tensoriale si è imposta quando si è voluta trovare un'espressione che possedesse i

---

<sup>608</sup> Barré de Saint-Venant, *Mémoire sur la distribution des élasticités autour de chaque point d'un solide ou d'un milieu de contexture quelconque, particulièrement lorsqu'il est amorphe sans être isotrope* (in *Journal de math. de Liouville*, vol. VIII, 1863, pp. 257-295 e 353-430).

caratteri di un tensore e che potesse sostituire, in tutti i suoi ruoli, la derivata ordinaria. Si era infatti riconosciuto che la derivata semplice di un vettore non mantiene la sua forma in nessun cambio di coordinate; in altri termini, sembrava che la derivata ordinaria di un vettore non avesse il carattere tensoriale. Per rispondere allo spirito generale dei metodi tensoriali, occorre dunque aggiungere alla derivata ordinaria dei termini suscettibili di compensare automaticamente i cambiamenti che questa derivata era soggetta in una trasformazione di assi. Vi si pervenne facilmente aggiungendo [p.66] funzioni lineari dei simboli di Christoffel.

Ora, ci sono casi semplici in cui questi simboli sono identicamente nulli; è ciò che accade per le coordinate galileiane. Ciò significa che in coordinate galileiane le derivate covarianti dei tensori si riducono alle derivate ordinarie.

Ecco allora dove si colloca l'induzione. Essa appare nettamente in questo passo mutuato da J. Becquerel.

«Quando una legge fisica è espressa in coordinate galileiane per mezzo di una relazione in cui figurano espressioni che sono visibilmente forme degenerate di tensori e (delle) [p. 110] loro derivate ordinarie, possiamo, sempre in coordinate galileiane, sostituire le forme degenerate con i tensori stessi e le derivate ordinarie con le derivate covarianti; in coordinate galileiane, nulla è cambiato e nello stesso tempo la legge è messa in una forma tensoriale generale. Tale forma è quella richiesta dal principio di relatività, poiché è indipendente dal sistema di coordinate: è certamente l'espressione generale della legge in coordinate arbitrarie in un universo euclideo ed è quasi sempre l'espressione della legge in un universo non euclideo, nell'Universo reale dove regna un campo di gravitazione»<sup>609</sup>.

Come non vedere che queste poche righe [p. 67] contengono l'essenza di un metodo estremamente nuovo, che poggia tutta la sua giustificazione su una relazione generalizzante, tutto il suo movimento su uno slancio induttivo! Ci sono tre momenti in questo metodo:

- 1) Aggiunte puramente formali che non apportano assolutamente nulla nell'ordine della quantità;
- 2) Un gioco algebrico che permette di passare da un caso particolare al caso generale;
- 3) Quindi, una volta conquistata la generalità, un'affermazione che l'invarianza non si applica a un mondo di fantasmi, ma che *quasi sempre*, grazie alla consistenza e la permanenza della sua forma, questa invarianza implica una materia.

---

<sup>609</sup> J. Becquerel, *Le principe de la Relativité et la théorie de la gravitation*, op. cit., p. 168.

Del resto, nel principio di equivalenza di Einstein si troverà più avanti di che assicurare questa induzione avventurosa che pretende, per mezzo di una forma, di conquistare una materia.

**[p. 111]** Si coglierà forse meglio il senso e la portata di questa induzione *algebraica* seguendone l'applicazione a un esempio preciso. Supponiamo di voler determinare l'equazione più generale che regola la propagazione di un potenziale qualsiasi  $\varphi$ .<sup>610</sup> Scegliendo adeguatamente le unità, uno sviluppo classico conduce a un'equazione differenziale del secondo ordine:

$$\square \varphi = -\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x_1^2} - \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x_2^2} - \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x_3^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x_4^2} = 0 \quad (1)$$

**[p. 68]** Si ricaverebbe, facendo  $X_4 = Ct$ , cioè supponendo che la velocità di propagazione sia uguale alla velocità della luce, la forma ben nota del dalembertiano che esplicita il ruolo del tempo e delle variabili di spazio in una propagazione. È con questa formula che si completa il problema della messa in equazione di una propagazione nella fisica matematica prerelativistica.

Posto ciò, vediamo all'opera il metodo di induzione relativistica. L'esame dei coefficienti dei quattro termini del dalembertiano  $\square \varphi$  ci mostra immediatamente che le coordinate del tensore fondamentale relativo agli assi galileiani sono le seguenti:

$$g^{11} = -1 \quad g^{22} = -1 \quad g^{33} = -1 \quad g^{44} = +1$$

tutte le altre  $g^{\mu\nu}$  avendo degli indici  $\mu$  e  $\nu$  differenti non figurano nell'equazione; sono dunque nulle. Quest'ultima osservazione ci fa pensare che la scomparsa delle altre derivate seconde di  $\varphi$  deriva dalla loro moltiplicazione con le  $g^{\mu\nu}$  corrispondenti che sono nulle. Non aggiungiamo, dunque, niente all'espressione (1) ristabilendo tutte le derivate seconde di  $\varphi$  e applicando le derivate prese rispetto a due diverse variabili **[p. 112]** del coefficiente  $g^{\mu\nu}$  corrispondente. Si ha così l'equazione:

$$g^{\mu\nu} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x_\mu \partial x_\nu} = 0 \quad (2).$$

**[p. 69]** È evidente che questa espressione ridà l'espressione (1), poiché le derivate in rapporto agli  $x_\mu$  e  $x_\nu$ , differenti sono annullate dal loro coefficiente. Si sono aggiunte solo delle derivate fantasma, ma si è raggiunta una forma al tempo stesso più generale e più sintetica, anche più puramente algebrica, nel senso che gli assi geometrici del sistema di riferimento hanno perso ogni privilegio.

---

<sup>610</sup> *Ibid.*, p. 169.

In possesso della forma (2), si rifletterà sul punto che  $\varphi$  è uno scalare, che di conseguenza la sua derivata prima è un vettore e che infine la sua derivata seconda perderà il carattere tensoriale. Sappiamo infatti che la derivata di un vettore non è un tensore.

Ma poiché siamo in coordinate galileiane, niente ci impedisce di sostituire alla derivata ordinaria dell'espressione vettoriale  $\frac{\partial \varphi}{\partial x_\mu}$  [in ed.2014, p.112, c'è scritto “ $\partial \xi_\mu$ ” anziché “ $\partial x_\mu$ ”], la derivata tensoriale della stessa espressione. Questo procedimento si riferisce sempre allo stesso metodo. Esso richiede appunto solo l'aggiunta di simboli di Christoffel identicamente nulli in coordinate galileiane. È un complemento puramente formale che non è, a nessun titolo, incluso negli elementi algebrici del problema iniziale. Nessuna deduzione, in particolare, potrebbe condurci a esso con necessità.

Una volta completata l'espressione (2) così [p. 70] dal nulla, possiamo scriverla, sempre in coordinate galileiane:

$$g^{\mu\nu} \varphi_{\mu\nu} = 0 \quad (3)$$

$\varphi_{\mu\nu}$  rappresentando la derivata prima covariante del vettore  $\frac{\partial \varphi}{\partial x_\mu}$ .

[in ed.2014, p.112, c'è scritto “  $\frac{\partial \varphi}{\partial k_\mu}$  ”]

[p. 113] Abbiamo quindi conquistato una proprietà tutta nuova, poiché il primo membro di quest'ultima equazione si presenta ora nella forma tensoriale. È anch'esso un invariante e siccome tale invariante è nullo per le coordinate galileiane, deve restare nullo in un universo euclideo con coordinate curvilinee qualsiasi.

Così da (1) a (3) si va, algebricamente parlando, dal particolare al generale. Ma viene in mente un'obiezione: forse si è guadagnata solo una generalità formale. Ecco come si accede a una generalità di fatto.

Dovremo studiare in seguito il ruolo del principio dell'equivalenza tra un campo di inerzia e un campo gravitazionale. Tale equivalenza ci darà il diritto di assorbire il campo gravitazionale attraverso un campo di inerzia più o meno fittizio. Senza dubbio questo assorbimento ha luogo solo in una regione infinitamente piccola, ma ciò basta per permetterci di affermare l'equivalenza di un Universo euclideo tangente all'Universo reale non-euclideo. Ne consegue «che tutte le [p. 71] leggi relative a fenomeni che avvengono in un Universo euclideo e che dipendono solo dalle  $g^{\mu\nu}$  e dalle

loro derivate prime saranno ugualmente valide in un campo di gravità permanente»<sup>611</sup>. Questo è appunto il caso della legge espressa dall'equazione (3). Abbiamo dunque così trovato l'equazione differenziale, corretta e completa, in grado di determinare la legge della propagazione del potenziale  $\varphi$  nel caso stesso in cui questa propagazione avvenga attraverso un campo di gravità. Si è così indotta l'algebra a cooperare con il reale, con il proprio impulso al calcolo, senza mai porre e cercare l'istruzione dal reale come primordiale.

[p. 114] Per riassumere, diamo un'occhiata complessiva ai gradi della costruzione. Il problema è stato affrontato attraverso i suoi caratteri formali. Si è poi cercato il carattere tensoriale che era veramente mutilato dalla degenerazione di certe variazioni. Una volta messo in luce, questo elemento tensoriale ha, di per sé, ristabilito la legge nella sua totalità. Si è allora presentato un carattere invariante che ha permesso di concludere dal caso particolare al caso generale. Infine l'affermazione del principio di equivalenza ha regolato l'osculazione del reale mediante il quadro generale laboriosamente e progressivamente costruito.

[p. 72]

V

Questo non è un artificio eccezionale, è al contrario una regola molto caratteristica dei metodi relativistici. Questi metodi si adoperano sistematicamente per valorizzare tutte le funzioni di un fenomeno, per individuare e codificare tutte le ragioni di variazione, senza senza tener conto anzitutto dell'ampiezza di queste variazioni. Non c'è niente di più importante, nei prolegomeni di una Fisica matematica, che distinguere tra variabili e costanti. Si potrebbe persino porre al centro del pensiero relativistico un vero e proprio principio di progresso, che si potrebbe chiamare il *principio di completa funzionalità*. Abbiamo appena visto che il calcolo tensoriale non funziona senza questo principio, o piuttosto, per funzione, il calcolo tensoriale ristabilisce le diverse componenti che semplificazioni più o meno pragmatiche, più o meno esplicite, avevano cancellato. Questo calcolo è veramente un calcolo che mira alla generalizzazione e generalizza sensibilizzando tutte le variabili.

[p. 115] È esattamente lo stesso per quanto riguarda l'ordine differenziale della variazione. Per esempio, alcune leggi stabilite in un Universo euclideo sembrano non contenere le derivate seconde [p. 73] di certe funzioni, e queste funzioni appaiono allora collegate solo al primo ordine della derivazione. Ma può benissimo essere che

---

<sup>611</sup> *Ibid.*, p. 186.



queste derivate seconde siano state cancellate semplicemente a causa del sistema di coordinate utilizzato. Esse devono, quindi, figurare nelle equazioni generali della legge, a meno che non siano contrassegnate con un coefficiente nullo nel modo di espressione appositamente scelto<sup>612</sup>. Il calcolo tensoriale provvederà esso stesso a incorporare al reale queste variazioni che, quantitativamente parlando, potevano inizialmente sembrare puramente virtuali. La generalizzazione sarà quindi regolarmente avviata, il suo sviluppo sarà chiaramente solidale con il suo piano iniziale.

Se ora si tenta di caratterizzare in modo filosofico generale questo aspetto speciale della Relatività, ci si renderà conto che il pensiero che la anima procede per aggiunte successive. Abbiamo cercato altrove di accostare la spiegazione scientifica alla complicazione matematica che risulta da quantità irrazionali aggiunte a corpi di numero presi anzitutto come domini di razionalità. Abbiamo tentato di mostrare che una dialettica invadente tende a prendere come mezzo di spiegazione quello stesso che all'inizio sfuggiva a una spiegazione troppo semplicistica. Il pensiero incorpora i suoi limiti<sup>613</sup>. Nelle successive conquiste [p. 74] della Relatività ritroviamo lo stesso processo di assimilazione. L'audacia induttiva vi è [p. 116] particolarmente evidente ed essa realizza aggiunte davvero inaspettate. Prendiamo come esempio uno dei ragionamenti più sorprendenti, più belli della Relatività. Si presenta senza clamore, come un semplice programma, eppure è un pensiero completo. J. Becquerel si esprime così: «Scegliere un sistema di riferimento arbitrario, o fare una trasformazione arbitraria di coordinate, significa introdurre uno stato di movimento arbitrario o, secondo il principio di equivalenza, un campo gravitazionale arbitrario. Di conseguenza, le leggi che regolano i fenomeni fisici devono, per essere espresse nella forma più generale, contenere implicitamente o esplicitamente le grandezze che caratterizzano un campo gravitazionale»<sup>614</sup>. A che serve questo metodo per gli argomenti così raccolti? In primo luogo esso constata che, a causa del riferimento, non possiamo eliminare l'arbitrario. Lo integreremo quindi apertamente alle condizioni stesse del nostro studio. Subito entra in gioco il principio di equivalenza. Questo principio porta a eguagliare movimento arbitrario e campo gravitazionale arbitrario. Dobbiamo, quindi, collegare più strettamente la parte aggiunta all'oggetto della spiegazione; non dobbiamo più soltanto [p. 75] aggiungere al riferimento, ma aggiungere all'oggetto stesso. Alla fine, siamo indotti a iscrivere l'arbitrarietà del nostro riferimento sotto il segno stesso di una certa

---

<sup>612</sup> *Ibid.*, p. 186 nota.

<sup>613</sup> Vedere *Essai sur la connaissance approchée*, 3<sup>a</sup> parte.

<sup>614</sup> J. Becquerel, *Le principe de la Relativité et la théorie de la gravitation*, op. cit., p. 134. Vedere l'erratum [errore di stampa] corrispondente.

indeterminazione del reale. In altri termini, dobbiamo mischiare al reale l'arbitrarietà del nostro riferimento, anche a costo di mettere l'arbitrario sullo stesso piano del reale o almeno sullo stesso piano di ciò che fin qui aveva funzione di realtà.

[p. 117]

VI

Si potrebbero, ovviamente, trovare numerose occasioni in cui una tale induzione è promossa al rango di metodo. Si vedrebbe lo spirito matematico costantemente all'erta per rintracciare tutte le variazioni degenerate, per scoprire in un caso particolare non soltanto i lineamenti della generalità ma anche le vie della generalizzazione, per passare da una generalità immanente a una generalità trascendente – tutto un movimento che va dall'istituzione dei termini in attesa alla costituzione della forma completa. Vogliamo ancora indicare solo alcuni casi in cui ci si affida alla semplice analogia che gioca allora dal lato algebrico e porta così a estensioni di definizioni matematiche.

[p. 76] Tale è, per esempio, l'estensione data alla nozione di densità nello spazio-tempo. Ecco in quali termini J. Becquerel prepara le vie del calcolo. «La relatività ristretta ha dimostrato che la massa si identifica con l'energia, e che l'energia è la componente di tempo dell'impulso dell'Universo. Ora, vedremo che l'energia-impulso trova la sua espressione più completa in un tensore che, appunto, si riduce alla densità nel caso della materia a riposo rispetto al sistema di riferimento, in un Universo euclideo. Poiché tutte le leggi devono, secondo il principio di relatività generale, esprimersi in una forma tensoriale, è quasi evidente che il tensore energia-impulso debba sostituire la densità che figurava da sola nella vecchia teoria»<sup>615</sup>.

[p. 118] In fondo, questa previsione esprime quello che potremmo chiamare il sillogismo della fiducia: si è trovato *un* tensore che si riduce alla densità nel caso della materia a riposo rispetto al sistema di riferimento, in un Universo euclideo. – Ora si stava cercando un tensore. – Dunque, eccolo.

Così l'analogia algebrica permette di evocare a proposito di un concetto così semplice come quello di densità la ricchezza di caratteri matematici del tensore energia-impulso. Sembrava che la [p. 77] densità dovesse essere limitata al suo senso scalare, inadatto a ricevere una forma geometrica, indissolubilmente legata a un empirismo opaco. Ma il fatto che un certo tensore degeneri per dare la densità comune getta una nuova luce, dall'esterno, *attraverso la forma*, sul ruolo esatto della densità, il cui

---

<sup>615</sup> *Ibid.*, p. 194.

carattere materiale ed empirico diventa così secondario. Questo fatto prepara aggiunte corrette che nessuna esperienza potrebbe suggerire. Tali aggiunte correggono allora la nozione stessa che esse completano. In altri termini, è dal di fuori, ponendo la nozione nel flusso di una sintesi accogliente, che si animano le sue virtualità interne. Qui, dunque, è la sintesi che illumina e rende possibile l'analisi. L'ideale deduttivo immaginerebbe piuttosto una sintesi il cui unico ruolo sarebbe di verificare l'analisi. Crediamo, al contrario, che sia la sintesi che scopre e l'analisi che insegna.

Diamo un altro esempio suscettibile di mostrare la forza induttiva del pensiero relativistico. Lo mutuiamo dalla determinazione della formula della gravitazione nella materia. Si vedrà infatti che non si esita a inferire dal vuoto alla materia. Non sarà d'altra parte, per noi, necessario seguire le dimostrazioni in dettaglio. Certo, le formule staccate dal loro contesto possono sembrare complicate e oscure; ma per ciò stesso la loro relazione apparirà senza che ci sia bisogno di penetrare il senso dei simboli.

[p. 119/78] Ecco l'equazione di gravitazione nel vuoto:

$$\frac{\partial}{\partial x_\alpha} \left( g^{\sigma\beta} \left\{ \frac{\mu\beta}{\alpha} \right\} \right) = x \left( t_\mu^\sigma - \frac{1}{2} g_\mu^\sigma t \right) \quad *$$

con la condizione  $\sqrt{-g} = 1$ .

Ecco l'equazione di gravitazione nella materia:

$$\frac{\partial}{\partial x_\alpha} \left( g^{\sigma\beta} \left\{ \frac{\mu\beta}{\alpha} \right\} \right) = x \left[ \left( t_\mu^\sigma + T_\mu^\sigma \right) - \frac{1}{2} g_\mu^\sigma (t + T) \right] \quad *$$

con la condizione  $\sqrt{-g} = 1$ .

Si vede che i termini in  $t_\mu^\sigma$  e  $t$  della prima formula hanno ricevuto, nella seconda, puramente e semplicemente, le aggiunte rispettive  $T_\mu^\sigma$  e  $T$ . L'intera funzionalità è, al di fuori di tali aggiunte, mantenuta senza modifica.

Certo questo collegamento sarebbe già estremamente importante se fosse la conclusione di lunghi calcoli, poiché illustrerebbe il principio della conservazione delle forme algebriche più complesse. Ma diventa ancora più istruttivo quando ci si rende conto che *nessun* calcolo intermedio lo stabilisce e che si va dall'equazione nel caso del vuoto all'equazione nel caso della materia attraverso una semplice riflessione sull'omogeneità e il senso degli elementi tensoriali implicati nella prima equazione.

\* [sia nell'edizione del '29 (pp. 78; 79), sia in quella del 2014 (pp. 119; 120) è presente qualche refuso nella scrittura delle equazioni e dei simboli matematici. C. Alunni lo rileva in *La Valeur inductive de la relativité contre la Phénoménoteknik. L'étrange dispositif de Daniel Parrochia*, cit., nota n. 93, p. 60].

Ecco infatti testualmente *tutta* l'argomentazione indicata [p. 79] da J. Becquerel per passare dall'equazione nel vuoto all'equazione nella materia.

«Abbiamo detto che il tensore materiale deve sostituire la densità nell'espressione della legge della gravitazione. Basta far riferimento alla legge nel vuoto, nella forma in cui l'energia gravitazionale è evidenziata, per comprendere come introdurre ora il tensore materiale. Dobbiamo [p. 120] pensare che l'energia gravitazionale è equivalente a ogni altra forma di energia: dando allora alla costante  $\kappa$  dimensioni tali che  $t_{\mu}^{\sigma}$  rappresenti una densità (energia per unità di volume, divisa per  $c^{2*}$ ), cioè tali che  $t_{\mu}^{\sigma}$  \* sia omogenea a  $T_{\mu}^{\sigma}$ , siamo logicamente portati ad aggiungere le componenti del tensore materiale alle componenti dell'energia gravitazionale. Sostituiamo quindi  $t_{\mu}^{\sigma}$  con  $t_{\mu}^{\sigma} + T_{\mu}^{\sigma}$  e  $t$  con  $t + T$  »<sup>616</sup>.

Tutta l'induzione si basa sul fatto che  $T = T_{\mu}^{\mu} = \rho_0$  \*\*, cioè che l'invariante contratto del tensore energia-impulso è uguale alla densità della materia a riposo. Certo, una volta trovata la legge, si cercherà di assicurarla coordinandola a principi generali rispetto ai quali essa potrà figurare come verità dedotta. È così che si giustificherà la legge generale di gravitazione dimostrando che essa implica la conservazione dell'impulso e dell'energia. Ma il [p. 80] valore guida dell'induzione relativistica resta intatto. L'ordine della scoperta prevale sull'ordine della verifica soprattutto in una ricerca che mira all'organizzazione sistematica di un pensiero nuovo.

D'altra parte questa generalizzazione delle funzioni, come questo passaggio dal concetto di densità a quello di tensore energia-impulso, questa aggiunta di quantità fantasma, queste inferenze da un vuoto interamente geometrizzato a una materia senza dubbio semplificata ma carica di ignoto ci sembrano altrettante tracce di uno stesso metodo. Questo metodo assume, crediamo, un carattere antirealista molto netto. Esso prende a pretesto il reale dato dall'esperienza e lo circonda [p. 121] di un corteo di possibilità, senza che il nostro istinto realista possa trovare da ridire poiché non si tradisce il reale lavorando accanto al reale. Ma adesso entra in gioco il carattere generalizzante del calcolo tensoriale. La semplice trasformazione algebrica nutrirà le forme le une a spese delle altre ed equilibrerà il loro valore realista. La possibilità diffusa penetrerà in qualche modo nella realtà, per dare a questa realtà, nel senso stesso del possibile, la sua vera figura. E, viceversa, la realtà consoliderà i quadri della pura possibilità. Realtà e possibilità si troveranno sussunte in una totalità di un ordine algebrico particolarmente omogeneo. Diventeranno i [p. 81] pezzi mobili e *sostituibili*

---

\* [Si veda:“\*”, in nota nella pagina precedente].

\*\* [ *Sic!* sia in Bachelard 1929 p. 79; 2014 p. 120, sia in Becquerel 1922 (*Le principe de la Relativité et la théorie de la gravitation*, cit.), p. 197].

<sup>616</sup> *Ibid.*, p. 196.

di una costruzione razionale. Così la Realtà avrà epistemologicamente un ruolo nuovo poiché potrà favorire l'incorporazione di una possibilità vaga e precaria, dotata di un primo senso semplicemente algebrico, in un corpo generale e coerente di possibilità. In altri termini, si va da un senso semplicemente matematico della possibilità a un senso realistico della possibilità. Di contro, lo sforzo costruttivo della matematica sfuggirà all'obiezione di essere del tutto artificiale poiché prenderà evidentemente il suo impulso dai caratteri nettamente sperimentali.

Sembra così che la possibilità, in uno strano contraccambio, sanziona la Realtà. Nelle dottrine della Relatività più che in ogni altra, l'affermazione di una possibilità appare come antecedente all'affermazione di una realtà; il possibile è allora il quadro *a priori* del reale. Ed è il calcolo che colloca il reale nella sua vera prospettiva, in seno a una possibilità coordinata. Lo spirito accetta allora una realtà che è diventata un pezzo del suo proprio gioco.

Seguendo il progresso del pensiero relativistico, non si può fare a meno di notare l'atmosfera di possibilità allargata nella quale [p. 122] si sviluppa la dottrina. Il Relativista non si limita a stabilire la possibilità *a priori* di un'esperienza, egli studia questa possibilità in sé e per sé. Fa, del possibile, un sistema. Si ha persino [p. 82] l'impressione che il Relativista vada oltre e che, sedotto da un vero realismo platonico del possibile, propenda ad attribuire la sostanza a un'organizzazione del possibile ricca e coerente.

Senza dubbio un fisico pragmatista resisterà a questa incorporazione del possibile nel reale; vi vedrà una falsa ricchezza suscettibile di perturbare la circolazione dei valori sperimentali. In ogni caso, esigerà che si designi il reale attraverso una maggiore riuscita e che si attribuiscono valori differenti a possibilità differenti. Ai diversi elementi del possibile, si dovrà allora applicare un calcolo delle probabilità che ordinerà la prospettiva della possibilità e ci si crederà in diritto infine di commisurare questa possibilità al suo successo, alla sua realizzazione.

Contro tali pretese non mancano le obiezioni metafisiche. In effetti, a voler giudicare il possibile per mezzo del reale, si perturba il possibile alla sua origine. In particolare, si è portati a equiparare una possibilità continua e che nasce, per così dire, dal nulla a una realizzazione discontinua che appare solo dopo aver superato i limiti del nostro rilevamento. Ciò significa giudicare la variabilità mediante la variazione. Si può così essere indotti a disconoscere il vero andamento funzionale dei fenomeni.

Crediamo, invece, che ci si debba mettere il più direttamente possibile a contatto con il possibile integrale e puro, e studiarlo nel suo [p. 83] aspetto qualitativo prima di adattarvi dei coefficienti di realizzazione. In tal senso, una specie di *Analysis Situs* della possibilità potrebbe forse prescindere dalle grandezze apportate dai coefficienti di [p. 123] riuscita per mantenere solo i gradi di libertà. Questa analisi enumererebbe tutte le possibilità, consentirebbe di individuare tutte le funzioni e darebbe così al matematico un fenomeno organico in cui il potenziale e il virtuale potrebbero trovare un posto e un ruolo.

Si è così ben lontani dalla disciplina pragmatica. Lungi dal desiderare le semplificazioni non si vuole neppure beneficiare delle compensazioni. Si teme sempre che tali compensazioni abbiano la loro origine nel calcolo, in una specie di equilibrio dei caratteri matematici. Ci si preoccupa, dunque, di isolare i termini compensati, e per lo meno, di ricostruire la compensazione. Si vuole ragionare matematicamente sul caso generale anche se l'esperienza non ci presenterebbe mai, matematicamente parlando, se non il caso particolare. Con il calcolo tensoriale, questa preoccupazione della generalità diviene nettamente dominante in Fisica. Così l'impiego di questo calcolo ci sembra dover modificare profondamente lo spirito della scienza fisica. È poco dire che la Fisica si matematizza, poiché non è attraverso la superficie che avviene la penetrazione delle due dottrine, è al centro stesso della [p. 84] Fisica che la matematica ha avuto accesso ed è ora l'impulso matematico a dare al progresso della scienza fisica la sua forza e la sua direzione.

## VII

Questa apologia della complessità in matematica incontra immediatamente un'obiezione tradizionale: se la matematica non è in qualche modo inscritta nel reale, se essa non è, come spesso si è detto, che un semplice mezzo di espressione, sembra che vi sia sempre interesse a [p. 124] fare «degenerare» i problemi dal generale al particolare, a tentare la loro soluzione rapida e intuitiva. Tale sembra essere l'ideale di molti fisici toccati dalla grazia pragmatica. La Relatività è sotto il segno nettamente contrario. Infatti, il successo di questa organizzazione di pensiero è dovuto in gran parte a un'atmosfera di generalità massima e metodica. Così, a più riprese la Relatività ha intrapreso una reviviscenza dei problemi troppo presto particolarizzati. Il valore di previsione delle dottrine ne è stato spesso raddoppiato.

Siamo così portati a contrapporre al ruolo semplificatore dell'informazione matematica il [p. 85] ruolo costruttivo dell'induzione matematica. Vogliamo, dunque,

ora descrivere la rigenerazione matematica dei problemi che una geometria rapida e passiva aveva lasciato degenerare.

Prendiamo, per esempio, le teorie relativistiche dell'atomo di Sommerfeld. Esse sono all'estremità di una lunga costruzione nel corso della quale la complessità segna stadi ben definiti. Si comincia con lo studio dell'atomo di idrogeno supponendo il suo nucleo fisso e il suo solo elettrone mobile di un movimento circolare uniforme. Poi si tiene conto del fatto che il nucleo non ha una massa infinita in rapporto alla massa dell'elettrone e che, conseguentemente, non può svolgere il ruolo di centro di riferimento. È al centro di gravità generale che si rapporta allora il movimento dell'elettrone e del nucleo. Subito lo schema meccanico si complica; l'intuizione è meno chiara poiché è laboriosa. – S'incorpora poi l'ipotesi dei quanta che designa traiettorie privilegiate. – Infine, ed è questo, come si sa, il primo apporto di Sommerfeld, si sostituiscono alle traiettorie circolari delle ellissi descritte secondo le leggi kepleriane. Ma allora ci si accorge che il problema che aveva a poco a poco perduto la sua semplicità intuitiva perde la sua chiarezza matematica [p. 125] iniziale, e ciò per una ragione davvero essenziale. In effetti, ci si rende conto, in questo punto preciso della [p. 86] costruzione, che la scelta delle coordinate cessa di essere univoca e che «le condizioni imposte dalla teoria dei quanta che dipendono dalla scelta delle coordinate possono essere fissate in diversi modi. Per il problema di Keplero, infatti, accanto alle coordinate polari, si possono utilizzare... delle coordinate paraboliche. Se si scelgono queste coordinate paraboliche come base del calcolo, si è condotti a gruppi di orbite kepleriane diverse da quelle che si ottengono con l'uso delle coordinate polari»<sup>617</sup>. Così uno stesso problema fisico affrontato con mezzi matematici differenti porta a inferenze divergenti. La matematica non è più allora una semplice espressione di un fatto ben definito; essa partecipa alla definizione del fatto stesso.

Questa ambiguità è, secondo Sommerfeld, la caratteristica esteriore della degenerazione del problema. Si è impegnati in una via *particolare della generalizzazione*. Si è considerata questa generalizzazione come un processo di esposizione piuttosto che prendere la generalità come un valore di fatto. Si è così pervenuti a una induzione senza ramificazione che non può più trovare la radice delle alternative. Si oscura lo spirito mutilando la realtà. Non si è saputo salvaguardare tutto il valore istruttivo del reale e ci si crede alla fine [p. 87] condannati all'incertezza nella scelta delle ipotesi perché ci si è consegnati all'arbitrarietà nella scelta dei parametri.

---

<sup>617</sup> A. Sommerfeld, *La constitution de l'atome et les raies spectrales*, trad. H. Bellenot, Paris, Librairie scientifique A. Blanchard, 1923, p. 299.

Certo si ha una giustificazione. Per i problemi affrontati in primo luogo, una [p. 126] limitazione delle variabili era legittima; tale limitazione permetteva di trattare semplicemente dei problemi semplici. Perché scegliere tre variabili se l'analisi è possibile con due? È proprio questo che caratterizza intrinsecamente i problemi degenerati, che certe variabili, in certe questioni particolari, restano insensibili e come soffocate. Così, per il calcolo delle righe spettrali e in generale per la determinazione dell'energia di una vibrazione, basta conoscere *meno* numeri quantici rispetto ai gradi di libertà posseduti dal problema. Di conseguenza, finché non si mira che alla costruzione del fenomeno particolare, sembra di essere liberi di semplificare il dato. D'altra parte, affidandosi a un principio generale come quello della conservazione dell'energia che, nell'indifferenza delle sue sostituzioni energetiche, cancella le forme in cui viene spesa l'energia, si ammette che questa sostituzione non disturba nulla. Ora, qui, è soltanto la somma dei due numeri quantici (azimutale e radiale) che interviene nell'espressione dell'energia. Nulla da questo lato può, dunque, separarli. E poiché le ellissi kepleriane dipendono in modo individuale, e non più per la loro [p. 88] somma, dai due numeri quantici, guidati dal solo principio dell'energia, alla fine non abbiamo modo di individuare le orbite. In altri termini, nella nostra scala di generalizzazione, il principio dell'energia è posto *troppo presto*. Riguardo al problema che stiamo esaminando, questo principio non è fondamentale; sarebbe preferibile costruirne gli elementi. Lungi dall'essere un domino fecondo per la deduzione dei caratteri, il principio dell'energia deve essere l'oggetto di una costruzione; senza ciò si perdono per sempre i suoi elementi sostanziali. Si saprà che qualcosa si conserva, ma non si saprà esattamente cosa. Guidati dalle considerazioni energetiche, si arriverà dunque alla conclusione che il problema dell'atomo di idrogeno non comporta che un solo [p. 127] grado di libertà. Indubbiamente Bohr ritiene che una sola condizione quantica basti a risolvere il problema classico di Keplero. Ma questo non è affatto il parere di Sommerfeld e questa divergenza di opinioni è tanto più notevole dal nostro punto di vista in quanto lo schema di Sommerfeld, per rettificare lo schema di Bohr e rendere a questo schema tutta la sua fecondità di inferenza, è obbligato a ritornare alle basi stesse della costruzione, in una regione in cui la generalità trova la sua vera radice.

Se ci attenessimo alla questione dell'elettrone di idrogeno mobile intorno al nucleo nel piano delle aree, pur arricchendolo di una [p. 89] seconda variabile, tratteremmo ancora un problema degenerato. Dobbiamo costantemente porre il problema nella sua atmosfera di massima generalità e sforzarci di sottendere la diversità dei caratteri del



movimento sotto l'uniformità della nozione di energia. Anche se il movimento è effettivamente piano (e tale sarà il caso in assenza di un campo esterno), esso deve apparire, visto dalla ragione generalizzante, sotto l'aspetto di un problema a tre dimensioni degenerato. Consideriamo infatti l'elettrone nello spazio; esso ha naturalmente tre gradi di libertà. Occorrerebbe dunque, per seguire il principio della determinazione per *quanta*, trovare tre condizioni quantiche relative a questi tre gradi di libertà, per esempio: una condizione azimutale, una condizione radiale, una condizione di orientamento spaziale. O, se questa analisi delle condizioni non è possibile, occorrerebbero almeno tre equazioni per porre correttamente il problema. L'espressione dell'energia contiene i numeri quantici solo in funzione della loro somma e, di conseguenza, in balia della confusione delle sostituzioni.

Indubbiamente l'orientamento spaziale delle orbite non comporta alcuna conseguenza nel bilancio energetico e i [p. 128] fenomeni spettroscopici in particolare non ne sono più alterati di quanto non lo fossero quando si consideravano, in un solo piano, orbite di uguale energia. Ci si ritrova così di fronte a una indifferenza in certo modo fondata su [p. 90] un pragmatismo raddoppiato. In effetti, si potrebbe asserire in primo luogo che la complicazione non incide sulla nostra conoscenza del fenomeno spettroscopico, unico elemento reale che possa sanzionare i nostri sviluppi teorici. Si potrebbe dire, in secondo luogo, che è strano dare importanza alla libertà tridimensionale, poiché di fatto il movimento regolato dalla legge di Keplero si spende su un piano fisso, nel quadro di una libertà a due dimensioni. Per presentare l'obiezione sotto un'altra luce, si può, seguendo le preoccupazioni abituali della meccanica classica, distinguere tra le condizioni permanenti e le condizioni iniziali del problema. Il movimento piano è regolato in parte da condizioni che permangono e che si traducono in una realtà energetica. Ma l'orientamento del piano del movimento dipende solo dalle condizioni iniziali. Tali condizioni sono in tutta evidenza semplici artifici di calcolo, sono iniziali solo per quanto riguarda la nostra analisi, non hanno alcuna ripercussione sul bilancio energetico. Come dire, non hanno «realtà». Sembrerebbe dunque scorretto che una deduzione le ponga allo stesso livello delle condizioni permanenti: forze, energie cinetiche e potenziali, che sono, esse stesse, segni perentori della realtà.

Ma i fatti non sempre accettano la gerarchia che noi pretendiamo di imporre loro. Non [p.91] bisogna dunque affrettarsi a metterli in relazione, ma piuttosto attribuire loro il massimo di indipendenza possibile. Ancora una volta, è meglio considerarli

l'uno vicino all'altro che dedurli l'uno dall'altro. Così, riguardo al problema che ci occupa, avremo interesse a qualificare con lo stesso titolo tutti i gradi di libertà.

[p. 129] Come trovare l'elemento che ci darà un pretesto per rigenerare il problema, per mettere questo problema al suo giusto grado di generalità? Come passare da una realtà imprigionata in un piano a una realtà ricca di tutte le possibilità spaziali, implicata con simmetria nelle tre dimensioni dello spazio. Difficile ricerca, poiché, a dispetto di una intuizione ostile, bisognerebbe trovare un motivo di riferimento distinto in uno spazio simmetrico, una direzione privilegiata in uno spazio isotropo. Si perviene allora all'ipotesi dell'esistenza di un campo di forza che agisce esternamente all'atomo. In quest'ultimo caso in effetti, così come stabilisce Sommerfeld, le tre condizioni quantiche sono necessarie. Immediatamente, ci si rende conto che il problema non è più degenerato; le variabili ora presentano il loro gioco completo; le si coglie nella loro azione separata, e si seguono, partendo dagli elementi costituenti, tutti gli stadi della costruzione.

Viene allora in mente una obiezione: non c'è da stupirsi se aggiungendo una forza direttrice [p. 92] al fenomeno si arriva a complicarlo e se ne suscitano caratteri nascosti. Ma, sia pure indirettamente, si è comunque liberata una diversità e questa diversità si ha qualche ragione per mantenerla al limite, proprio nel momento in cui il campo esterno all'atomo si annulla. Certo questo passaggio al limite può sembrare particolarmente audace poiché cancella la qualità stessa in rapporto alla quale si determinavano i caratteri differenziati del fenomeno. Ma se si pensa che il teorico cerca sistematicamente opportunità di diversificazione, si accetterà forse che il teorico si mostri poco esigente nel determinare delle ragioni sufficienti di inferenza. Dopo tutto non si tratta che di supporre, di lavorare nell'infrastruttura dei principi, non di contraddire questi principi. In ogni caso, il nuovo edificio avrà la stessa solidità della vecchia costruzione, la sua base, per essere più controllata [*fouillée*], non è meno ampia. Ritroviamo, ad esempio, il principio della conservazione dell'energia e quindi andremo, per lo meno, tanto lontano con lo schema di Sommerfeld quanto con quello di Bohr; ma guidati dal primo schema avevamo trovato delle possibilità soggiacenti. Tali possibilità ci daranno il piano di un nuovo interrogatorio al quale sottoporremo la realtà.

[p. 130] Certo, seguendo questa via, l'orientamento quantico sembra dapprima coordinato a una forza [p. 93] ipotetica e se non si pone più l'ipotesi non si vede più in rapporto a che cosa si potrebbero orientare le orbite. Ma se è difficile far passare *una realtà* al limite, ci sono meno obiezioni contro il passaggio al limite di semplici

*possibilità*. L'orientamento quantico rimane, a nostro avviso, come una realtà impallidita che non può più affiorare nell'esperienza ma che mantiene ancora i suoi lineamenti matematici. Non si avrebbe probabilmente motivo di postulare questa realtà se non fosse stata determinata una volta in una esperienza, ma non si ha più ragione di escluderla, anche se viene a mancare l'occasione di ordine sperimentale di manifestarla. La realtà si sottomette alla possibilità, rispetta il gioco che le è stato una volta imposto dal possibile, vi persiste come una trottola che si addormenta intorno a un asse matematicamente notevole. È attraverso il possibile che si scopre il reale. Metodo artificiale, senza dubbio, poiché si basa sull'occasione di una supposizione, ma per ciò anche accogliente verso le tendenze induttive del nostro spirito.

Bisogna peraltro diffidare della simmetria esteriore di certi caratteri, poiché la ricostruzione più intima del fenomeno rivela talvolta libertà inattese. Così non bisognerebbe credere che la simmetria sferica di una proprietà comporti [p. 131] necessariamente la simmetria sferica delle proprietà connesse. La sensibilità all'anisotropia [p. 94] può differire tra le diverse variabili; la causa può avere asimmetrie che non risuonano in tutti gli effetti. Per esempio, Sommerfeld<sup>618</sup> fa notare che l'esistenza di un asse privilegiato non è inconcepibile per un'onda sferica, prova che l'istruzione data dal reale oltrepassa il quadro della sua prima definizione sperimentale.

È vero, continua Sommerfeld, che un ragionamento rapido concluderebbe con la non esistenza di un tale asse, ma secondo le equazioni di Maxwell (come d'altronde secondo le antiche teorie elastiche) un'onda sferica possiede sempre un asse privilegiato tanto per la ripartizione dell'intensità quanto per quella della polarizzazione. Solo la fase della luce è a simmetria sferica; le superfici d'onda sono superfici di uguale fase, formano una famiglia di sfere concentriche. Al contrario, le superfici di uguale intensità non sono sferiche.

Non bisogna dunque correre alle semplificazioni. L'analisi operata dalla matematica rafforza spesso un punto di vista, la costruzione matematica deve ricostituire in questa analisi così deformata tutti i dettagli del panorama. Più in generale, bisogna sforzarsi di far sorgere la diversità che l'unità del nostro esame aveva cancellato. Abbiamo mostrato altrove come un [p.95] Lamé leggesse sulla superficie sferica certe proprietà dell'ellissoide, abbiamo indicato con quale sforzo di induzione egli ritrovasse nella superficie simmetrica il gioco differenziato delle variabili accidentalmente equalizzate.

---

<sup>618</sup> *Ibid.*, t. I, p. 316.

Egli *rigenerava* i problemi delle quadriche [p. 132] presentati dalla sfera sotto un aspetto evidentemente facile e abbreviato ma per ciò stesso poco istruttivo.

Tale rigenerazione ci sembra impegnare tutto un metodo di pensiero. Questo metodo si pone chiaramente sotto il segno della costruzione, ma di una costruzione diretta con una certa libertà da una logica induttiva di ordine in certo qual modo estetico. In particolare la pendenza della deduzione andrebbe inversamente dall'ellissoide alla sfera, cancellando le differenze. Con Lamé si risale dal simile al diverso.

Da un punto di vista più fisico e di conseguenza più pregnante, la conquista perseguita da Sommerfeld segue lo stesso movimento. Essa aggiunge l'anisotropia, provoca il privilegio di certi tratti, mantiene questo privilegio contro l'esperienza stessa. Ci si affida così a una specie di anisotropia virtuale, di complessità potenziale, senza troppo curarsi del modo in cui questa complessità possa passare dalla potenza all'atto, dalla teoria all'esperienza. Ma si è guadagnato per lo meno un principio sufficiente per una classificazione e una enumerazione dei [p. 96] casi possibili a partire dai quali si ritroveranno, guidati dalle leggi della probabilità, i molteplici tratti di una esperienza colta finalmente in una accresciuta diversità.

## I

Si possono, crediamo trovare due posti per l'assoluto: 1) in seno a una Realtà in sé, assai prossima al fondo del principio creatore di cui essa sarebbe l'emanazione o l'opera – essa riveste, allora, il ruolo dell'inconoscibile ed è in quanto inconoscibile che è assoluta; 2) al centro stesso del soggetto conoscente, dove la coscienza, per ciò che essa ha di immediato, di ineffabile, di unico, apporta un elemento che non ha rapporto con nulla, anche se la coscienza s'illumina solo moltiplicandosi in un sistema di relazioni.

È in quest'ultimo senso che Max Born, in una prefazione di singolare penetrazione filosofica, può scrivere:

Ogni fenomeno percepito direttamente conduce a un'affermazione che [p. 98] possiede un certo valore assoluto. Quando vedo un fiore rosso, quando provo piacere o dolore, [p. 134] ho qui dei dati di cui sarebbe irragionevole dubitare. Hanno un valore indiscutibile, ma solo per me; sono assoluti, ma soggettivi<sup>619</sup>.

Quindi, lottando contro questa soggettività, abbiamo immediatamente destituito l'assoluto intimo dell'intuizione. Ma non si è passati per questo all'altro polo dell'atto di pensiero in cui ci sforzerebbe di vivere il fenomeno, di perdersi in esso, di conquistarlo subdolamente, lasciandosi innanzitutto assorbire dalla sua complessità. La scienza ha cercato, da curioso intermediario, l'oggettivazione di alcuni elementi che dominano dapprima soggettivamente.

La Relatività si è allora costituita come un autentico sistema della relazione. Facendo violenza ad abitudini – forse a leggi – del pensiero, ci si è applicati a cogliere la relazione indipendentemente dai termini collegati, a postulare legami piuttosto che oggetti, a non dare un significato ai membri di un'equazione se non in virtù di questa equazione, prendendo così gli oggetti come strane funzioni della funzione che li mette in rapporto. Tutto per la sintesi, tutto attraverso la sintesi, tale è stato lo scopo, tale è stato il metodo. Elementi che la sensazione presentava in uno stato di analisi che si può ben qualificare, sotto vari aspetti, come naturale, sono stati messi in relazione e [p. 99] hanno ormai ricevuto un senso solo grazie a questa relazione. Si è pervenuti così a un fenomenismo d'ordine in qualche modo matematico che si discosta tanto dalle tesi dell'assoluto quanto da quelle del realismo. Quale esempio più bello di quello della fusione matematica dello spazio e del tempo! Questa unione ha tutto contro di sé: la nostra immaginazione, la nostra vita sensoriale, le nostre [p. 135] rappresentazioni; noi viviamo il tempo solo dimenticando lo spazio, non comprendiamo lo spazio se non sospendendo il corso del tempo. Ma lo spazio-tempo ha per se stesso la sua

---

<sup>619</sup> M. Born, *La théorie de la Relativité d'Einstein et ses bases physiques*, trad. F.-A. Finkelstein, Paris, Gauthier Villars, 1923, p.IX.

algebra. Esso è relazione totale e relazione pura. È dunque il fenomeno matematico essenziale.

La Relatività ha potuto svilupparsi solo nell'atmosfera di una matematica perfezionata; è per questo che la dottrina manca veramente di antecedenti. Tuttavia, presa nel senso filosofico che abbiamo appena indicato, la Relatività ha un passato più lontano e si possono trovare momenti in cui la relazione è oggetto di una ricerca sistematica. Studieremo un po' più da vicino questo passaggio da un insegnamento realista e sensibile a un insegnamento relativista.

[p. 100]

## II

In questo ordine di idee, Max Born ha descritto sotto il nome di relativazioni [*relativations*]<sup>620</sup> diverse *estensioni* di una nozione inizialmente del tutto solidale con il suo carattere sensibile. Così la sensazione puramente soggettiva di sforzo sarà riferita al peso sollevato, e questo è il primo richiamo alla misura dell'interno mediante l'esterno. Poi si sceglierà, come unità di forza, un peso determinato, il che costituirà, dice Born<sup>621</sup>, «la relativazione della nozione [p. 136] di forza». Ma, a questo stadio, la relativazione è ancora legata alle nozioni soggettive e assolute di alto e di basso. «La scoperta della sfericità della Terra condusse alla Relativazione della direzione del peso, che divenne un'attrazione diretta verso il centro della Terra»<sup>622</sup>. Se ci si attendesse a questo, si manterrebbe un privilegio a favore di un oggetto: la Terra sarebbe in qualche modo un riferimento naturale assoluto. Ma quando fu stabilita «l'identità tra la gravità terrestre [p. 101] e la forza d'attrazione che mantiene la Luna sulla sua traiettoria, e il fatto che non poteva sussistere nessun dubbio sull'identità di natura di questa attrazione con la forza che mantiene la Terra e gli altri pianeti sulla loro traiettoria intorno al Sole, (si è arrivati a rappresentare) che i corpi non sono pesanti in se stessi, ma *reciprocamente*, cioè gli uni relativamente agli altri».

Così una qualità che avevamo trovato in noi (lo sforzo) è stata equilibrata da una forza esterna inizialmente attribuita ai diversi corpi contro i quali il nostro sforzo lottava. Da assoluto in noi, lo sforzo è diventato relativo alle cose. Si è scoperto quindi che questa qualità degli oggetti era relativa alla Terra, coordinando e corroborando così l'oggettività. Poi si è capito che la «gravità» postulata come la causa profonda del peso era una qualità che non apparteneva in proprio alla Terra, ma che era generale e regolava i Mondi. Tutte cose, fin qui,

---

<sup>620</sup> «Siamo stati obbligati a forgiare questo termine (*Relativation*), dice Solovine (A. Einstein, *L'Ether et la théorie de la Relativité*, Paris, Gauthier Villars, 1921, p.13 in nota) per tradurre il termine tedesco *Relativierung*, che esprime mirabilmente il pensiero di Einstein, ma che non ha nessun equivalente nella lingua francese».

<sup>621</sup> M. Born, *La théorie de la Relativité d'Einstein et ses bases physiques*, op. cit., p. 10.

<sup>622</sup> *Ibid.*, p. 57.

che passano per elementari, anche se, una volta conquistata l'oggettività, non ci rendiamo ben conto della difficoltà dell'oggettivazione.

Ma si scavi ancora un po' e ci si troverà di fronte alla prodigiosa conquista scientifica contemporanea e [p. 137] si toccherà, al termine di questo semplice percorso, il relativismo in tutta la sua audacia. È allora che si arriva a comprendere che la qualità che ci fa sembrare i corpi pesanti non è un attributo che appartiene a ciascuno [p. 102] di essi, ma una semplice funzione del loro rapporto. Preso singolarmente, nessuno dei due corpi può render conto dell'attrazione e tuttavia essi si attraggono reciprocamente. Essi cooperano per costituire un fenomeno che svanirebbe totalmente se i corpi fossero sufficientemente allontanati. Ma non basta considerare questa separazione nel dominio spaziale, essa ha tutto il suo senso solo nel dominio logico. Ci si accorge allora che nessuno dei due corpi svolge un ruolo tramite la sua propria essenza; la reciprocità d'azione assume un carattere tale da trascendere in un certo senso le azioni che la manifestano. Nessuna priorità logica legittima l'attribuzione di una qualità occulta, antecedente alle sue manifestazioni.

Senza dubbio, si obietterà che si è potuta stabilire una funzione potenziale che considera solo le relazioni di un singolo corpo con lo spazio circostante e che così si divide il processo logico in due tempi successivi, uno che prepara un calcolo considerando solo un corpo, l'altro che applica questo calcolo a quel secondo corpo che si vuole portare nel «campo» del primo. Ma questa funzione potenziale intermedia non è che un artificio algebrico. Essa non è suscettibile di provare la sua realtà in un modo immediato; nella sua individuazione essa rientra sempre nei quadri di un relativismo.

Si giunge dunque alla conclusione che la gravità e più in generale l'attrazione [p. 103] newtoniana non cominciano, in quanto realtà, se non con la *doppia presenza*; non hanno radice nell'unico; in altri termini, l'unico non ha proprietà.

[p. 138] Non si ha forse l'impressione, rivivendo l'evoluzione di questo problema, di perseguire una realtà che fugge o almeno che si assottiglia? Dopo aver lasciato il piano soggettivo dove la gravità trovava un'espressione in termini di sforzi, questa gravità ha assunto la forma di forza generale collegata all'attrazione terrestre. Con un nuovo progresso nella scienza contemporanea essa è passata dal generale al relativo: generale, essa apparteneva ancora a tutti gli elementi di una totalità, in ciò essa era generale e permaneva assoluta, era anche mediante gli elementi che essa aveva un senso reale; si coglieva bene, a questo stadio della costruzione, la convergenza del generale e del reale. Ma, tratto del tutto nuovo, ecco la gravità filosoficamente relativa; da allora in poi, essa appartiene solo alla totalità come tale,

non ai suoi elementi. Essa è funzione di un tutto senza essere funzione delle parti. Si può dire che la proprietà trascende la generalità nel senso che essa è una creazione della generalità.

Questo movimento di pensiero sembra proprio segnare una reazione contro la tendenza ontologica che ci spinge a sostanzializzare gli attributi o almeno a cercare, per organizzare i caratteri del dato, funzioni della loro comprensione [p. 104] piuttosto che funzioni della loro estensione. Nelle concezioni prerelativistiche, ci si accorda così il diritto di collegare in profondità, nella prospettiva del soggetto che funge da sostantivo, caratteri che il reale ci presenta in superficie, semplicemente giustapposti. Come se gli attributi fluissero dalla sostanza nello stesso modo in cui i predicati vengono fuori dal sostantivo! Nei prolegomeni della Relatività appare, invece, la necessità di riferirsi all'esterno, di solidarizzare in qualche parte la qualità di un oggetto con la qualità dell'oggetto di confronto, in breve di spiegare mediante il riferimento stesso.

D'altronde, più si avvanzerà nell'insegnamento della Relatività, meglio si coglierà fino a che punto la qualità vi si [p. 139] esteriorizza. Senza dubbio, non è da oggi che ci si è accorti che la qualità era una relazione tra l'oggetto e l'ambiente che lo circonda. Ma questa relativazione toccava solo le qualità seconde, essa era anzi la migliore prova del carattere estrinseco e secondario di queste qualità. Al contrario, le qualità primarie – inscritte nello spazio, tradotte nel linguaggio del geometra – sfuggivano all'azione dello spazio. Un'azione dell'estensione sull'estensione era addirittura inconcepibile. Se queste qualità primarie erano oggetto di una prova di relatività, questa prova non superava lo stadio numerico; era con la scelta dell'unità di misura che la lunghezza di un oggetto sembrava [p. 105] perdere il suo carattere di assoluto. Ma la credenza ontologica trionfava facilmente su questa critica relativista. – Le dottrine contemporanee portano molto più lontano. Non si tratta più soltanto di un'azione fisica, ma di un'azione in certo modo geometrica. I riferimenti geometrici e cinematici reagiranno come un mezzo, prima sui caratteri geometrici e cinematici dell'oggetto – come distinguere infatti in un tale dominio caratteri conosciuti e caratteri reali? –, poi, nello stesso modo e più profondamente, il riferimento agirà sui caratteri meccanici e fisici.

Si possono del resto riconoscere degli antecedenti di questo nuovo pensiero. In effetti, nella vecchia meccanica, con assi mobili opportunamente scelti, si poteva riattribuire il riposo a un corpo in movimento, senza toccare fisicamente questo corpo: *lo si fermava fuggendolo*. Si potrebbe trovare lo stesso pensiero, eretto precisamente a criterio di relatività, nell'opera di Descartes. Nel suoi principi<sup>623</sup>, Descartes è portato [p. 140] a chiedersi se la durezza sia una qualità intrinseca per i corpi allo stesso modo dell'estensione. «Per ciò che concerne la

---

<sup>623</sup> Descartes, *Les principes de la philosophie*, 2<sup>a</sup> parte, §4.



durezza, dice allora, noi non ne conosciamo altro, per mezzo del contatto, se non che le parti dei corpi duri resistono [p. 106] al movimento delle nostre mani quando esse li incontrano; ma, se tutte le volte che noi portiamo le nostre mani verso qualche parte, i corpi che sono in questo luogo si ritirassero tosto ch'esse si avvicinano, è certo che noi non sentiremmo mai la durezza». Da cui segue per Descartes che una qualità così facile da togliere col pensiero è interamente relativa all'esercizio dei nostri sensi e non può appartenere all'essenza dei corpi.

Ma tutte queste obiezioni si riferivano soltanto alle proprietà contingenti o superficiali. L'oggetto conservava sempre numerosi caratteri che sembravano inattaccabili dal di fuori; la sua essenza aveva una ricchezza di qualità intrinseche che nessun sistema di inflazione poteva far decadere. Sotto questa luce, l'oggetto appariva veramente come il soggetto unico e inamovibile dei suoi attributi. Tramite il suo volume e la sua forma nel cartesianesimo, la sua massa e la sua energia nelle dottrine di Newton e di Leibniz, l'oggetto aveva una realtà contro la quale nulla poteva prevalere.

Nella meccanica contemporanea, ecco apparire, tra i caratteri dello spazio-tempo e i caratteri intrinseci all'oggetto, una sorta di interferenza che arriva a cancellare *il reale*, come nelle interferenze luminose, la luce può essere annullata dalla luce. È possibile uno scambio tra il riferimento e il reale, essi diventano [p. 107] per certi aspetti omogenei, poiché, matematicamente, l'omogeneità appare con la possibilità delle sostituzioni. Quindi, se il riferimento è suscettibile di gettare un'ombra sulla realtà, al contrario [p. 141] ci sono casi in cui la realtà finisce per essere un semplice accidente della rilevazione.

Ma è importante considerare un po' più da vicino questa mobilità e questa cancellazione di alcuni caratteri che sembravano fino a quel momento essenziali alla realtà.

### III

Consideriamo prima le dimensioni. Certo si è abituati all'idea che le dimensioni di un oggetto variano sotto l'influenza di diversi agenti fisici e tutti i Relativisti si affrettano, nei loro tentativi di divulgazione della dottrina, a riferirsi al supporto che sembra fornir loro la dilatazione dei corpi attraverso il calore. In effetti è facile dimostrare che la misura sarebbe intaccata da ambiguità se il calore avesse, sia sullo strumento di misura sia sull'oggetto misurato, un'azione in tutti i punti uguale. Ma, in fondo, il richiamo alle esperienze calorifiche resta poco istruttivo poiché si tratta soprattutto di comprendere la *generalità* dei cambiamenti di dimensioni rispetto a differenti materie e il confronto ci abbandona [p. 108] proprio nel passaggio critico. Consideriamo dunque direttamente il problema della contrazione di Lorentz-Fitzgerald e vediamo come esso si evolve dal materiale al geometrico.

Se l'etere fosse un mezzo fisico, se avesse una «realtà» allo stesso modo della materia, si comprenderebbe che esso opponga una certa resistenza al movimento di un solido e che questo solido ne provi una certa contrazione, funzione della sua velocità relativa. Ma questa spiegazione è ancora sotto il segno del vecchio pensiero, vuole riservare un'esistenza separata alla materia e all'etere e, nella loro stessa cooperazione, distinguere il loro rispettivo ruolo. Questo punto di vista può, [p. 142] inoltre, portare a obiezioni che un fisico di laboratorio giudicherà immediatamente perentorie. Ad esempio, Becquerel formulerà queste obiezioni nel modo seguente: «Come ammettere che la contrazione, se essa è reale, sia la stessa per tutti i corpi, cioè sia indipendente dalla sostanza, qualunque sia la rigidità di questa? Essa si produce anche per i gas, e allora dove è il limite tra un gas rarefatto e lo spazio vuoto?»<sup>624</sup>. In altri termini, finché si fa della contrazione una proprietà della materia, si è molto vicini a esigere che questa proprietà sia affetta da un coefficiente specifico che varierà, come il coefficiente di qualsiasi altra [p. 109] proprietà, con la materia considerata. Non ci si può spiegare che una qualità sfugga al dominio dell'individuale, che essa non abbia la sua radice nella specificità della sostanza. Per molte menti, la funzione primordiale della materia è una funzione individualizzante. L'estensione universale di una qualità è presentata infine come un'obiezione alla sua realtà.

Il problema cambia faccia quando lo affrontiamo con spirito relativista. Innanzitutto non collochiamo affatto il reale allo stesso livello; non lo consideriamo più come antecedente alla relazione poiché abbiamo capito che non potevamo parlo che in una relazione. Si tratta qui, come dice J. Becquerel rispondendo all'obiezione sollevata, di una proprietà metrica dello spazio nel quale ci appare la materia. Ma questa ultima espressione potrebbe ancora condurre, se non si facesse attenzione, a un paralogismo sostanzialista. Per sfuggirvi, bisogna capire che la materia non [p. 143] conserva alcuna priorità; essa non viene, colandosi in uno stampo un po' troppo stretto, a restringersi per *apparire* più corta di quanto non lo sia in realtà. Non c'è per essa nessun intervallo tra la sua realtà e la sua apparenza. È la sua estensione, in quanto sola estensione, che si trova colta dal riferimento cinematico in modo da diventare parte di questo riferimento cinematico. Reciprocamente, la lunghezza di un regolo materiale considerato [p.110] come un elemento del complesso realtà-riferimento non può più essere posto come appartenente in proprio al regolo. Questa lunghezza è tanto una proprietà dello spazio lasciato al regolo dal sistema di riferimento, quanto una proprietà sia del contenente sia del contenuto. Espressioni di cui noi avvertiamo bene il carattere artificiale. Ma per il Relativista, come per lo psicologo bergsoniano, il linguaggio abituale è essenzialmente

---

<sup>624</sup> J. Becquerel, *Le principe de la Relativité et la théorie de la gravitation*, op. cit., p. 20.

inadeguato. C'è nella vita, secondo Bergson, un elemento dinamico che nessuna lingua può tradurre. La Relatività trova ancora più difficoltà a esprimersi. Come potrebbe farlo correttamente seguendo una sintassi che accetta dei soggetti antecedentemente alla loro funzione e di conseguenza assoluti, che fa della relazione una specie di realtà seconda, effimera, mobile? Inoltre, se, tornando a qualche potere che un pensiero puramente intellettuale ha oscurato in noi, arriviamo a un'intuizione in grado di incorporare la durata negli stati psicologici per restituirli nel loro vero movimento, ci troviamo del tutto impotenti quando si tratta di incorporare il tempo negli stati geometrici per comprendere il fenomeno nella sua evoluzione. L'intuizione dello spazio-tempo non è alla radice del nostro pensiero, come un dono che lo spirito può sempre ravvivare, essa non può venire che da uno sforzo di *estensione* della ragione per prolungare la sua azione e il suo ritmo.

[p. 144/ 111]

#### IV

Ritroveremo, a proposito della massa, relazioni simili tra il riferimento e l'essere.

Il ruolo molteplice della massa sembrava inizialmente fornire una garanzia raddoppiata della sua realtà. Pur partendo da definizioni molto diverse, tutte le determinazioni si vedevano in effetti, all'applicazione, convergere verso una stessa quantità. Per esempio, tra la massa maupertuisiana (quoziente di un impulso e di una velocità) e la massa newtoniana (quoziente di una forza e di un'accelerazione), il pensiero non trovava alcun legame chiaro e immediato al di fuori dalle formule dimensionali; ma l'esperienza portava ad associare queste due definizioni che sembravano così illuminare ciascuna soltanto un punto di vista speciale su una realtà complessa. Più oscura ancora era l'assimilazione della massa gravitazionale e della massa inerziale, ma per la sua oscurità stessa, questa assimilazione rendeva il consolidamento delle diverse proprietà della massa più necessario e più profondo.

La Relatività ha disintegrato questo blocco di predicati. Essa ha riportato le diverse definizioni della massa nella loro atmosfera assiomatica originaria, [p. 112] nella perfetta indipendenza dei postulati separati. In effetti, non soltanto la massa diventa una funzione della velocità, ma le diverse specie di masse diventano funzioni diverse della velocità. La massa newtoniana avrà essa stessa un doppio carattere a seconda che la si consideri lungo la traiettoria che essa descrive, cioè longitudinalmente o trasversalmente. Al contrario, la massa maupertuisiana sarà unica, sarà in qualche modo più scalare, meno vettoriale.

[p. 145] Altra differenza, il coefficiente di intervento della velocità

$$\alpha = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

agirà in proporzione inversa della terza potenza nella massa newtoniana longitudinale, in proporzione inversa della prima potenza nella massa maupertuisiana.

Si obietterà che l'effetto di questo coefficiente è abitualmente così piccolo che non si vede alcuna ragione sperimentale per rompere la solidarietà della nozione maupertuisiana e della nozione newtoniana. La prima approssimazione avrebbe allora un senso realista decisivo, sarebbe una ragione sufficiente per collegare concetti separati. Ciò sarebbe forse legittimo, se avessimo prima preso possesso della realtà da determinare. In effetti, se [p. 113] la massa fosse una realtà veramente iniziale, si concepirebbe che si possa affinare la sua determinazione in più modi e ci si sorprenderebbe meno del fatto che la seconda approssimazione riceveva le tracce della diversità della nostra analisi. Ma a seguire lo sforzo del pensiero scientifico ci si accorge facilmente che la massa è prima di tutto una *nozione* e anche che essa gioca il ruolo di *nozione derivata* rispetto alle nozioni di forza, di impulso, di accelerazione, di velocità, tutte entità che hanno, invece, radici dirette ed evidenti nell'esperienza.

Quindi, se la seconda approssimazione manifesta una divergenza, non si tratta più soltanto di un dettaglio che gioca sulla superficie dell'essere, ma di una vera e propria biforcazione nelle vie della costruzione di una dualità della teoria. E ciò è molto importante per la nostra tesi. Sosteniamo, infatti, che il pensiero relativistico, rispetto a ogni altro pensiero scientifico, non *parte* dal reale, ma vi *tende*. È, dunque, la seconda approssimazione a dirigere la prospettiva del reale. Il carattere pragmatico dell'applicazione non ha nessun potere di sanzionare o di confutare il pensiero fine.

[p. 146] Se si pretendesse ora che l'una e l'altra definizione della massa si riconcilino nel concetto di quantità di materia poiché questa «quantità di materia» può essere considerata come facente ostacolo tanto all'impulso quanto alla [p. 114] forza, ci basterebbe ancora dimostrare che il concetto di «quantità di materia» sarebbe solo un concetto vago che non può di conseguenza avere un ruolo preliminare. Lungi dall'essere una base profonda della nostra conoscenza del reale, una tale idea della massa è posta solo provvisoriamente e non accede alla precisione se non incorporandosi nei caratteri cinematici nettamente definiti, chiaramente iscritti nell'esperienza immediata. Insomma, la relativazione aveva già toccato la nozione di massa non appena si era identificata questa massa con un semplice rapporto di due elementi, in qualche modo più sperimentali, come la velocità e l'impulso. Infine, il concetto di massa, che una filosofia realista annovererebbe facilmente tra i predicati più semplici, più evidenti, più perentori del reale, appare, nella scienza relativistica, come irrimediabilmente diviso e il fatto stesso che la relazione della massa con l'idea di quantità di materia non si traduca

attraverso la stessa funzione nelle costruzioni maupertuisiane e newtoniane dimostra il carattere informe del pseudoconcetto di base rappresentato da questa idea di quantità di materia. La massa è dunque una nozione tardiva, definita da funzioni che bisogna innanzitutto delucidare.

Ora, queste funzioni, esaminate da un punto di vista relativistico, appaiono strettamente implicate nel sistema di riferimenti. Parlare di una **[p. 115]** massa a riposo significa accentuare ulteriormente la relativazione del suo concetto, perché, come abbiamo osservato, il riposo non potrebbe essere posto che come relativo a un sistema di assi. Questa massa a riposo, non ha dunque nessun carattere di assoluto. Essa serve da base per trovare la massa in **[p. 147]** un sistema di assi mobili, ma il suo carattere semplice è ammesso solo per convenzione, e soltanto perché si conviene di scegliere un sistema di assi legati al corpo considerato. Vista da un altro sistema, la stessa massa verrebbe investita da certi coefficienti che sono funzioni della velocità relativa.

D'altronde, questa massa a riposo è introdotta più come un postulato che come il simbolo di una realtà. Per coglierla come realtà, bisognerebbe considerarla nella sua azione, in modo tale che questa azione appaia nella teoria del movimento o nella teoria dell'urto. Vale a dire che bisognerebbe fare uscire la massa dal riposo per definirla in riposo. Si tenta di ridurre l'antinomia. Si è portati allora a sminuire la nozione, a situarla in un dominio molto stretto. Essa non assumerà il suo vero significato se non per mezzo di un passaggio al limite. Per definire la massa in riposo, J.Becquerel procederà nel modo seguente<sup>625</sup>. Essendo data, in un sistema di riferimento  $S$ , una massa in movimento con la velocità  $v$  all'istante  $t$ , si introduce un secondo sistema  $S'$  **[p. 116]** avente allo stesso istante la stessa velocità  $v$  di  $S$ . Il mobile ha quindi, all'istante considerato, una velocità pari a zero in rapporto a  $S'$ . Nel sistema  $S'$ , si scriverà allora l'equazione fondamentale della meccanica classica che pone la proporzionalità perfetta dell'accelerazione e della forza. Si suppone probabilmente che da una parte il movimento della massa considerata e dall'altra il movimento del sistema  $S'$  divergeranno e di conseguenza che la massa uscirà dal riposo rispetto a  $S'$  stesso e manifesterà in  $S'$  un'accelerazione. Ma si restringe la validità dell'equazione fondamentale della dinamica all'istante infinitesimale in cui il mobile esce dal riposo. In altri termini, si postula che le **[p. 148]** «equazioni classiche sono esatte al limite». Il fatto che sia una meccanica familiare quella di cui si postula così la validità al limite non deve mascherare tutto ciò che c'è di audace in questa estrapolazione. È, infatti, un'extrapolazione d'ordine qualificativo che ci si permette; ma, soffocando delle variabili, si rischia di oscurare l'essenza. Quando il pensiero si

---

<sup>625</sup> *Ibid.*, p. 98.

è convinto della chiarezza interna delle dottrine relativistiche, è il turno delle vecchie dottrine di perdere la loro forza di evidenza e ci si accorge improvvisamente che è necessario introdurre sotto forma di semplici postulati nozioni che si consideravano naturali.

Riassumendo, lungi dall'essere indifferente al riferimento come nella vecchia meccanica, la [p. 117] massa relativistica appare strettamente condizionata dal riferimento. Essa è funzione della velocità. Varia a seconda del suo proprio ruolo. La base della sua definizione necessita che si consideri un riposo naturalmente relativo; non si può d'altronde definire la massa in questo riposo relativo se non a condizione di coglierla nell'istante infinitesimale in cui essa lo lascia. Tutte queste difficoltà convinceranno forse che il concetto di massa è molto lontano dall'esperienza comune e che la massa non ha alcuna qualità per simbolizzare il reale.

## V

Ma la perdita di individualità della massa apparirà ancora più completa. Vedremo, in effetti, che la massa è in qualche modo una forma di energia, e ciò matematicamente parlando. Sarà allora possibile trasformarla in altre forme di energia, accrescerla o diminuirla aumentando o diminuendo l'energia che essa sembrava in passato semplicemente immagazzinare. In breve, si approfitterà ancora [p. 149] una volta dell'*allargamento dell'omogeneità* per mescolare i generi, per dissolvere certi caratteri accentuando particolari metodi di riferimento.

Così è facile vedere che il carattere della massa [p. 118] è suscettibile di assorbire o per lo meno di velare il carattere energetico. Basta, per questo, seguire, per esempio, il calcolo di Becquerel<sup>626</sup> e confrontarlo con il calcolo corrispondente nella meccanica classica. Si parte nell'uno e nell'altro caso dalle equazioni fondamentali della dinamica, sviluppate su tre assi. Siano le equazioni:

$$\frac{d}{dt} \left( m \frac{dx}{dt} \right) = F_x$$

$$\frac{d}{dt} \left( m \frac{dy}{dt} \right) = F_y$$

$$\frac{d}{dt} \left( m \frac{dz}{dt} \right) = F_z$$

per la meccanica classica; e

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{m_0}{\alpha} \frac{dx}{dt} \right) = F_x$$

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{m_0}{\alpha} \frac{dy}{dt} \right) = F_y$$

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{m_0}{\alpha} \frac{dz}{dt} \right) = F_z$$

---

<sup>626</sup> *Ibid.*, pp. 102-103.

per la meccanica relativistica. Queste ultime equazioni differiscono dalle precedenti soltanto per la presenza del parametro  $\alpha = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$  [p. 150] che, [p. 119] a prima vista, sembra solo avere il ruolo di rettifica della massa usuale.

Posto ciò, in ciascuna delle meccaniche si moltiplicano le tre equazioni rispettivamente per  $\frac{dx}{dt}$ ,  $\frac{dy}{dt}$ ,  $\frac{dz}{dt}$  e si sommano.

Nel primo caso,  $m$ , che è una costante, esce dal segno di derivazione e si ottiene immediatamente l'equazione delle forze vive che, integrata, dà la relazione:

$$\frac{mv^2}{2} = W + C^{te}$$

essendo  $W$  il lavoro delle forze applicate.

Nel secondo caso, il gioco della derivazione appare più complesso, poiché il termine in  $\alpha$  contiene  $v$ , funzione del tempo. Questo intervento modifica del tutto i rapporti funzionali delle entità in presenza; studiandone lo sviluppo, si è meno disposti a considerare il caso classico come una determinazione approssimata del caso relativistico; si vorrebbe almeno che l'approssimazione non mascheri le possibilità, le diverse mobilità. Niente di più grave, in effetti, che dimenticare una causa di variazione del fenomeno soprattutto quando si esamina questo fenomeno attraverso le vie del calcolo differenziale. In questo ordine di idee abbiamo segnalato altrove un errore di Fourier rilevato da Poisson.

[p. 120] Qui la Relatività parte da sola da una base corretta ed è una base in certo modo sensibilizzata. Malgrado ciò, essa porta a una formula in cui molti elementi essenziali sembrano cancellati. Fatte tutte le integrazioni, questa formula è la seguente:

$$mc^2 = W + C^{te}.$$

Essa corrisponde all'equazione classica delle forze vive. Ma, se non si facesse attenzione, non si ritroverebbe più sotto questa forma il carattere cinematico dell'equazione delle forze [p. 151] vive. Solo la velocità della luce  $c$  interviene esplicitamente ed è una costante generale. In realtà, la velocità del mobile considerata vi gioca un ruolo, ma indirettamente, attraverso i caratteri della massa. Senza dubbio, sostituendo  $m$  con il suo valore in funzione della massa a riposo, si potrà esplicitare la velocità quale appare nel sistema  $S$  dove  $m$  è mobile; ma questa esplicitazione sarà sempre affetta da relativismo. Mai arriveremo ad analizzare la funzione  $m$  per trovarvi due elementi *interamente indipendenti*, come converrebbe se si avesse a che fare con due caratteri del dato, massa e velocità, separati in due

generi distinti e senza comunicazione. Una specie di *relativismo della qualità* solidarizza indissolubilmente le due nozioni; nessun modo per raggiungere una qualità assoluta, una massa che non sarebbe che massa, che sarebbe indifferente alla velocità con la quale essa coopera per dare un'energia; [p. 121] in una parola, riguardo a questo esempio, sembra impossibile dare alla nozione di massa la perfetta indipendenza che essa ha in una formula dimensionale. L'omogeneità fin qui così severa accetta compromessi. Del resto, anche se si pretendesse di eliminare la velocità e raggiungere la massa a riposo, si sa bene che qui si tocca solo una definizione rispetto a un sistema di riferimento particolare. In più, non appena si vuole considerare la massa nella sua azione energetica, la sua velocità – la sua velocità *relativa* a un sistema di assi – finisce per interferire con la massa a riposo colpita essa stessa da relatività essenziale. È, dunque, impossibile isolare assolutamente, mediante un'analisi delle qualità, la nozione di massa quando si esamina questa massa nel suo valore e nel suo ruolo energetico. Tutto ciò ci permette forse di parlare di un assorbimento dei caratteri energetici per mezzo dei caratteri di massa. In ogni caso, vediamo che l'analisi delle qualità comporta necessariamente la rottura dei legami essenziali. Quindi [p. 152] non si può comprendere la nozione di massa se non nelle sue implicazioni qualitative, nei suoi rapporti con gli elementi del riferimento, integrandola con un sistema di spazio-tempo. La massa non è dunque un ente che si trova nello spazio e nel tempo, indifferente allo spazio e al tempo, in un silenzio assoluto. La massa è, al contrario, inscritta nello spazio-tempo, ne è uno dei caratteri e, in quanto carattere dello spazio-tempo, [p. 122] è permeata di relatività. Tempo, spazio, materia sono impegnati in una relatività a tre poli tra i quali i vari riferimenti operano scambi. Non si può porre la materia fuori dal tempo e dallo spazio, il che significa che bisogna coglierla come energia. Ecco un aspetto nuovo sul quale dobbiamo insistere.

## VI

Come si sa, siamo stati portati ad attribuire una massa all'energia, il che completa la reciprocità delle due nozioni. Einstein ha sviluppato questa teoria sull'energia radiante, cioè quell'energia che sembrava più svincolata da un supporto materiale, nella sua tesi più che in ogni altra, poiché l'etere einsteiniano ha perso ogni realtà come mezzo fisico. Questa dimostrazione, secondo lo stesso Einstein, è uno dei risultati più importanti della dottrina della Relatività.

Si potrebbe essere tentati di vedere qui un modo di sostanzializzazione di un attributo mediante il quale si potrebbe ricondurre, se così ci si può esprimere, il meno reale (l'energia) al più reale (la massa). Ma la critica che abbiamo appena fatto deve allontanarci da questa seduzione realista. La massa non [p. 123] designa un assoluto. L'energia, in virtù della sua



costituzione come massa, non [p. 153] si stabilisce dunque come una realtà assoluta. Resta anzi estremamente sensibile alle mutazioni del riferimento.

D'altronde, nella Relatività, il principio della conservazione dell'energia si confonde con il principio della conservazione della massa. Questa confusione smentisce, in modo perentorio, tanto la realtà della massa quanto la realtà dell'energia. Ampliandosi, sembra che il principio di conservazione penetri in un dominio di astrazioni; in ogni caso, esso sfugge definitivamente alla verifica sperimentale. Si poteva già obiettare che il principio di equivalenza del lavoro e del calore fosse una definizione mascherata dell'energia termica. In fondo l'esperienza ci mostra sempre dissipazioni irrimediabili di energia nobile; è dunque con un decreto arbitrario di equivalenza che si danno gli stessi titoli al calore e al lavoro. Ma qui l'obiezione andrebbe ancora più lontano perché i concetti sperimentali vengono destituiti del loro valore e del loro senso. Se massa ed energia sono intercambiabili, i principi che ne regolavano la rispettiva evoluzione lasciano sfuggire la materia che essi informavano. Quanto al quadro conservativo che li riceve e che regola le loro trasformazioni reciproche, esso non può essere, per la sola virtù conservativa, il segno della realtà di ciò che si conserva, [p. 124] fino a che non si è fatta la prova della generalità completa del principio di conservazione.

Specificamente, la sintesi delle nozioni di massa e di energia si è mostrata insufficiente e siamo stati portati a integrare il complesso massa-energia in un complesso più elevato. La meccanica classica utilizzava, infatti, in un modo distinto, un terzo principio di conservazione, quello della quantità di moto. Lo sviluppo della relativazione portò ad aggiungere questo principio ai due precedenti e, solidarizzando i tre caratteri: massa, energia, quantità di moto, [p. 154] si pervenne a un unico principio di conservazione, quello della conservazione dell'impulso di universo.

Questo principio accede a una regione nuova, poiché sfugge alla relatività. È, dunque, qui che si collocano il bilancio delle diverse entità tratte dall'esperienza immediata, la regola del loro mutamento, il limite della loro mutabilità. Mentre tutti i caratteri componenti si rivelano come manifestamente dipendenti dal riferimento, la composizione appare inattaccabile dal di fuori; nessuna variazione nel sistema degli assi dello spazio-tempo può turbare il principio della conservazione dell'impulso dell'universo. È d'altronde cercando questa invarianza che si è giunti a questa nozione di impulso generalizzato.

Dovremo chiederci se questo è il segno sufficiente della Realtà. In ogni caso, [p. 125] può trattarsi solo di una realtà eminentemente teorica, molto lontana da un oggetto che si trova, che si descrive, che si coglie con attributi evidenti e immediati. In questo primo esempio si vede la Realtà relativistica apparire all'estrema punta di una costruzione; essa è chiaramente

solidale con un metodo di costruzione. È, dunque, una funzione epistemologica tardiva che non si può comprendere se non sottraendola al movimento che la produce. In particolare, non servirebbe a nulla postularla fintantoché non siano stati fissati i criteri che la giustificano. Ora un'organizzazione di criteri è un compito interamente discorsivo. Il reale si dimostra, non si mostra.

## VII

Ma non è ancora tempo di affrontare i criteri che possono definire la Realtà. La Relatività, al punto in cui siamo, non ha ancora esaurito la sua forza di induzione [p. 155] realistica; restano dei caratteri da avvicinare e da totalizzare. Ma le aggiunte che dobbiamo descrivere sono di un tipo nuovo: sembra che esse corrispondano a una relativazione nel senso della comprensione, in profondità, mentre finora si trattava soltanto di una relativazione nel senso [p. 126] dell'estensione, in superficie. In effetti, la correlazione della massa e dell'energia su cui abbiamo lungamente insistito non si svolge che su un piano unico; essa associa caratteri che sono dello stesso livello sperimentale. Le dottrine della Relatività penetreranno ulteriormente, riunendo la massa inerte e la massa pesante, poiché ciò equivale ad assimilare una qualità inerente a un corpo particolare (l'inerzia) e una qualità la cui radice è, in qualche modo, contingente, in ogni caso esterna al corpo considerato (la gravità). Si ha così un primo esempio della correlazione di una forza e della struttura dello spazio-tempo. È un momento decisivo della Relatività in cui si vede scomparire un'antieriorità logica, quella della forza rispetto alla sua manifestazione, in altri termini, della causa rispetto all'effetto. Con questo tratto, la Relatività ci sembra dover modificare in modo altrettanto completo i principi del causalismo e quelli del realismo. Le due evoluzioni sono del resto parallele che conducono a una relativazione dei caratteri del reale e a una relativazione delle manifestazioni causali.

Proviamo a caratterizzare questa fusione decisiva. Anzitutto si estende la correlazione della gravità e dell'inerzia, a cui la meccanica classica ci aveva abituati, al caso stesso in cui si tratta della massa di un'energia. Un'induzione affrettata potrebbe ammettere che ciò va da sé, che un carattere trascina l'altro. Se si pensa però [p. 127] al debole valore realistico della «massa», bisogna sempre temere che essa non intervenga, come farebbe una cosa, con tutti i suoi caratteri indissolubilmente riuniti, ma che invece [p. 156] sia mantenuta una differenza, reagendo la massa materiale a un campo gravitazionale, mentre la massa energetica resterebbe insensibile allo stesso campo. Come nota J. Becquerel, «la dinamica della relatività ristretta ha per conseguenza la legge, peraltro verificata mediante l'esperienza, dell'inerzia dell'energia, ma non implica *a priori* che l'energia sia pesante. Si pone, dunque, una questione capitale: la gravità è come l'inerzia una proprietà dell'energia? Essa è legata all'inerzia? Quando la *massa*

*inerte* di un corpo cambia con la sua energia totale, accade lo stesso della *massa pesante*?»<sup>627</sup>. Unicamente l'esperienza può legittimare la riunione dei due concetti. Questa esperienza è decisiva. Si conosce l'effetto del campo gravitazione solare su un raggio luminoso proveniente da una stella. Questo effetto è stato messo in luce per la prima volta in occasione dell'eclissi del maggio 1919. J. Becquerel si basa anche sulle esperienze di Eotvös. Esse hanno una grande importanza per l'analisi delle relazioni tra la gravità e l'inerzia. Ricordiamone il principio. Con l'aiuto della bilancia di torsione, Eotvös ha verificato che [p.128] la direzione della verticale è la stessa per tutti i corpi. Quel che costituisce il valore di questa verifica è la sua estrema precisione, l'esattezza è, infatti, assicurata quasi al ventimilionesimo. Ora la direzione della verticale è quella della risultante della forza di attrazione terrestre, gravità pura, e della forza centrifuga dovuta alla rotazione della Terra. Ma la forza centrifuga è una forza di inerzia, è dunque proporzionale alla massa inerte. Essa è d'altronde, per dirlo *en passant*, interamente descrivibile in termini cinematici con la sola aggiunta di un fattore proprio al corpo considerato, cioè la sua massa inerte. In queste [p. 157] condizioni, se il peso – che è posto naturalmente come proporzionale alla massa pesante – non fosse ugualmente proporzionale alla massa inerte, la composizione delle due forze (centrifuga e pesante) sarebbe influenzata per ciascun corpo da coefficienti particolari e la verticale non avrebbe più una direzione unica, in uno stesso punto del globo, per due corpi differenti.

Lo sottolineiamo ancora, la forza di gravità sembra condizionata da fattori molto più esterni della forza centrifuga. Da un punto di vista filosofico, si può dire che la forza di gravità è assimilabile a una causa esteriore prodotta da corpi diversi dal corpo considerato. L'accostamento della massa inerte e della massa pesante meriterebbe un lungo soffermarsi da parte del filosofo. Si vedrà peraltro che [p. 129] questo accostamento conduce a una delle più grandi conquiste del pensiero relativista.

È meditando su nozioni estremamente semplici e familiari che Einstein ha fondato la sua dottrina dell'equivalenza di un campo gravitazionale e di un campo di inerzia. J. Becquerel lo espone in termini particolarmente chiari:

Secondo la legge del movimento, si ha (per le deboli velocità):

$$\text{forza} = \text{massa inerte} \times \text{accelerazione},$$

cioè che la massa inerte (massa a riposo) è caratteristica del corpo accelerato.

Se la forza è il peso del corpo, si ha

$$\text{forza} = \text{massa pesante} \times \text{intensità del campo della gravità}.$$

---

<sup>627</sup> *Ibid.*, p. 125.

Essendo ugualmente la massa pesante una caratteristica del corpo. Da ciò segue:

$$\text{accelerazione} = \frac{\text{massa pesante}}{\text{massa inerte}} \times \text{intensità del campo.}$$

[p. 158] Poiché l'esperienza prova che in uno stesso campo di gravità l'accelerazione è indipendente dal corpo, il rapporto massa pesante/massa inerte è una delle costanti indipendenti dalla natura del corpo e, se si scelgono le unità in modo che tale rapporto sia uguale all'unità, la massa pesante è uguale alla massa inerte e, d'altra parte, l'accelerazione è uguale all'intensità di campo.

[p. 130] Da tempo la meccanica ha *registrato* questo risultato, ma nessuno l'aveva *interpretato*. L'interpretazione è questa: la stessa qualità di un corpo si manifesta secondo le circostanze sia come inerzia, sia come gravità; in termini più precisi: *la forza gravitazionale è una forza di inerzia*<sup>628</sup>.

Ma se la stessa qualità di un corpo può apparirci sia come inerzia sia come gravità, potremo modificare, con la scelta appropriata di un riferimento, il campo gravitazionale, perché possiamo creare campi di inerzia a nostro piacimento. Ciò che finora sembrava imporsi al riferimento potrà essere assorbito da esso. Perveniamo così a un principio di equivalenza in grado, crediamo, d'illuminare tutta una filosofia. J. Becquerel lo commenta in questi termini:

L'uso di un sistema di riferimento in movimento equivale a creare un certo campo gravitazionale nel quale questo sistema potrà essere considerato come immobile; ... d'altra parte, l'uso di un sistema di riferimento legato a un corpo in caduta libera in un campo gravitazionale equivale a sopprimere questo [p. 159] campo. In ogni porzione di spazio è impossibile pronunciarsi tra le due interpretazioni seguenti: 1) esiste uno stato di movimento, non uniforme, senza campo gravitazionale; 2) il sistema esaminato è a riposo, ma [p. 131] nella regione considerata regna un campo gravitazionale che si esercita su ogni porzione di energia. È dunque impossibile distinguere un campo di forza di inerzia dovuto a uno stato di movimento da un campo gravitazionale. C'è *equivalenza*, secondo l'espressione di Einstein<sup>629</sup>.

Questo principio ci sembra trasformare l'equazione fondamentale della dinamica in identità e portare così a compimento un'evoluzione di cui si troverebbe un primo abbozzo nel principio di D'Alembert. Si sa che quest'ultimo principio permette di ricondurre la messa in equazione di un problema di dinamica a quella di un problema di statica. Consiste nell'esaminare, con l'artificio degli spostamenti virtuali, «l'equilibrio» della risultante delle forze applicate in un punto e di un vettore uguale e opposto al prodotto dell'accelerazione per la massa di questo punto. Questo vettore ha un evidente carattere fittizio. Come dice Appel<sup>630</sup>, lo si chiama «forza di inerzia, quantunque non sia affatto una forza applicata al punto». È, tuttavia, una tale assimilazione dell'inerzia e della forza che le dottrine einsteiniane non esitano a perfezionare. I due membri dell'equazione fondamentale della dinamica sembravano

---

<sup>628</sup> *Ibid.*, p. 130.

<sup>629</sup> *Ibid.*, p. 132.

<sup>630</sup> P. Appell, *Traité de Mécanique rationnelle*, Paris, Gauthier Villars, 1893, t. I, p. 518.

separati da un dualismo irrimediabile e, in certo qual modo, filosofico, dato che uno dei termini (la forza [p. 132] applicata) appartiene all'ordine della realtà, l'altro termine (la forza di inerzia) all'ordine del rilevamento. Ed ecco che, tra i due membri, [p. 160] il principio di equivalenza einsteiniano giustifica tutte le sostituzioni! Stabilisce l'omogeneità filosofica di nozioni che fino a quel momento avevano ricevuto solo l'omogeneità convenzionale delle definizioni opportunamente adattate. È soltanto alla luce di questo principio che l'esperienza di Eotvös assume il suo vero senso. Questa esperienza è in fondo una verifica di omogeneità, essa prova la perfetta equivalenza di una forza di inerzia e di una forza di attrazione gravitazionale.

Tuttavia, la cancellazione del reale mediante il riferimento resta parziale e limitata. Non può, in effetti, compiersi praticamente se non in una regione poco estesa e anche, assolutamente parlando, infinitamente piccola. «Nessun campo gravitazionale prodotto dalla materia è uniforme, nessun sistema di riferimento può annullare un campo gravitazionale in tutta la sua estensione: non si può eliminare un campo se non localmente»<sup>631</sup>. Così il reale non si lascia dominare globalmente dal riferimento. Si può anche dire che, per certi caratteri, la solidità del reale riesce a manifestare una resistenza in cui l'insieme reagisce a un attacco parziale. Infatti, il riferimento non arriva a dissolvere il reale in posizione [*par place*] se non accentuando [p. 133] altrove il «valore» di questo reale. Per esempio un osservatore in caduta libera sulla superficie della Terra vedrebbe annullarsi il campo gravitazionale passando per i differenti punti della sua traiettoria, ma, in compenso, tale annullamento si tradurrebbe in un campo di gravità raddoppiato agli antipodi.

Sembra che qui tocchiamo un nuovo segno del reale: esso si rivela ricco di una complessità di ordine algebrico. [p. 161] In altri termini, grazie al carattere complesso della geometria del reale, la sua descrizione algebrica finisce per trascendere tutte le risorse di osculazione dei nostri sistemi di riferimento.

Al termine dell'evoluzione che abbiamo appena tracciato, non si può non essere sorpresi da questa improvvisa resistenza del reale. Si è portati a credere che si possa estendere all'insieme l'azione che si fa nel dettaglio. In effetti, non si può sperare di trovare sistemi di riferimento che sposerebbero meglio le simmetrie dei campi qualificati come reali, che attaccherebbero questi campi in modo più insidioso, insinuandosi più finemente nei loro dettagli e nelle diverse inflessioni dei loro cambiamenti? Certo, tali sistemi perderebbero nello stesso tempo il loro valore di spiegazione, poiché un sistema di riferimento deve essere un metodo e in quanto tale organizzare con una economia evidente e chiara un insieme di riferimenti. Se la

---

<sup>631</sup> J. Becquerel, *Le principe de la Relativité et la théorie de la gravitation*, op. cit., p. 133.

funzione della realtà è di trascendere con la sua ricchezza il riferimento, all'inverso la funzione del [p. 134] riferimento è forse, nel suo compito di semplificazione, quella di limitare sistematicamente il dispendio in quadri e capisaldi. Ciò non toglie che sistemi di geometria sempre più complessi avrebbero una portata filosofica considerevole poiché giustificherebbero, regolandola, la totale sostituzione del riferimento alla realtà.

## VIII

In tutt'altra direzione, si è trovata una resistenza simile. Per un momento, il pensiero costruttivo è parso scontrarsi con il fatto elettrico. In altri termini, si è potuto pensare che l'elettricità andasse a svolgere ormai il ruolo di realtà opaca, di dato inassimilabile, suscettibile soltanto d'essere *descritta* [p. 162] nella sua distribuzione e nei suoi caratteri. La natura ci avrebbe così riservato, come dice Eddington, una grossa sorpresa: l'elettricità. Si tratterebbe di un fattore di eterogeneità essenziale. Ammettendo pure che l'estensione, complicando le sue forme e i suoi rapporti, non arriva a costituire l'essere fisico, ecco una proprietà nuova, esterna a ogni metrica, che renderà consistenza alla materia così laboriosamente depredata [*subtilisée*].

A dire il vero, almeno mediante il suo fenomeno meccanico, [p. 135] l'elettricità potrebbe raccordarsi con la linea di relativazione che abbiamo descritto. D'altronde la Relatività stessa ci presenta un caso in cui un'induzione particolarmente ingegnosa permette di passare da una forza elettrica a una forza meccanica. In effetti, sono le leggi dell'elettromagnetismo che hanno in primo luogo permesso di fissare la trasformazione matematica del campo elettrico in accordo con la trasformazione delle coordinate di Lorentz. Si potrebbe temere, in queste condizioni, che le forze non aventi un'origine elettrica si trasformino algebricamente in modo diverso dalle forze elettriche. Guidati allora da un realismo tenace, si comprenderebbe il fatto che ogni forza conservi un'individualità emergente dalla sua natura particolare e che la trasformazione delle forze dedotta dalle necessità elettromagnetiche si incorpori da sé nella trasformazione delle coordinate proposta da Lorentz. Questo timore è talmente poco chimerico che il Relativista si vede obbligato a provare l'identità delle trasformazioni dei vettori, forze nel caso elettrico e nel caso puramente meccanico. Egli lo fa in questi termini. Benché le equazioni della dinamica relativistica siano dapprima «stabilite in un caso particolare, quello della forza elettrica, *queste equazioni si applicano a una forza qualsiasi*: supponiamo, [p. 136] infatti, che una forza meccanica, come la tensione [p. 163] di una molla, equilibri l'azione esercitata da un campo elettrico su un corpo elettrizzato; ciò sarà un fatto assolutamente indipendente da qualsiasi osservatore, un fatto su cui tutti gli osservatori

di tutti i sistemi dovranno trovarsi d'accordo. È dunque necessario che, nel passaggio da un sistema  $S$  a un sistema  $S'$ , le componenti della forza meccanica si trasformino seguendo la stessa legge della forza elettrica»<sup>632</sup>.

Ma questa assimilazione dell'elettrico al dinamico resta superficiale. Una fusione è stata proposta da Weyl a un livello molto più profondo del fenomenismo meccanico. Questa fusione appare al termine del processo di relativazione poiché, costituendo una vera e propria geometria del carattere elettrico, essa mette questo carattere in relazione reciproca con i caratteri puramente meccanici che ci hanno fin qui trattenuto.

Il metodo di Weyl consiste essenzialmente in un ampliamento dell'assiomatica. Questo ampliamento, in linea di massima, è alla base di tutti i grandi progressi dell'idea relativista. Esso continua un movimento che aveva dato origine alle geometrie non-euclidee, sopprimendo assiomi e restrizioni non necessari. Ecco il suo significato essenziale. Si era già supposta la non-integrabilità della direzione; [p. 137] rimaneva un postulato nascosto sull'integrabilità del vettore che rappresenta una lunghezza; in altri termini, prima dei lavori di Weyl, si supposeva tacitamente che l'unità di lunghezza non variasse in uno spostamento e che, conseguentemente, l'unità di lunghezza conservasse lo stesso valore dopo un ciclo chiuso di trasformazioni nello spazio. Si abbandoni ora il postulato dell'integrabilità [p. 164] della lunghezza e nella pangeometria così costituita (la geometria di *gauge*) ci si renderà conto che il campo elettro-magnetico è interamente definibile con i mezzi algebrici.

Si arriva così a una dottrina abbastanza ampia da riunire, nello stesso sistema di riferimento, il campo di inerzia, il campo di gravitazione e il campo elettro-magnetico. Il completamento di questa dottrina solleva, tuttavia, difficoltà che sono lontane dall'essere chiarite. Come dice L.de Broglie, la natura del campo elettromagnetico conserva ancora il suo mistero. Ma il senso del tentativo di Weyl deve attirare l'attenzione dell'epistemologo. Questo tentativo è idoneo, crediamo, a preparare questa conclusione: l'unità matematica che si costituisce in una assiomatica della Fisica controlla interamente l'unità del fenomeno.

---

<sup>632</sup> *Ibid.*, p. 100.



## CAPITOLO IV: IL CARATTERE FORMALE DEI PRINCIPI RELATIVISTICI

## I

I principi relativistici, presi alla radice, appaiono nettamente *a priori*. Sono, infatti, lontani dall'esperienza immediata. Non li si ricava dall'esame della realtà, ma da una riflessione sulle condizioni di realtà. In altri termini, i principi generali della Relatività sono condizioni di oggettività piuttosto che proprietà generali dell'oggetto. Ed è solo attraverso una reciprocità che si trova ciò che l'oggetto ha di generale esaminando il coordinamento della sua individuazione.

[p. 140] Inoltre, un corpo di condizioni è un'organizzazione puramente formale. Esso mira a stabilire il piano del possibile piuttosto che la mappa del reale. È quando la possibilità avrà ben coordinato le sue forme che si cercherà di affrontare l'esperienza. [p. 168] In un libro di grande ricchezza filosofica – sebbene pretenda di non aver nulla da dire «a quelli il cui interesse nella questione è principalmente matematico-filosofico» – N.R. Campbell ha fortemente sottolineato questa posizione *a priori* e formale dei principi della Relatività. Egli confronta questi principi con quelli della termodinamica. La termodinamica non è infatti, tra tutte le scienze, una scienza della possibilità, un catalogo delle regole *a priori* che devono seguire le trasformazioni energetiche? Certo, essa utilizza nozioni sperimentali e leggi date da osservazioni e da misure, ma i suoi principi «non spiegano queste leggi nel senso in cui si dice che le teorie spiegano le leggi; ... essi pongono piuttosto le condizioni che le leggi possibili di questo gruppo devono soddisfare. Esattamente allo stesso modo, i principi della relatività abbracciano un certo gruppo di leggi concernenti le sensazioni primarie di una determinata specie. Le leggi sono le *leggi del movimento* e le sensazioni primarie sono quelle del cambiamento di posizione. Allo stesso modo, i principi [p. 141] non pretendono di spiegare queste leggi (per lo meno all'inizio), ma piuttosto di stabilire quali specie di leggi sono possibili»<sup>633</sup>.

Campbell osserva poi molto giustamente che le leggi del movimento nel senso newtoniano determinano le circostanze del movimento tanto nella sua nascita quanto nei suoi cambiamenti. Con Newton si trattava del movimento considerato come una realtà immediata e il suo studio era posto in termini di esperienza comune. Il movimento era visto nella sua forza di causalità, il più interiormente possibile, in breve con il [p. 169] massimo della sua realtà. Al contrario, lo studio che la Relatività fa del movimento è del tutto esteriore, esso non tenta di penetrare fino ai mezzi con i quali il movimento è prodotto o mantenuto. La Relatività

<sup>633</sup> N.R. Campbell, *Théorie quantique des spectres. La Relativité*, op.cit., p. 117.



si pone dal punto di vista dell'estensione delle leggi. Essa tende a determinare come i fenomeni più vari possano essere affetti dal loro movimento; in altri termini, con una specie di inversione del causalismo, la Relatività cerca quale impatto possono avere le trasformazioni cinematiche esteriori sui caratteri dinamici interiori dei sistemi considerati.

Non sarà d'altronde l'esperienza a risolvere questo problema. Un'esperienza della Relatività presa nel suo primo principio consisterebbe nel confrontare le osservazioni di uno stesso sistema fatte da due osservatori in [p. 142] movimento relativo. Ora, dice Cambell,

mai nella storia della scienza due osservatori in movimento l'uno rispetto all'altro hanno fatto niente che possa dirsi osservazione scientifica sullo stesso sistema. La grande maggioranza delle osservazioni e tutte le osservazioni veramente precise sono state fatte da osservatori in riposo rispetto alla Terra e di conseguenza (se le osservazioni sono fatte nello stesso momento) in riposo l'uno rispetto all'altro. Osservazioni piuttosto grossolane sono state probabilmente fatte da osservatori che viaggiano su treni, su navi o aeroplani, ma è molto raro, ammesso che ciò accada, per i sistemi che essi osservano di essere osservati contemporaneamente da osservatori in riposo sulla Terra. È difficile evocare un solo esempio in cui la prima concezione caratteristica dei principi della [p.170] relatività sia stata realizzata in modo completo, ed è assolutamente certo che essa non è mai stata realizzata quando si trattava di osservazioni di grande precisione<sup>634</sup>.

Non si può obiettare qui l'esperienza di Michelson che sarebbe precisa al secondo ordine dell'approssimazione, se essa fosse positiva. Infatti, in tutta questa esperienza, l'osservatore terrestre pretende di suscitare un osservatore assoluto, legato [p. 143] all'etere. Questo osservatore assoluto rimane fittizio. Inoltre, è precisamente questo osservatore assoluto o, per parlare in modo più sperimentale, è il fisico incaricato dell'esperimento «longitudinale» che non osserva nulla. Non vede la composizione della velocità di traslazione con la velocità della luce. Il Relativista non vede, d'altronde, neppure la contrazione di Lorentz. Egli non la sperimenta. La inferisce [*l'infère*]. La prende come una possibilità; si accorge poi che essa si coordina con un sistema di forme. Si è dunque proprio nel dominio dell'*a priori*, non dell'esperienza.

Ma una combinazione di esperienze non realizzabili può benissimo condurre, nota ancora Campbell, a previsioni concernenti esperienze possibili. Basta per argomentare che i primi esperimenti siano concepibili. È dunque alla semplice questione della concepibilità dei principi che bisognerà anzitutto dedicarsi. Poi si postulerà che quel che è concepibile è possibile. In altri termini, ci si riferirà a una possibilità *a priori*, che nessuna esperienza istruisce, che non è conservata se non attraverso i limiti dell'impossibilità razionale. Si sarà dunque, crediamo, leggermente allargata la possibilità del reale per farne una possibilità

---

<sup>634</sup> *Ibid.*, p.119.

dell'ideale. Ciò che ci guiderà, non sarà l'esperienza realizzabile – cioè [p. 171] ciò che è possibile sperimentalmente –, ma l'esperienza concepibile, cioè ciò che è [p. 144] possibile da immaginare e da coordinare ad altre esperienze possibili.

A nostro avviso, qui sta una sfumatura molto debole che però decide tutto ed è nella confusione di queste due possibilità che sorgono le divergenze tra i relativisti e i fisici di laboratorio. I fisici pensano sempre a esperienze reali, i relativisti a una possibilità di ordine matematico. Ora, si tratta di una esperienza possibile, ma del tutto irrealizzabile. È perché essa è possibile che può suggerire delle esperienze realizzabili e prendere posto così, indirettamente, nel reale. È perché essa è irrealizzabile che la si può definire perfettamente come una forma, come un *a priori*, senza preoccuparsi delle limitazioni imposte da un'esperienza reale, senza riguardo per il carattere più o meno approssimativo e per la molteplicità delle differenti determinazioni. I principi della Relatività hanno così, da un certo punto di vista, un carattere veramente assoluto.

Non ci si trova, d'altronde, in Relatività, in una situazione così singolare come può sembrare a prima vista. Ecco perché la comparazione con la Termodinamica va così lontano.

Questo procedimento, conclude molto bene Campbell, per mezzo del quale sono spiegate delle leggi (infatti le regole sono in una certa misura delle leggi vere e proprie) [p. 145] immaginando esperienze fatte in condizioni che non sono effettivamente realizzabili, non è specifico solo della Relatività; lo si ritrova in diverse teorie scientifiche; per esempio, è essenzialmente lo stesso di quello con cui si risolvono problemi termodinamici considerando il [p. 172] funzionamento di macchine perfettamente reversibili, benché tali macchine non esistano realmente<sup>635</sup>.

Eppure, quanti fisici utilizzano il principio della reversibilità ed esitano a impiegare la contrazione di Lorentz per sostenere e coordinare il sistema delle misure!

## II

Uno degli aspetti più significativi del carattere formale dei principi della Relatività è la strana concettualizzazione che è si è fatta subire a dei dati che si presentavano all'inizio come nettamente sperimentali. È il caso della velocità della luce.

Infatti, nella Relatività, la velocità della luce non appare più come una realtà trovata in una esperienza, ma piuttosto come una realtà affermata in una regola. La sua affermazione assume valore solo dopo essere stata eretta a postulato. Per ben capirlo, esaminiamo le ragioni della universalizzazione di questa nozione.

[p. 146] Il principio della costanza della luce ci sembra cumulare, in un modo del tutto nuovo e originale, il carattere generale di una convenzione accettata e il carattere perfettamente oggettivo di un fenomeno che resisterebbe assolutamente alla diversificazione. Così due

---

<sup>635</sup> *Ibid.*, p. 120.

ragioni solitamente dissimili e anche ostili finiscono per riunirsi per universalizzare un dato del reale e fondare un fatto come forma:

1) Nessuna esperienza ha potuto rilevare una variazione nella velocità della luce nell'etere, sebbene si disponesse di **[p. 173]** certe libertà d'ordine cinematico che dovevano, a quanto pareva, influire sulle determinazioni di questa velocità; ecco il primo fatto, o piuttosto l'unico fatto, forte radice della generalità di una nozione;

2) ma questa generalità nessuna necessità la sostiene. La ragione non ne prova né soddisfazione, né incoraggiamento. Di conseguenza, se vogliamo impegnare la generalità di questo fatto in una costruzione feconda, non abbiamo altra risorsa se non quella di universalizzarla ancora più solidamente e di attribuirle una necessità razionale. Di un fatto faremo una forma. Senza dubbio, si tratta di un decreto e come di un colpo di forza. Ma ci si autorizzi e tutto rientrerà nell'ordine, nel lavoro progressivo e coordinato della costruzione. Mai, crediamo, si era promosso un fatto a un tale livello. Ecco qui un tratto che ci sembra nuovo nella Fisica.

**[p. 147]** Così ci troviamo in presenza di una generalità in un certo senso raddoppiata: trovata e affermata. Non bisognerebbe però affrettarsi a concludere che la Relatività prenda qui, in questa esperienza almeno, una radice suscettibile di alimentare il realismo della dottrina. In primo luogo, bisogna chiedersi attraverso quale carattere la velocità della luce farà corpo con la teoria; solo così si potrà giudicare il senso e la portata della realtà che essa implica. Ora, è, in tutta evidenza, la sua affermazione in un postulato che darà alla costanza della luce un ruolo così grande. Il lato formale domina immediatamente il lato empirico. Razionalizzando l'empirismo in uno solo dei suoi elementi, si è riportata una prima vittoria sul particolare. Questa vittoria propaga le sue conseguenze in tutta la dottrina. Poiché è per principio che si rende uniforme l'esperienza, si è indotti ad abbandonare tutto ciò che può nuocere alla purezza della forma.

**[p. 174]** D'ora in poi ci si riconoscerà il diritto di incorporare la velocità della luce nella geometria pura dello spazio-tempo. Senza dubbio, può sembrare che questo accentuerà l'aspetto realista e sperimentale che certi filosofi attribuiscono alle scienze geometriche, ma si potrebbe altrettanto dire che questa incorporazione di un fatto in una geometria astratta razionalizza questo fatto. In più, se si pensa che questo fatto viene posto tra i postulati, ci si permetterà forse di propendere **[p. 148]** verso questa seconda parte dell'alternativa. Non si dà alla ragione la sua parte, essa assimila tutto ciò che organizza. Se si segue lo sviluppo dei calcoli relativistici, se ne troverà d'altronde una prova facile. Infatti, dal momento che la costanza del valore della velocità della luce è eretta a principio, questo valore cessa di svolgere un ruolo per il suo significato empirico; ciò che importa non è più il fatto che la luce

percorre 300.000 km/sec. Questo numero potrebbe essere corretto in proporzioni abbastanza grandi senza che la struttura della nostra conoscenza cambi: potrebbe forse perfino subire una trasformazione in seno a una evoluzione generale, senza perturbare i rapporti in cui esso è implicato. Infine è il segno  $c$  che conta, piuttosto che il numero  $3 \times 10^{10}$  cm. Questo segno simbolizza più una qualità che una quantità. Tutta la conoscenza che ne desideriamo si riferisce al suo ruolo, alle sue relazioni. In luogo dei suoi caratteri intrinseci, sono soprattutto i suoi caratteri formali che ci sforziamo di individuare. In altri termini, siamo meno portati a studiarlo come un oggetto che come una funzione.

Inoltre il lato formale è associato a un carattere aprioristico ancora più fortemente marcato. L'esperienza di Michelson non è, dopo tutto, che la causa occasionale della scoperta di una «velocità fondamentale». Infatti, riprendendo la costruzione attraverso l'algebra, basandosi su [p. 175] [p. 149] condizioni interamente *a priori* concernenti le trasformazioni di coordinate dello spazio-tempo, si trova che l'invarianza può essere ottenuta solo introducendo una velocità che svolge un ruolo speciale e che per questo chiamiamo velocità fondamentale. La necessità di questa nozione è senza dubbio grande poiché essa s'introduce, per così dire, nostro malgrado, facendo violenza alle nostre intuizioni più radicate: «Dal punto di vista delle vecchie teorie, che ammettevano l'esistenza di uno spazio e di un tempo assoluti, dice Eddington<sup>636</sup>, questo risultato sembra assurdo. Inoltre, non abbiamo ancora stabilito che le nostre formule abbiano un significato pratico perché, fin qui, niente impedirebbe a  $c$  di avere un valore immaginario. È l'esperienza che ha mostrato l'esistenza di una velocità reale – 300.000 km/sec – che presenta queste proprietà straordinarie; chiameremo questa velocità *la velocità fondamentale*. Per fortuna, c'è una entità fisica – la luce – che di solito si muove con la velocità fondamentale. Sarebbe un errore attribuire alla luce il ruolo capitale che facciamo svolgere alla velocità fondamentale; nondimeno questa felice coincidenza ci è utile poiché essa rende questa velocità direttamente accessibile all'esperienza». Così, è grazie a una [p.150] coincidenza che una nozione può ricevere il sostegno del reale. La realtà appare qui come un *esempio* di costruzione. Il principio della costruzione è intimo, non viene da fuori. Di conseguenza, il fatto che l'esperienza abbia potuto, a un dato momento dell'evoluzione scientifica, suggerire una nozione non è sufficiente a giustificare il carattere sperimentale di questa [p. 176] nozione, soprattutto quando essa assume immediatamente il ruolo di una forma e si colloca tra i postulati della ricerca.

Del resto, come potrebbe una nozione sperimentale interferire con nozioni assiomatiche, senza dapprima essere provvista essa stessa di un carattere assiomatico? Tale è tuttavia il caso della velocità della luce che entra nella definizione *a priori* della simultaneità. Come si è

---

<sup>636</sup> A.S. Eddington, *Espace, temps et gravitation*, trad. J. Rossignol, Paris, Hermann, 1921, partie théorique, p. 10.

spesso notato, l'esperienza di Michelson, se ne consideriamo i lati positivi, prova solo l'indipendenza della velocità media di andata e ritorno rispetto all'orientamento generale della linea di propagazione. È con questa velocità media che si dovrebbe definire la simultaneità. Ma, reazione estremamente curiosa, ai fini di questa definizione, si arriva a trascendere l'esperienza e si postula che la velocità della luce all'andata e la velocità della luce al ritorno sono tutte e due uguali a  $c$  e non più soltanto, come l'esperienza si limitava a stabilire, uguali in media a  $c$ . È ciò che esprime Eddington quando mostra che la simultaneità [p. 151] è definita localmente. Le equazioni utilizzate per questa dimostrazione «implicano, egli dice<sup>637</sup>, ancora la convenzione che se la velocità media di andata e ritorno è  $c$ , la nozione della simultaneità deve essere tale che la velocità di andata e la velocità di ritorno siano separatamente uguali a  $c$ ». Prese in questo stato di correlazione indissolubile, la velocità della luce e la simultaneità appaiono dunque come due pure nozioni, come due entità definite *a priori* e che non riceveranno che in seguito, bene o male, un senso nell'esperienza.

[p. 177] Si vede dunque chiaramente che non è in quanto realtà che la velocità della luce svolge un ruolo essenziale nella trasformazione di Lorentz. Essa è un pezzo di una costruzione algebrica toccata da un certo arbitrio. Eddington diceva, l'abbiamo visto, che, dopo tutto, questa velocità fondamentale poteva essere immaginaria. Non si prende atto della realtà di questa nozione che in seguito, al momento di verificare le teorie. C'è di più, non si esita ad associarla al simbolo immaginario. Così, da ogni parte, l'artificio si impadronisce della nozione della velocità fondamentale: qualitativamente, questa velocità prende posto in un corpo di postulati, quantitativamente essa si compone con l'immaginario. Meglio, questa velocità fondamentale è così straordinaria che, nella costruzione relativistica, gioca lo stesso ruolo del tempo immaginario [p. 152]. Si perviene così a questa curiosa equazione che simbolizza una relazione di simboli:

$$3 \times 10^{10} \text{ cm} = \sqrt{-1} \text{ sec} .$$

Minkowski la chiama, senza dubbio ironicamente<sup>638</sup>, l'equazione mistica. Solo uno sforzo sovrazionale può riunire in uno stesso pensiero entità separate da una eterogeneità così cruda da poter apparire come metafisica.

Questa introduzione del fattore immaginario  $\sqrt{-1}$  procura, dice Born (loc., cit., p. 281), «vantaggi inestimabili per le considerazioni matematiche della teoria della relatività. Giacché, in numerose operazioni e calcoli, non si tratta della realtà delle grandezze considerate, ma soltanto delle relazioni algebriche che esistono tra loro e che sono tanto valide per i numeri

<sup>637</sup> A.S. Eddington, *Espace, temps et gravitation*, op. cit., partie théorique, p. 17.

<sup>638</sup> M. Born, *La théorie de la Relativité d'Einstein et ses bases physiques*, op. cit., p. 282.

reali quanto per i numeri [p. 178] immaginari»<sup>639</sup>. Come dire che il realismo delle grandezze svanisce, che il gioco delle forme accentua la sua rapidità e la sua eleganza quando esso ammette, come una fantasia, perdendo la garanzia della chiara razionalità, la cooperazione dell'immaginario. Si obietterà probabilmente che si tratta solo di un artificio di calcolo e che la realtà riprenderà i suoi diritti fin dall'interpretazione delle formule. Ma che pensare di un realismo all'eclissi, che imporrebbe delle nozioni e che cercherebbe altrove la forza di derivarne [p. 153] conclusioni sperimentali? Come soprattutto rendere ragione del valore inferente di organizzazioni nettamente e profondamente artificiali? Poiché è attraverso il loro lato artificiale che le costruzioni relativistiche hanno fatto emergere concetti sperimentali nuovi. Born lo dice in termini propri<sup>640</sup>. È l'associazione dello spazio e del tempo attraverso il fattore immaginario  $\sqrt{-1}$  che porta alla nuova concezione della legge di energia. È soltanto nella rappresentazione di Minkowski che questa legge di energia «appare accanto alla legge di impulso spaziale, come una relazione equivalente tra le componenti di tempo e enunciandosi nello stesso modo». C'è dunque una specie di vita delle forme così suscitate. Essa ci conduce di scoperta in scoperta dando alle nozioni il loro potere massimo di combinazione. Come dice giustamente Born: «Se si mette in cima a ogni studio il principio di Minkowski, di analogia tra il tempo e lo spazio, si ottiene la modalità corretta di pensare i legami profondi che esistono tra tutte queste relazioni». Ma ancora una volta, questa analogia [p. 179] non è l'esperienza che la suggerisce, è piuttosto contro l'esperienza e il senso comune che la si ottiene. Occorre che l'equazione mistica intervenga per illuminare rapporti nascosti, per fondere in una sola unità fenomeni che l'esperienza presentava come profondamente disuniti. [p. 154] Riassumendo, nella Relatività si mira deliberatamente a una organizzazione di forme, a una costruzione di concetti. E nozioni che avevano, nella vecchia fisica, un carattere sperimentale indiscusso entrano in un sol colpo, per mezzo di artifici spesso audaci, in un sistema di razionalità. La velocità della luce è al nodo della costruzione, è essa che apporta una dichiarazione di realtà alla saldatura algebrica dello spazio e del tempo. Ma essa non lavora geometricamente se non geometrizzandosi. Benché provenga dall'esperienza, il suo ruolo la ricolloca nel corpo delle nozioni postulate. Come la chiave di volta che chiude e consolida un arco, essa completa un sistema, ma, per ultima che appaia, non è meno fondamentale.

---

<sup>639</sup> M. Born, *La théorie de la Relativité d'Einstein et ses bases physiques*, op. cit., p. 281.

<sup>640</sup> *Ibid.*, p. 283.

### III

Una delle prove più decisive del carattere formale della costruzione relativistica è senza dubbio il senso sperimentale essenzialmente tardivo attribuito ai diversi simboli che questa costruzione produce [*échafaupe*]. In effetti, è solo quando si «disarma [*décintre*]\*», secondo l'espressione di Poincaré, che ci si accorge di avere costruito la Realtà, o per lo meno, crediamo, una realtà. La direzione del [p. 155] movimento epistemologico è veramente, in Relatività, inversa rispetto al movimento di ogni Realismo. Zaremba ha segnalato questo carattere particolare della costruzione relativista<sup>641</sup>. «Invece di cominciare, come nelle [p.180] altre teorie della fisica, col fissare con chiarezza il senso fisico dei simboli matematici che ci si propone di introdurre, Einstein e i suoi discepoli adottano l'ordine inverso: costruiscono la loro teoria senza precisare il senso fisico dei simboli che impiegano, salvo a cercarne *a posteriori* l'interpretazione fisica precisa». In realtà, è un carattere sorprendente di molte teorie moderne che esse abbiano proposto definizioni precise e dettagliate per nozioni che, in una scienza più antica, andavano da sé, come la distanza, la massa. Ma questo aspetto è ancora più evidente nella Relatività che ha accresciuto la libertà dei postulati nello stesso tempo in cui essa richiedeva una disponibilità completamente nuova dell'intuizione. Gli elementi sperimentali non sono più che occasioni di calcolo.

Così, il fatto che si parta ora dalla natura metrica dell'elettricità per determinarne le leggi dimostra che la costruzione relativistica dell'elettricità si svolge in un senso esattamente inverso allo sviluppo storico dell'esperienza; mentre nella vecchia fisica si [p. 156] supponevano delle entità per misurare i loro effetti, esponendo solo la tecnica della misura e senza trovare difficoltà al suo principio, nella nuova fisica è nel corpo stesso della misura che si pongono le supposizioni; in altri termini, la misura, in quanto misura, non va da sé, richiede dei postulati matematici. Inoltre, questa base formale deciderà di tutto, perché questi postulati metrici devono essere sufficienti e lo sono. Non hanno bisogno di un supporto sperimentale diretto; organizzandoli, si costruirà la Fisica.

[p. 181] Un altro esempio, forse ancora più chiaro, è fornito dai fenomeni della gravitazione. È evidente, infatti, che non si postula la gravitazione, in Relatività, con dei caratteri fisici, ma che la si scopre matematicamente, all'estremità di un ragionamento matematico. È quanto ci sembra indicare in un tratto rapido Becquerel<sup>642</sup>. «Cerchiamo come, conformemente al principio della relatività generale, può essere ottenuta la covarianza delle equazioni della fisica; e se, nell'Universo reale, riconosciamo che i potenziali gravitazionali  $g_{\nu\mu}$  devono essere assoggettati a certe relazioni, queste relazioni esprimeranno la legge generale della

---

\*[*edil. ing. civ.*]

<sup>641</sup> S. Zaremba, *La théorie de la Relativité et les faits observés*, Paris, Gauthier Villars, 1922, p. 6.

<sup>642</sup> J. Becquerel, *Le principe de la Relativité et la théorie de la gravitation*, op. cit., p. 147.



gravitazione». L'espressione che sottolinea, in questa citazione, l'accostamento del [p. 157] calcolo a un fatto matematico che si «riconoscerebbe» nel campo gravitazionale reale non deve ingannarci. Evidentemente è questione solo di un riferimento di ordine puramente matematico, al centro di una costruzione di ordine unicamente matematico. Non si tratta di *trovare* e di *descrivere* una realtà che a noi si proporrebbe con caratteri matematici particolari. È, al contrario, un compito tutto costruttivo che si impone al teorico; egli deve costituire, tra condizioni matematiche generali, altre condizioni matematiche particolari che svolgeranno il ruolo di limitazione, di restrizione, ruolo impartito tradizionalmente alla Realtà. «Ricerca delle condizioni restrittive che essi (i potenziali della gravitazione) devono soddisfare significa ricercare la legge fondamentale di gravitazione»<sup>643</sup>. Così, le condizioni limitative atte a [p.182] definire la materia si presentano nel quadro stesso della prima informazione. Queste condizioni sono matematicamente e quindi formalmente limitative.

Si potrebbe obiettare che il problema della gravitazione si pone di fronte a un fenomeno di insieme che riguarda delle medie e che ciò spiega la nostra libertà nell'organizzazione teorica del suo fenomeno, ma che si troverebbero, al contrario, in un oggetto più elementare, nell'elettrone [p. 158] per esempio, i caratteri materiali che alla fine ostacolano l'apprensione da parte dei quadri matematici e formali e che pongono così una realtà. Ma ciò significa perdere di vista il senso stesso della costruzione. Come dice molto bene Villey, «le regioni interne agli elettroni devono essere considerate come estranee allo spazio-tempo, perché non essendo concepibile alcuna esplorazione con regoli e orologi, la geometria di queste regioni non presenta alcun senso per noi». Queste zone si troveranno dunque esse stesse escluse dal nostro studio per il solo fatto che noi lavoriamo nello spazio-tempo, con complessi algebrici esprimibili in funzione degli orologi e dei regoli. Si può dire in certo modo che i caratteri materiali si lasciano interamente definire da una matematica esteriore, da una forma che si avvicina alla materia, ma che non potrebbe mai essere chiamata la sua propria forma. Pertanto, l'intimità della materia non potrebbe essere raggiunta, ma ciò non impedisce che la definizione della materia sia completa poiché sono sempre le sue funzioni che noi studiamo e, dato che un oggetto non ha funzioni se non in una relazione, è sempre con un corpo di relazioni che noi abbiamo a che fare. In altri termini, l'interno dell'elettrone è un puro nulla funzionale, non interessa al matematico.

È, dunque, sempre a un incastro di forme che si procederà per andare dal geometrico al [p. 159] materiale. Ciò è [p. 183] molto visibile quando si esamina il legame algebrico che va dal tensore di Riemann-Christoffel, molto vicino alle definizioni assiomatiche dello spazio-tempo, al tensore contratto corrispondente, a partire dal quale si esprimono i caratteri

---

<sup>643</sup> J. Villey, *Les divers aspects de la théorie de la Relativité*, Paris, Gauthier Villars, 1923, p. 22.



materiali. Ma questa filiazione richiede una nota in più. Appare infatti chiaramente che questa filiazione ha un carattere induttivo poiché nulla obbligava ad assumere per la materia forme tensoriali così affini alle condizioni geometriche generali. In particolare, non si deducono certamente i caratteri matematici della materia. Tutt'al più, si verificano per mezzo della deduzione certe forme matematiche. Ma è un pensiero più profondo e che ha già la sua propria consistenza a proporre e collegare le forme matematiche di cui dobbiamo verificare il valore di spiegazione. È nella scelta di queste diverse forme che il pensiero induttivo lavora<sup>644</sup>. Ancora una volta dobbiamo renderci conto che se è il pensiero deduttivo che insegna e spiega, è il pensiero induttivo che scopre.

#### IV

Si potrebbe forse accentuare ancora il carattere formale della costruzione relativistica, affrontando il problema nella sua radice matematica più lontana, nel postulato di invarianza algebrica e sottolineando a questo proposito una convenzione che passa spesso inosservata.

**[p. 184]** C'è, infatti, alla base delle trasformazioni tensoriali (per controvarianza o covarianza), una convenzione formale di equivalenza che ci sembra togliere a queste trasformazioni il senso di una corrispondenza tra due tipi di realtà. Seguiremo per spiegare il nostro pensiero lo sviluppo di Appell<sup>645</sup>. Consideriamo, per esempio, una funzione definita su una molteplicità particolare. Se una trasformazione è applicata alle coordinate dei punti della molteplicità, non va da sé che questa trasformazione di coordinate definisca nello stesso tempo una trasformazione delle funzioni corrispondenti. In altri termini, le funzioni non sono vere e proprie realtà che sussistono necessariamente in modo tale che nuove variabili verrebbero a spiegarle sotto una nuova forma; una convenzione **[p. 161]** ha fissato la prima corrispondenza: punti-funzioni; una convenzione deve dunque fissare la seconda corrispondenza: punti nuovi-nuove funzioni. Senza quest'ultima convenzione, un sistema di riferimento porterebbe la sua influenza in un sistema differente, il che significherebbe che un sistema di riferimento è più essenziale di un altro, in contraddizione col principio stesso della dottrina relativistica.

Fissando questa seconda convenzione, la nuova corrispondenza potrà, in tutta evidenza, accogliere un certo parallelismo con la convenzione della corrispondenza primitiva. Infatti, Appell pone semplicemente due condizioni estremamente ampie che permetteranno di mantenere due leggi molto importanti che riguardano la trasformazione identica e il prodotto

---

<sup>644</sup> Vedere per esempio J. Becquerel, *Le principe de la Relativité et la théorie de la gravitation*, op. cit., § 75, p. 180.

<sup>645</sup> P. Appel, *Traité de Mécanique rationnelle*, t. V, Paris, Gauthier Villars, 1926, p. 24 e 25.

di due trasformazioni successive. È giusto dire che la [p. 185] trasformazione verso cui la mente si volge allora quasi immediatamente è la trasformazione per invarianza. Essa consiste

semplicemente nel sostituire nelle funzioni  $f$  le variabili (*vecchie*)  $x^1$  con le loro espressioni in funzione delle variabili (*nuove*)  $\bar{x}^1$ , si ottengono così nuove funzioni  $\bar{f}$  legate alle prime per mezzo di relazioni del tipo:  $\bar{f}(\bar{x}^1) = f(x)$ .

Ma bisogna osservare che questa uguaglianza non la si trova, non ce la si impone, essa [p.162] è, al contrario, oggetto di una convenzione particolare. Di conseguenza, l'invarianza non è un *fatto* algebrico, ma risulta da una convenzione che sarebbe interessante, con Appell spiegare. Ciò è talmente vero che il calcolo tensoriale considera di preferenza, in certi casi particolari, altri procedimenti di trasformazione. Per esempio, se le funzioni considerate sono le diverse derivate primarie di una funzione  $\varphi$  definita essa stessa sui punti di una molteplicità, non sarà l'invarianza di queste funzioni derivate a sembrare la più naturale. Si preferirà trasformare la funzione  $\varphi$  per invarianza, col rischio, quindi, di far corrispondere alle funzioni  $f_1(x_1) = \frac{\partial \varphi}{\partial x_1}$  le derivate parziali di  $\bar{\varphi}$  in rapporto alle  $\bar{x}_1$ . È questo metodo, come si sa, a introdurre la covarianza. La controvarianza introdotta in occasione dei differenziali darebbe luogo alle stesse osservazioni.

C'è dunque tra invarianza, covarianza e controvarianza tutto un gioco di convenzioni e ci si spiega che i caratteri di covarianza e controvarianza non specificano interamente [p. 186] i tensori. Questa indeterminazione è il segno di una libertà originaria nella scelta delle leggi algebriche. Se, in seguito, restituiamo all'invarianza di certe forme il valore d'oggettività [p.163] che le è generalmente riconosciuto, non dovremo dimenticare che l'oggettivazione prende il suo punto di partenza in un corpo di convenzioni che lascia al pensiero un ruolo primordiale e attivo nella sua costruzione della Realtà.

## [p. 187/164]      CAPITOLO V: LE GARANZIE DI UNITÀ DELLA DOTTRINA

Quando viene colta nel suo compito di esplorazione, l'induzione appare impaziente di approfittare dei terreni favorevoli. Cede di fronte all'ostacolo e si divide in un'alternativa. Ma è molto raro che siano anche studiati i due termini di una tale alternativa provocata da uno scacco ed è sempre da temere che scegliendo la via più facile l'induzione abbia rinunciato, senza speranza di ritorno, alle possibilità di sviluppi laterali.

Dovremmo dunque chiederci se la costruzione relativistica abbia una unità netta, quale necessità la diriga, in altri termini quali siano le garanzie che ci permettono di affermare che

l'induzione relativista è naturale, unica, formata di un solo blocco, come avviene per le dottrine che si sviluppano per deduzione.

Purtroppo questo è un compito che l'epistemologo non può intraprendere se non riguardo a **[p.165]** una scienza compiuta. Un **[p. 188]** giudizio sulla fecondità di una alternativa – cioè sulla sua realtà effettiva – richiederebbe un uguale sviluppo dei due termini mantenendo un parallelo tra le due costruzioni fino ai punti in cui esse affiorerebbero nella realtà. La Relatività non fa nulla del genere. Si può quindi solo offrire qualche riflessione per aiutare a porre correttamente il problema.

## I

All'inizio c'è un problema. Ciò che potrebbe condurre a misconoscerlo è senza dubbio il grande successo filosofico del teorema di Poincaré sulla molteplicità essenziale delle spiegazioni meccaniche. A che pro darsi tanto da fare per assicurarsi una unità che, una volta costituita, si spezzerà in immagini molteplici tra le quali non si può affatto decidere al di fuori delle ragioni di comodità? A che pro stabilire con tanto rigore una sintassi che non è capace di dare la realtà a semplici espressioni suscettibili di essere tradotte in tutte le lingue?

Si sa in che cosa consiste questo teorema. «Se **[p. 166]** dunque, dice Poincaré, un fenomeno comporta una spiegazione meccanica completa, ne comporterà una infinità di altre che renderanno conto altrettanto bene di tutte le particolarità rilevate attraverso l'esperienza»<sup>646</sup>. La dimostrazione equivale a tendere, sotto la spiegazione fenomenologica espressa in funzione dei parametri forniti direttamente e chiaramente dall'esperienza, verso nuove variabili assegnate a molecole invisibili **[p. 189]** – siano esse molecole di materia o molecole di fluidi più o meno ipotetiche. Poiché il numero di queste molecole è peraltro lasciato a nostra libera disposizione, possiamo sempre avere sufficienti equazioni per determinare i parametri fenomenologici e ricongiungerci così con l'esperienza. Ma bisogna capire che questa facilità deriva solo dal carattere interamente ipotetico degli elementi meccanici posti per le necessità dell'algebra. In particolare questi meccanismi sottesi al fenomeno non chiariscono affatto il meccanismo apparente del fenomeno. Si evocano *quantità* occulte e se ne moltiplica il numero nella proporzione stessa indicata dalle necessità della determinazione algebrica. La spiegazione meccanica che sarebbe più illuminante è quella che utilizzerebbe il meccanismo fenomenologico stesso, quella che si esprimerebbe con i parametri dell'esperienza, seguendo le articolazioni delle equazioni **[p. 167]** differenziali derivate immediatamente dall'esperienza. A dire il vero, il teorema di Poincaré stabilisce solo la molteplicità delle spiegazioni algebriche. Che poi si aggiungano a ciascuna di queste spiegazioni immagini meccaniche differenti significa in sostanza illustrare l'algebra per

---

<sup>646</sup> H. Poincaré, *Electricité et optique*, G. Carré, 1890, Introduction, p. VIII.

esigenze pedagogiche. La spiegazione meccanica in tutta la forza del termine si svilupperebbe proprio in senso inverso, poiché essa dovrebbe dare le proprietà algebriche in funzione di una rappresentazione meccanica veramente primaria. È d'altronde giusto aggiungere che il teorema di Poincaré mira soltanto a stabilire una possibilità di molteplici spiegazioni e non pretende di suggerire spiegazioni effettive. Ma questa possibilità ci sembra di natura interamente algebrica; essa dipende da una schematizzazione completa nella base elementare dei meccanismi supposti.

[p. 190] Per di più, per quanto si sia liberi di collegare i parametri visibili a meccanismi ipotetici, bisogna comunque chiedersi se tutte le teorie meccaniche che sono, se si può dire, implicite in un'unica spiegazione non siano per ciò stesso strettamente coordinate. Certo, funzioni arbitrarie possono modificare i termini di una soluzione e dare così soluzioni ben diverse. Ma la relazione per funzioni arbitrarie è comunque una relazione. Se si passa da un sistema a un altro univocamente [p. 168], la coordinazione dà prova della sua unità. È la coordinazione a essere il fenomeno. Essa si espone in vari modi, ma, concepita nel suo ordine, in una specie d'*Analysis situs* delle funzioni della spiegazione, riserva un'unità manifesta. La comodità non ci sembra, dunque, spingersi tanto avanti quanto si è detto. Essa è, com'è ovvio, un carattere dell'espressione. Ma rimane una realtà di ordine funzionale sulla quale essa non ha presa. È questa un'obiezione che Léon Bloch ha presentato in termini molto generali. «Una volta che le equazioni di un fenomeno sono stabilite, è possibile, secondo l'illustre geometra (Poincaré), se queste equazioni sono di una certa forma, ritrovarle attraverso un'infinità di vie, e di conseguenza basarle su un'infinità di ipotesi distinte. Ma ciò che queste ipotesi hanno di fisicamente vero non è per questo distinto. Sotto la varietà delle supposizioni fondamentali si ritrovano la stessa forma e lo stesso aspetto dei fenomeni. Questo basta perché ci sia permesso di dire che tutte queste ipotesi sono equivalenti, e che dal punto di vista matematico non ne formano che una sola»<sup>647</sup>.

[p. 191] In queste condizioni, il problema dell'unicità di una teoria deve essere posto con un'ampiezza d'esame molto grande. È dal numero e dalla funzione degli elementi della spiegazione che si deve [p. 169] caratterizzare questa spiegazione. Due teorie che si corrispondono per mezzo delle trasformazioni di coordinate sono conciliabili. Algebricamente ne fanno una sola. Solo un pensiero realista può distinguerle aumentando il senso dato alle variabili a scapito della relazione che deve giocare il ruolo primordiale nella spiegazione.

---

<sup>647</sup> L. Bloch, *La philosophie de Newton*, op. cit., p. 184.

## II

Bisognerebbe dunque avere un mezzo per misurare la coerenza dei vari argomenti. L'ideale sarebbe di poter erigere un'assiomatica della Relatività in cui riunire tutti i postulati della dottrina, tutte le definizioni degli elementi di spiegazione. Fintantoché non si farà altro che supporre occasionalmente, fintantoché non ci si prenderà cura di rapportare tutte le convenzioni allo stesso livello, in uno stesso corpo, non se ne vedrà esattamente il ruolo e si correrà sempre il rischio di dimenticare l'ampiezza della supposizione.

David Hilbert ha iniziato fin dal 1915 a stabilire, nello spirito del metodo assiomatico, un primo collegamento tra i fenomeni elettrici e i fenomeni gravitazionali<sup>648</sup>. Egli riesce infatti [p. 170] a dedurre da due assiomi soltanto un nuovo sistema di equazioni che forniscono contemporaneamente la soluzione del problema gravitazionale di Einstein e quella del problema [p. 192] elettrodinamico di Mie. Il primo di questi assiomi, che egli chiama l'assioma della funzione d'Universo, consiste unicamente nell'affermare che la legge del fenomeno fisico è determinata da una funzione dei potenziali gravitazionali e dei potenziali elettrodinamici, annullando la variazione di un integrale di questa funzione. Il secondo assioma pone semplicemente l'invarianza algebrica di questa funzione d'Universo. Questi due assiomi si presentano nella teoria di Hilbert come interamente sganciati dall'esperienza. Il fatto che gli argomenti della funzione universale siano designati con il nome di potenziali gravitazionali ed elettrodinamici non deve ingannare a questo riguardo. In effetti questi potenziali non comportano nessuna proprietà di ordine fisico; in particolare, non sono oggetto di alcuna descrizione preliminare; solo condizioni algebriche di continuità e di regolarità molto generali sono annesse a queste variabili. Seguendo l'esempio dell'assiomatica geometrica si prendono dunque questi potenziali come elementi formali, li si considera come termini di cui si danno delle definizioni di parole; in seguito si impegnano questi termini negli assiomi, aggiungendo così una sintassi a una morfologia, ed è in questi [p. 171] assiomi, cioè per mezzo delle proprietà della funzione posta alla maniera di un postulato, che questi potenziali assumono un senso e insieme un ruolo. Questo senso è quindi nettamente funzionale prima d'essere realistico. A dire il vero, ci si accorge che la costruzione di Hilbert è ispirata dai lavori di Lorentz sul principio della minima azione di Hamilton, ma leggendo la sua memoria ci si convince che il senso hamiltoniano della funzione postulata non è esplicito, non gioca alcun ruolo nella costruzione. Il carattere formale è dunque interamente riservato. Tutto lo sforzo di Hilbert consiste nel provare che le supposizioni, peraltro estremamente poco numerose, sono sufficienti a costruire logicamente la teoria.

---

<sup>648</sup> D. Hilbert, *Nachrichten von der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen*, Mathematisch-Physische Klasse, 395-407, 1915, p. 396.

[p. 193] Ma ciò che occorre comprendere bene, inoltre, è la solidarietà completamente nuova che tale metodo realizza tra la geometria e la fisica. Non c'è una assiomatica fisica che troverebbe il suo posto dopo l'assiomatica geometrica, come un complemento, come una materia in una forma. Si tratta di una fusione intima, immediata, preliminare a ogni sviluppo, in ogni caso nel quadro stesso di una assiomatica unificata. Questo carattere aprioristico non corrisponde a una semplice sfumatura; non dipende da un'organizzazione pedagogica più o meno convincente; esso segna fortemente, con un segno nuovo, un pensiero tutto nuovo, perché determina una nuova classificazione epistemologica.

[p. 172] È questa relazione del tutto nuova del fatto geometrico e del fatto fisico che spiega forse più nettamente l'opposizione tra la vecchia e la nuova fisica. D. Hilbert, in una seconda memoria, ha presentato con altrettanta sicurezza quanto finezza questa opposizione.

La vecchia fisica accettava, con il concetto di tempo assoluto, i postulati della geometria euclidea e li prendeva innanzitutto come base di ogni teoria fisica ristretta. Gauss stesso si allontanò molto poco da questo metodo: egli costruì ipoteticamente una fisica non-euclidea, cancellando solo l'assioma delle parallele tra tutti i postulati della geometria euclidea e conservando il tempo assoluto; la misura degli angoli di un triangolo di grandi dimensioni gli mostrò allora la non validità di questa fisica non-euclidea. La nuova fisica del principio einsteiniano della Relatività generale si pone di fronte alla geometria in tutt'altra situazione. Essa non prende prima di tutto come base né la geometria euclidea, né qualche altra geometria determinata, per dedurne le vere leggi fisiche; ma la nuova teoria della Fisica, [p. 194] basandosi sul solo principio di Hamilton, fornisce ..., in un sol colpo, le leggi geometriche e le leggi fisiche.\*

In altri termini, la vecchia fisica classificava in serie le ipotesi: essa accettava dapprima i quadri geometrici e li provava a contatto con l'esperienza fisica. [p. 173] La nuova fisica pone tutta l'ipotesi sullo stesso piano. È il principio stesso dell'Assiomatica applicato in tutta la sua purezza.

La base di David Hilbert può però, per certi aspetti, apparire molto ristretta. Zaremba, avanzando una critica su un punto molto preciso, si è preso molta cura di catalogare i termini, di codificare le ipotesi utilizzate in Relatività ristretta. Egli ha riunito ciò che, in tutte queste supposizioni, è specifico della Relatività e ciò che è già ammesso più o meno tacitamente nell'Analisi matematica usuale? Partito da questa base allargata, Zaremba è giunto alla conclusione che le ipotesi delle teorie relativistiche «sono insufficienti per stabilire una corrispondenza tra le operazioni di misura e i valori numerici dei simboli che entrano nelle formule della teoria»<sup>649</sup>. Questo, come dice lui stesso, prova non che si debba rigettare la

---

\* [Manca indice di nota e nota a piè di pagina in entrambe le versioni francesi].

<sup>649</sup> S. Zaremba, *La théorie de la Relativité et les faits observés*, op. cit., p. 4.

teoria relativistica, ma soltanto assicurarla su una assiomatica ancora più ampia, completando il corpo delle ipotesi e delle definizioni preliminari.

È relativamente facile ritenere possibilmente fallimentare un programma così esigente. Le circostanze storiche, infatti, perturbano le condizioni epistemologiche del problema. E. Bialobrzewski<sup>650</sup> ha dimostrato che una «assiomatizzazione» [p. 174] veramente totale della Fisica era molto difficile da concepire in un [p. 195] periodo come il nostro che conosce incessanti sconvolgimenti. Egli non ha, tuttavia, ignorato la portata dei tentativi «di assiomatizzazione» parziale. Crediamo, da parte nostra, che ogni impresa assiomatica insegni e fondi uno spirito nuovo. Questo pensiero che procede per assiomi e costruzioni può, allora, essere applicato a dati ancora impuri. Chiarire tutto sarebbe evidentemente l'ideale. Ma è già un compito di chiarezza quello di costruire chiaramente con materiali opachi. Non ci si può chiedere di mettere la malta tra le molecole, ma solo tra le pietre. È anche il segreto della forza profonda del pensiero assiomatico il fatto che essa possa ammettere un concetto oscuro e servirsene chiaramente. In questo pensiero, l'evidenza corrisponde non a un'analisi intrinseca ed esaustiva dei concetti ammessi, ma a un intreccio delle relazioni estrinseche, disegnate conformemente a delle regole. Questa evidenza non la si possiede, la si conquista. Si deve dunque far credito alla costruzione. L'assiomatica interamente occupata del *ruolo* delle nozioni perdona anche il peccato originale delle nozioni nate dall'esperienza. D'altra parte, poiché il concetto ha senso solo all'interno e per mezzo dell'assioma, la contraddizione non può sorgere che dal conflitto degli assiomi fra di loro. È dunque a livello dei postulati che si deve esaminare la coerenza e [p. 175] non in seno ai postulati. È soltanto nel momento in cui questi postulati cooperando danno un ruolo ai concetti che si può giudicare la loro coordinazione.

Queste osservazioni sono generali. Esse non invalidano la critica di Zaremba che esige la chiarificazione di un dato particolare della teoria. Sembra, infatti, che non si sia potuta fornire la definizione di una «relazione invariabile» tra una sorgente luminosa e la Terra, definizione senza la quale l'esperienza di Michelson non può neanche essere formulata. [p. 196] Ma la definizione, del tutto virtuale, apportata da Weyl ci sembra sufficiente a generare l'evidenza ipotetica che è lo scopo di una assiomatica. Zaremba confronta egli stesso le due tesi del dibattito che, crediamo, deve restare aperto<sup>651</sup>. «Weyl non propone in verità *nessuna* definizione di corpo rigido, *ammette* soltanto che sarebbe possibile immaginarne una». È senza dubbio – nuovo esempio di un'opposizione che abbiamo segnalato – sul senso conferito a quest'ultima possibilità che i due scienziati matematici sono in disaccordo. Weyl sembra

---

<sup>650</sup> Vedere *Revue de Méta. et de Mor.*, avril 1928.

<sup>651</sup> S. Zaremba, *La théorie de la Relativité et les faits observés*, op. cit., p. 34.



accontentarsi di una possibilità nella concezione, di ordine matematico. Zaremba esige una possibilità suscettibile di definire un corpo rigido propria di una misura di ordine fisico. Da questo [p. 176] punto di vista, egli può concludere che «la nozione di corpo rigido considerata da Weyl è davvero troppo incompleta per fondare su di essa i procedimenti di misura di lunghezze nella teoria della Relatività ristretta»<sup>652</sup>. In definitiva, non si tratta dunque tanto di risolvere una questione di coerenza logica quanto di stabilire un metodo per riunire con perfetta sicurezza la totalità dei postulati implicati nella costruzione.

Sarebbe evidentemente desiderabile enumerare e definire, all'inizio di una dottrina, tutti i concetti che essa deve utilizzare, tutti i postulati che presiederanno al suo sviluppo. Ma l'insufficienza a tale riguardo segnalata da Zaremba è lontana dall'essere specifica della Relatività; essa sembra piuttosto riguardare il principio stesso di ogni assiomatica.

Si sa, in effetti, che un sistema di postulati deve avere tre caratteristiche. Deve essere coerente, completo e tutti i postulati [p. 197] che esso contiene devono essere indipendenti. Ma mentre conosciamo dei criteri per giudicare la coerenza e l'indipendenza dei postulati, non ne abbiamo nessuno che ci garantisca la formazione di un insieme veramente completo. Prova ne sia che su un terreno così dibattuto come quello dei fondamenti della geometria abbiamo potuto vedere elevarsi bruscamente una geometria non archimedea che [p. 177] nega un postulato per lungo tempo lasciato implicito. Niente ci assicura che non sussistano, all'origine della geometria stessa, proposizioni che ingannano la nostra intuizione con una specie di evidenza interna o familiare e che un pensiero più propriamente logico potrebbe tradurre sotto forma di postulati. Non è, dunque, sempre facile come si crede affidarsi a un logicismo *chiuso*.

### III

Infine quando venisse dimostrato che si mantengono tutti gli elementi della costruzione, nella intensa luce di una assiomatica, non si sarebbe ancora provato che è impossibile aggiungervi da fuori un elemento nuovo per intraprendere su una base più larga una costruzione più ricca. Quanto questa nuova prova sarebbe difficile apparirà immediatamente alla riflessione del filosofo che deve riconoscervi, ricondotto al suo dato essenziale, il problema della fecondità del pensiero. Sul terreno che ci occupa, questo problema si enuncerebbe così: Come può l'esame interno di un corpo di postulati del tutto normale e quindi completo richiedere – o suggerire – una nuova aggiunta?

[p. 198/178] Presentato sotto questa forma, sembra proprio che questo arricchimento non possa provenire che da un procedimento dialettico. È solo col beneficio di un'alternativa che si può sperare di riaprire un dominio logico chiuso su se stesso. In effetti, tutti gli

---

<sup>652</sup> *Ibid.*, p. 35.



arricchimenti del pensiero geometrico contemporaneo sono nati da una alternativa restituita. D'altra parte, nel dominio del pensiero, non accade come nel dominio dell'azione, non si abbandona niente ponendo un'alternativa: al contrario, si ottiene il vero valore dialettico di una nozione ponendo questa nozione in un'atmosfera di possibilità allargata. Si potrebbe dire di una tale dialettica, seguendo una espressione di Villiers de l'Isle-Adam, «che essa assoggetta distaccando». Un pensiero totalizzante non fa fatica a riunire possibilità divergenti, non appena questi pensieri possono ricevere una classificazione dialettica. La stessa linfa nutre il tronco e i rami. Non è per accidente che la pangeometria ha trovato una base consolidata in un algebrismo sottostante. Questo algebrismo di cui Klein e Poincaré hanno così ben compreso il ruolo nella corrispondenza delle diverse geometrie è senza dubbio il segno di un'unità più profonda che deve alla fine ridurre il dualismo delle alternative.

Campbell ha apportato al problema delle alternative epistemologiche il suo contributo di fisico. Ne distingue con chiarezza due specie [p. 179] in Relatività: quelle della Relatività ristretta e quelle della Relatività generale. Possiamo mutuare questa classificazione un po' risolta, essa ci sembra per ciò stesso in grado di chiarire il problema.

Le prime, che rientrano nell'idea fondamentale dello spazio generalizzato, sono completamente assorbite da questa matematica. Esse non offrono, per così dire, più presa alla discussione. Bisogna considerarle come fatti matematici che hanno la loro necessità. Esse presiedono a scelte [p. 199] matematicamente equilibrate, nelle quali non si ha alcuna ragione matematica di scegliere. È forse uno dei caratteri più curiosi della Relatività quello d'essere fondata su una indeterminazione apertamente accettata, chiaramente promossa al rango di una necessità teorica primordiale. «Ci proponiamo, dice Eddington, di costruire una teoria dell'Universo che riconosca formalmente questa indeterminazione del sistema di misure»<sup>653</sup>. Strana costruzione del reale che una realtà più rigorosamente appresa squilibrerebbe! Si fa così una base, quasi una realtà, dell'alternativa in sé.

Il secondo tipo di alternative si avvicina di più alle esitazioni teoriche. Esse appartengono a una scienza in via di formazione quale è la Relatività generale nelle sue parti [p. 180] più recenti. Non sono la conseguenza di un metodo e il quadro che se ne fornirebbe mancherebbe di legame intimo. Per esempio, sarebbe molto difficile, nello stato attuale della dottrina, trovare un principio di classificazione che potesse assicurarci che le concezioni di Einstein e di De Sitter sul tempo infinito rappresentino, in una giusta e necessaria alternativa, tutto il campo delle ipotesi possibili. Dall'una all'altra c'è una forma di dialettica perché nell'ipotesi di Einstein il tempo non ha curvatura, mentre esso ne possiede una nell'ipotesi di De Sitter. Ma la funzione che determina questa opposizione è introdotta senza una chiara necessità. Non

---

<sup>653</sup> A.S. Eddington, *Espace, temps et gravitation*, op. cit., partie théorique, p. 1.

si ha dunque più a che fare con le alternative fortemente coordinate allo sviluppo teorico, come quelle che abbiamo notato nei punti di arricchimento reale della dottrina. Ricadiamo invece nel [p. 200] tipo di ipotesi effimere, semplice impalcatura che non potrebbe restare nel corpo della costruzione. Accade lo stesso quando si pretende di rimettere in questione, in una alternativa globale, tutto lo sviluppo della teoria. Tale è il caso dell'alternativa di Painlevé che propone di modificare gli assiomi della meccanica piuttosto che le nozioni di tempo e di spazio. Sarebbe difficile eseguire questo programma tanto più che la meccanica classica ha riportato dei successi di cui bisogna render conto. La si può [p. 181] certo modificare, ma assorbendola. Ciò significa, come si vede facilmente, incorporare l'alternativa stessa nel corpo della spiegazione. Quando cerchiamo di fissare le vie e i mezzi della fecondità del pensiero, arriviamo sempre a questo stesso problema della correlazione delle opposizioni dialettiche. Non basta proporre delle alternative, bisogna dimostrare che esse si pongono necessariamente, tramite la forza della generalizzazione, attraverso la via stessa del pensiero induttivo. Così coordinate, le alternative procurano [*réservent*] la ragione della loro totalizzazione. Passano al rango dei fatti. Il progresso nasce da una antinomia superata. Il dubbio si presenta come il primo segno dell'allargamento della dottrina. L'alternativa ben equilibrata dà poi il piano completo della possibilità. Un metodo che era solo eristico diventa euristico una volta che si è compresa la necessità profonda della controversia.

## [p. 201/182]    CAPITOLO VI: SEMPLICITÀ E RAGIONE SUFFICIENTE

### I

Nella prefazione del suo libro sulla «Deduzione relativista», Meyerson ha posto il carattere filosofico della Relatività sotto il segno del concetto di «Totalità» studiato da Höffding. Ciò sembra tanto più vero quanto meglio si è colto tutto ciò che la categoria di totalità ha di dinamico nella filosofia di Höffding<sup>654</sup>. La Relatività è veramente una totalità presa nel suo sforzo di compimento, una totalità vissuta e si deve ammirare, ancora più della sua ampiezza, il suo movimento. Ma per ciò stesso «la totalità relativista» non può apparire chiusa come un sistema filosofico, [p. 202] come il sistema cartesiano o hegeliano per esempio. Ad essa manca la [p. 183] coerenza di una intuizione immediata; sembra assai improbabile che un giorno se ne faccia una sintesi intuitiva, un pensiero unificato che come da una vetta consegnerebbe tutta la prospettiva della scienza fisica.

Si è parlato di una fede relativista. È un vero e proprio controsenso, perché significa disconoscere tutto ciò che c'è di dialettico e di progressivo nella convinzione che la Relatività finisce per provocare. Questa forza di convinzione è, più nettamente di ogni altra, d'origine

<sup>654</sup> Vedere per esempio H. Höffding, *La Relativité philosophique*, Paris, Alcan, 1924, p. 41.

dinamica e anche polemica. Infatti, la Relatività avrà sempre contro di sé gli insegnamenti della vita comune e, come in ogni altro campo, tutta l'istruzione acquisita nella prima approssimazione farà spesso da ostacolo alla ricerca di una approssimazione del tutto nuova per la sua finezza. Infine, è nella lotta e attraverso la lotta contro la fisica del senso comune che la Relatività proverà la sua forza, è nel suo trionfo che essa scoprirà la sua verità.

Questo valore di opposizione sembra già apparire quando si vuole stimare, in una specie di dialettica storica a grandi linee, la portata generale del movimento relativistico. Così Von Laue, dopo avere rilevato «che una teoria fisica non può basarsi che su stessa e sui fatti di esperienza», [p. 184] aggiunge immediatamente: «C'è peraltro, in questo dominio una specie di necessità storica che risiede nel fallimento di tutti gli altri tentativi e nel successo di quest'ultimo per arrivare a una interpretazione soddisfacente dei fatti»<sup>655</sup>. Questa opposizione è tanto più significativa in quanto le teorie che la Relatività deve sostituire sono in fondo [p.203] più vicine al senso comune. È ancora quello che indica Von Laue: «Le idee su cui poggiano le teorie di Hertz e di Lorentz erano molto più vicine al nostro spirito di quanto lo sia l'idea fondamentale della teoria della relatività: ma non si sarebbe mai arrivati a quest'ultima se non si fosse dapprima cercato di completare le prime e se non si fosse riconosciuto come senza via d'uscita questo tentativo». È come dire che il successo della Relatività è anzitutto la coscienza netta di un fallimento delle teorie classiche e che la Relatività attinge da questa coscienza una parte della sua necessità e della sua forza induttiva. Non è forse un semplice accidente storico che la Relatività sia nata con la smentita inflitta alla concezione dell'etere dall'esperienza di Michelson. La Relatività non *continua* le dottrine antiche, essa le *rettifica*.

Ciò che rende più sorprendente l'esigenza di rigore del Relativista è che questa esigenza sia apparsa improvvisamente nel mezzo di un'era epistemologica penetrata da ogni parte dalle tolleranze della comodità. Si accettavano teorie molto diverse [p. 185] per fenomeni comunque coordinati. La Relatività è venuta a risvegliare lo scienziato da uno scetticismo affermato con una tranquillità dogmatica. Ci si accordava il diritto di scegliere tra organizzazioni d'insieme ed ecco che si lotta per correzioni di dettaglio di una minuzia tutta nuova, senza peraltro la preoccupazione di interrompere le abitudini più solide, più sicure, in breve più razionali.

Con la Relatività si fa strada un nuovo principio che Von Laue chiama – vedremo in che senso – il principio della semplicità. Esso consiste, secondo Von Laue, nel rendere «l'espressione matematica delle leggi fisiche il più semplice possibile». A prima vista, sembra che tutti siano d'accordo con questa formula e che essa sia del tutto insufficiente per

---

<sup>655</sup> M. von Laue, *La théorie de la Relativité*, op. cit., p. 35, t. I.

caratterizzare un metodo. Però, [p. 204] riflettendo, ci si accorge che la semplicità matematica, più di ogni altra, è suscettibile di molte interpretazioni. A questo proposito sorgerà immediatamente un dibattito tra i sostenitori della chiarezza intuitiva e quelli della sicurezza apportata dal rigore. Si deve chiamare semplice una matematica immaginata, tradotta per esempio in una geometria a tre dimensioni o piuttosto una matematica più fortemente coordinata che presenterà in una geometria a quattro dimensioni, impossibile da immaginare, una solida sintesi di elementi e di leggi che si dovevano originariamente [p. 186] pensare con uno sforzo separato? Inoltre la semplicità matematica è sempre suscettibile di una rifusione in un'unità più ricca che apporta la chiarezza delle coordinazioni più vaste. Tutto dipende dallo scopo perseguito. In un certo senso, l'ellissoide è più semplice della sfera. Infatti l'uguaglianza di tutti i raggi della sfera maschera certe funzioni della superficie; queste funzioni sono allora difficili da pensare; esse erano chiare sulla superficie dell'ellissoide. In altri termini, una rappresentazione semplicistica chiude troppo presto il sistema che deve contenere le nostre conoscenze, è più semplice complicare il sistema, allargare il corpo delle spiegazioni matematiche per facilitare l'incorporazione di tutte le nostre conoscenze in una sola e medesima totalità. Così la semplicità matematica acquista [*réserve*] il dinamismo del pensiero; in matematica, è semplice quel che è *chiaramente sintetico*, quel che è *evidentemente fecondo*.

Ciò non significa forse che l'espressione matematica non deve essere unicamente un linguaggio che si ha sempre il diritto di abbandonare per un altro? La fisica, infatti, considerata nel suo metodo, non nel suo oggetto, è sempre implicata, per quanto rudimentale la si supponga, in una matematica. Il dibattito non è tra una natura fisica pura, oggettività informe e massiccia, e una matematica [p. 205] unicamente formale. Si ha sempre a che fare con una natura fisica [p.187] compresa, informata, ordinata, geometrizzata e si tratta sempre, in ogni momento del progresso, di una scelta tra due fisiche matematiche. Detto altrimenti, dal momento che si sviluppa una fisica, si è impegnati, lo si voglia o no, in un processo matematico. Si deve dunque, crediamo, interpretare l'ideale di semplicità matematica di Von Laue nel senso stesso di un panmatematismo. Si tratta di leggi matematiche della Natura ed è per questo che è necessario prendere una misura della loro semplicità nell'armonia della coordinazione.

Cheché ne sia, d'altronde, di questa interpretazione, la semplicità alla quale si riferisce Von Laue non deve essere confusa con la tesi pragmatica dell'epoca precedente. «Questo principio di semplicità, egli dice<sup>656</sup>, non è a nessun titolo un principio di comodità (il termine di «Economia nella scienza» non ci sembra neppure felice); è, al contrario, uno dei principi di

---

<sup>656</sup> *Ibid.*, t. I., p. 3.

ricerca più elevati nella scienza della natura». Così, in ogni caso, non si deve esitare a porre molto in alto le aspirazioni della semplicità matematica.

Infine, più generalmente parlando, ciò che ci sembra ancora caratteristico della «semplicità» relativista è che essa appare nettamente *a posteriori* dopo la dialettica che prepara una [p. 188] scelta. Essa è al vertice di una semplificazione discorsiva e qui sta il segreto del suo valore molto particolare. Se si trattasse di una semplicità immediata, di una semplicità in sé, si potrebbe sempre temere d'essere alla mercé di un'abitudine o di un'intuizione. Ma la Relatività porta con sé la [p. 206] sicurezza di un'armonia esplicita e attiva, evidentemente suscettibile di semplificare un dato complesso.

## II

Tra il concetto di una semplicità che avrebbe la sua origine in una Realtà e il concetto di semplicità unicamente descrittivo, così nettamente caratterizzato da Hans Reichenbach nel suo bel libro *Philosophie der Raum-Zeit-Lehre*, c'è ancora posto, crediamo, per il concetto di una semplificazione attiva che dà prova di sé inventando. Non basta mettere l'una di fronte all'altra due descrizioni matematiche di uno stesso fatto, come la descrizione euclidea di fronte alla descrizione riemanniana e pronunciare un giudizio definitivo sulla loro comodità. Bisogna rendersi conto che la forma riemanniana è particolarmente ricca di impulso epistemologico; essa permette di prevedere. È un vero e proprio avvenire per il pensiero. [p.189] Essa appare come più generale. Determina una coerenza nell'arricchimento stesso dell'esperienza. La geometria euclidea, al contrario, rappresenta un'eccezione; resta isolata come un caso particolare.

In fondo questa coerenza della Relatività, in cui risiede di fatto l'origine della semplicità, prende tutta la sua forza in una vera simmetria di ordine metafisico. Infatti, per principio, la Relatività si assicura dell'equivalenza dei diversi mezzi di conoscenza prima di accostarsi al fenomeno fisico. Essa è così, nel senso etimologico del termine, consegnata a una preoccupazione metafisica. Si tratta beninteso non di una metafisica ontologica, ma piuttosto di una metafisica del metodo, di un criticismo matematico; vi si cercano meno le condizioni positive della realtà che le [p. 207] condizioni restrittive di un metodo prudente. Sir Lodge non esita a scrivere<sup>657</sup>: «L'argomento relativista è basato su una politica d'esclusione (*a policy of exclusion*)». Si tratta in effetti di escludere tutto ciò che può nuocere alla libertà d'indifferenza nella scelta dei mezzi di rilevazione e di fare un sistema di questa specie di simmetria epistemologica *a priori*.

---

<sup>657</sup> Sir Lodge, «The geometrisation of Physics and its supposed basis on the Michelson-Morley experiment», *Nature*, 17 févr. 1921, p. 796.

Insistiamo su questo punto e cerchiamo di dimostrare [p. 190] che questa preoccupazione di simmetria all'interno dello stesso apparato teorico non appartiene né alla logica pura, né agli insegnamenti del reale e che essa dipende da principi curiosamente intermedi nel senso che sono più ricchi di quelli della logica deduttiva e più poveri di quelli tratti dall'esperienza.

Consideriamo perciò il ragionamento con il quale Einstein prova che la Relatività ristretta è portata a rigettare l'ipotesi dell'etere fisico<sup>658</sup>:

Sia K un sistema di coordinate, in rapporto al quale l'etere di Lorentz si trova in riposo. Le equazioni di Maxwell-Lorentz restano in primo luogo valide rispetto a K. Ma, secondo la teoria della relatività ristretta, le stesse equazioni restano valide nello stesso senso rispetto a ogni nuovo sistema di coordinate K', che si trova in un movimento di traslazione uniforme rispetto a K. Si pone ora la domanda inquietante: Perché bisogna che io dia in teoria al sistema K, al quale i sistemi K' sono completamente equivalenti dal punto di vista fisico, una preferenza marcata supponendo che l'etere si trovi in riposo rispetto ad esso? Una tale asimmetria nell'edificio teorico, alla quale non corrisponde nessuna asimmetria nel sistema delle esperienze, è insopportabile per il teorico. Mi [p.208] sembra che [p.191] l'equivalenza fisica tra K e K', se essa non è logicamente inconciliabile con la supposizione che l'etere è immobile in rapporto a K e in movimento in rapporto a K', non si accorda però bene con essa.

Così la logica pura non ci costringe a concludere nel senso einsteiniano; neppure l'esperienza potrebbe darci una prova positiva e perentoria della non esistenza dell'etere; ma l'asimmetria teorica che risulta dall'affermazione della sua esistenza in un sistema particolare è nettamente arbitraria. Questo basterà per scartare l'ipotesi dell'etere, quanto meno quella della fisica di Maxwell. Poiché tutti i sistemi di riferimento hanno tutti logicamente uguale diritto a ricevere l'etere, nessuno lo avrà realmente. Siamo proprio nel dominio in cui regna una ragione che inclina ma non determina e che, per ciò stesso, dà molto più spazio al pensiero induttivo.

### III

Se si volesse ora apparentare il principio della Relatività, in ciò che concerne questo uso preliminare, ai principi guida della conoscenza studiati dall'epistemologia tradizionale, [p.192] è, crediamo, al principio di ragion sufficiente che bisognerebbe rivolgersi. In Relatività, il principio di ragion sufficiente è peraltro impiegato in qualche modo negativamente, come principio di esclusione. Si potrebbe, in questo senso, dare a esso la seguente forma: *Non è necessario poter trovare in un fenomeno qualsiasi una ragione sufficiente per specificare un sistema di riferimento.*

Si troverà infatti questo enunciato se si vuole considerare, quasi esattamente, il reciproco del principio di relatività, così [p. 209] come lo formula, per esempio, Von Laue<sup>659</sup>: «Il

---

<sup>658</sup> A. Einstein, *L'éther et la théorie de la Relativité*, op. cit., p. 8.

principio, egli dice, recita: Si può per mezzo dell'insieme dei fenomeni naturali determinare... un sistema di riferimento  $x, y, z, t$ , per il quale le leggi naturali si esprimono sotto una determinata e semplice forma matematica» e aggiunge un po' più avanti: «Dedurremo da questo principio le formule di trasformazione che conducono da un sistema di riferimento specifico a un altro. Per fare ciò, dobbiamo conoscere una legge naturale qualsiasi. La scelta che faremo di questa legge deve del resto essere indifferente. Se si pervenisse infatti, grazie a scelte differenti, a risultati differenti, tutte le leggi non sarebbero invariabili nella trasformazione e il principio di relatività sarebbe falso». D'altra parte questa reciprocità [p.193] del principio di relatività e del principio di ragion sufficiente è così immediata che riteniamo impossibile separarli, non appena ci si pone, come conviene per i principi di conoscenza, sul terreno dell'applicazione. Infatti, per vedere che il principio di relatività si applica correttamente, bisogna sempre arrivare a stabilire una simmetria nelle ragioni di scelta; bisogna provare che il principio di relatività non favorisca una legge fisica particolare, in altri termini, che non lasci sussistere alcuna ragion sufficiente per determinare una scelta.

Si vuole un esempio? Si è portati negli sviluppi della Relatività a chiedersi se possa esistere un fenomeno diverso da quello elettromagnetico che sia suscettibile di propagarsi *nel vuoto* con una velocità diversa dalla velocità della luce e si dà una risposta negativa. Ecco l'argomento: se un fenomeno di un altro ordine, per esempio la gravitazione, trasmettesse la sua azione nel vuoto [p.210] diversamente dalla luce, potremmo all'occasione determinare una nuova trasformazione di Lorentz che differirebbe dalla trasformazione abituale per il valore del coefficiente  $C^{660}$  e ci si troverebbe in qualche modo in presenza di due spazio-tempi. Ma allora, non vi sarebbe alcuna ragion sufficiente per escludere uno dei [p. 194] sistemi di formule piuttosto che l'altro. Il principio di ragion sufficiente apparirebbe inapplicabile e nello stesso tempo il principio di relatività risulterebbe falso. È dunque necessario, per la validità di un principio come dell'altro, che ci sia una sola velocità di propagazione nello spazio-tempo o, per meglio dire, si deduce dall'uno come dall'altro principio che vi è solo un unico spazio-tempo.

Così, come si è spesso fatto notare, il principio di relatività equivale alla fine ad affermare un assoluto perché esso finisce per porre uno spazio-tempo unico. Analogamente, il principio di ragion sufficiente equivale ad affermare l'unità del sistema che esso organizza. È in virtù della relazione fondamentale di tutte le nostre rappresentazioni che «niente di isolato e di indipendente, dice Schopenhauer<sup>661</sup>, niente di unico e di slegato può diventare oggetto per

---

<sup>659</sup> M. von Laue, *La théorie de la Relativité*, op. cit., t. I., p. 52.

<sup>660</sup> *Ibid.*, t. I, p. 61.

<sup>661</sup> Schopenhauer, *De la quadruple racine du principe de la raison suffisante*, trad. Cantacuzène, 1882, p. 38; trad. F.-X. Chenet, Paris, Vrin, 1998 [nella ristampa del 2014, Parrochia ha ripreso tutte le note a piè di pagina inserendo le iniziali



noi». Da una parte e dall'altra niente di gratuito deve trovar posto. Ora una dualità nello spazio-tempo risalirebbe molto più in alto della diversità empirica. Questa dualità renderebbe impossibile ogni pensiero sintetico. Algebricamente parlando, non si potrebbe più, in questa ipotesi, trovare un solo e medesimo gruppo per riunire i due ordini di fenomeni che postulerebbero spazio-tempi differenti.

[p. 211/195] Non dipende dai sistemi di riferimento individualmente scelti che non devono recare il segno del loro carattere sufficiente non appena la scelta è illuminata dai principi relativistici. È un punto che è stato sottolineato da H. Wildon Carr<sup>662</sup>. L'universo che il principio della Relatività afferma è un universo in cui «i sistemi di riferimento sono definitivi (*ultimate*) senza essere assoluti, e relativi senza essere condizionati esternamente, in cui ogni sistema è sufficiente per se stesso (*self-sufficing*) e contiene la sua propria norma».

#### IV

Considerando la questione da un'altra angolazione, si vede che è necessario trovare nella costruzione stessa un fattore organico e intimo che colleghi i diversi elementi. Non basta constatare il generale, bisogna ancora provarlo; non basta scoprire la generalità baconiana fatta di cancellazioni, ritratto composito e informe di una realtà forzatamente superficiale, ma bisogna trovare una generalità progressiva che [p. 196] trascini e obblighi, in altri termini, bisogna che il pensiero viva la generalizzazione. Lalande ha compreso giustamente che i legami relativistici dovevano essere avvicinati ai procedimenti di assimilazione. In un articolo critico sul libro di Meyerson, egli si esprime così<sup>663</sup>: La Relatività, «allargando il dominio di ciò che può essere previsto *a priori*, ha dato motivo ad alcuni di quelli che la adottano (diciamo anche, se vogliamo, a un numero abbastanza grande di loro) di affermare che si scorge così la ragione [p. 212] per la quale l'Universo deve necessariamente rivestire la forma che noi gli abbiamo trovato». Nello stesso articolo, Lalande ha indicato la tendenza della filosofia a porre come certo, come attuale, il principio di ragion sufficiente; egli ha invocato anche quel che persiste di valore normativo nella trasformazione di una verità ideale in una verità di fatto, senza tuttavia applicare molto da vicino questa visione ingegnosa allo sviluppo delle dottrine relativistiche. Tuttavia, non è forse riguardo a esse, più che per ogni altra dottrina, che si può dire che «la logica non è meno normativa dell'estetica»? Con le loro possibilità sistematicamente allargate, le dottrine relativistiche ci invitano prima di obbligarci, ci trascinano a poco a poco verso una fisica coordinata, costituiscono corpi di [p. 197] regole

---

mancanti dei **nomi** degli autori citati. Qui non lo fa. Inoltre qui fa riferimento a una edizione francese del testo di Schopenhauer che risale al 1998. In tutte le altre note a piè di pagina (tranne che per la nota 84 riferita a Cassirer, p. 228) non c'è, per le opere citate, alcuna indicazione di edizioni più recenti rispetto a quelle indicate da Bachelard nel testo del 1929].

<sup>662</sup> W. Carr, «The metaphysical aspects of Relativity», *Nature*, 7 févr. 1921, p. 810.

<sup>663</sup> A. Lalande, «La Déduction relativiste et l'assimilation», *Revue philosophique*, mars 1926, p. 175.



che si potrebbero credere preliminari; ma compiuta la costruzione, posata la chiave di volta, la legge degli sforzi reciproci si stabilisce necessariamente. Eravamo partiti guidati da una specie di pensiero estetico, tutto in possibilità, che sembrava costruire per costruire. Approdiamo a un sistema logico, affermato in una unità manifesta. Le condizioni della fecondità di pensiero divengono così progressivamente, attraverso la loro armonia, nel chiaro compimento di un sistema completo e omogeneo, vere condizioni logiche. In questo modo si trovano conciliate ragioni induttive e ragioni logiche. Le dottrine relativiste non formano un corpo chiuso che la deduzione non avrebbe che da chiarire e spiegare, ma esse si presentano al contrario come una logica di una forma tutta speciale, poiché questa logica conquista e assimila.

[p. 213] Questo impulso induttivo, la cui origine è così nettamente implicata in una organizzazione di pensiero, ci sembra segnare di un tratto tutto speciale l'epistemologia relativistica. È per questo che preferiamo avvicinare il principio di ragion sufficiente, che aiuta questa induzione, al corrispondente principio di Schopenhauer piuttosto che allo stesso principio assunto in senso leibniziano. In Leibniz, il principio di ragion sufficiente trova la sua radice nel fenomeno, è un principio di ragione determinante assai vicino al principio di causalità. Il principio di Schopenhauer è una [p. 198] legge della rappresentazione del soggetto e, come tale, è, almeno sotto certi aspetti, un principio di conoscenza; prova ne sia che tra le quattro radici di questo principio Schopenhauer mantiene accanto alla causalità le leggi logiche dell'intelletto. In fondo, tutto ciò che estende la conoscenza è in Schopenhauer responsabilità del principio di ragion sufficiente, che diventa in tal modo un principio di induzione sufficiente. Un passo ancora e il reale non è più che la causa occasionale del pensiero. In alcuni relativisti il ruolo dell'intelletto dominerà in modo simile nell'informazione dell'esperienza. Eddington scrive così: «Per la prima volta, ora, abbiamo riguardo del fatto che le proprietà dell'Universo esterne discusse dalla fisica sono proprietà che sono state scelte dalla mente»<sup>664</sup>. Fin qui nulla che contrasti con le concezioni realiste perché tali concezioni ci abituanano a considerare l'Universo come una riserva inesauribile di fatti che si offrono alla nostra scelta. Ma, riflettendo, ci si deve rendere conto che non si tratta tanto delle proprietà trattenute [*retenues*] quanto del legame che andiamo a imporre loro. Pertanto, non si vede forse immediatamente che questo legame, per [p.214] reazione, sarà la vera definizione delle proprietà collegate? Per costituire veramente un realismo bisognerebbe che la relazione fosse essa stessa [p. 199] iscritta nel reale. Ma Eddington aggiunge immediatamente: «Il principio di selezione deve essere una legge dello spirito; le leggi della natura che dipendono da questa selezione possono essere considerate come imposte dallo

---

<sup>664</sup> A.S. Eddington, *Espace, temps et gravitation*, op. cit., p. 240 nota.

spirito. Così, lo spirito, nella nostra teoria, è comparabile a un tiranno che fonda le sue leggi sull'Universo *che percepisce*. Questa è solo una metà del problema, poiché è a malapena necessario far notare che una legge dello spirito non è altro che una legge a cui lo spirito deve esso stesso obbedire»<sup>665</sup>. Si rifletta, inoltre, sull'ordine di astrazione delle leggi di cui parla Eddington; senza dubbio non ci si riconoscerà più il diritto di dire che la Natura le contiene; tutt'al più essa le riceve. Se si vuole prestare attenzione al fatto che essa le riceve *successivamente*, conformemente a un piano che si arricchisce a ogni passo, si deve convenire, crediamo, che la scala induttiva è percorsa sotto l'impulso sempre più chiaro dello spirito e che per l'esperienza resta ben poco spazio nell'induzione relativistica.

[p. 215, 217/201]

## LIBRO TERZO

### CAPITOLO VII: RELATIVITÀ E REALTÀ

#### I

Dobbiamo mettere in evidenza ciò che separa il nostro punto di vista particolare dal punto di vista ben più generale e importante in cui si è posto Meyerson. Dopo i lavori dell'eminente epistemologo, è solo presentando un aspetto particolare del pensiero relativistico che possiamo sperare di fare opera utile. Il libro della *Déduction Relativiste* mira, tra gli altri risultati, a stabilire il carattere spaziale delle spiegazioni della fisica einsteiniana, a porsi anzitutto al centro della traduzione geometrica del sistema, a prendere coscienza [p. 202] dell'unità organica della dottrina per *dedurne* poi gli elementi e i caratteri del reale. La tesi si occupa soprattutto dell'applicazione, della verifica della dottrina. Essa dimostra che il pensiero tocca veramente il reale, che ciò che è coerente [p. 218] nella mente è altrettanto coerente nelle cose, che le conseguenze di un pensiero geometrico sono le conseguenze stesse dell'esperienza. Essa sviluppa queste conseguenze come si distribuiscono ricchezze senza preoccuparsi della divergenza delle loro origini. In breve, la tesi meyerersoniana è proprio nell'asse di una *spiegazione*.

Ma prima di spiegare, bisogna costruire. Ci siamo dunque proposti di insistere sulle vie e sui mezzi che conducono al sistema, sulle condizioni in cui il pensiero, alternativamente, cerca di unificarsi e di completarsi. Lenta e difficile ascesa in cui ogni aiuto è sempre accolto, in cui ogni pretesto è buono per supporre, ogni analogia per indurre, ogni esperienza costante per generalizzare. Abbiamo creduto così di avere il diritto di individuare, fin nella parte matematica della dottrina, una forza induttiva che può sembrare vaga perché è tollerante, ma di cui non si può affatto negare la persistenza.

---

<sup>665</sup> *Ibid.*

Di fronte al problema generale del realismo, in cui il contributo di Meyerson è così nuovo e così importante, abbiamo potuto d'altronde restare fin qui in attesa. Poiché noi ci [p. 203] davamo come scopo quello di analizzare un movimento di pensiero, il termine o l'origine di questo pensiero potevano dapprima essere lasciati al di fuori del nostro esame; quelle erano questioni più difficili, legate alla metafisica piuttosto che all'epistemologia. Certo, la loro soluzione getterebbe una luce del tutto nuova sul problema stesso del progresso del pensiero, ma nonostante la garanzia che una costruzione epistemologica riceverebbe se si potesse provare che essa parte dal reale, che vi ritorna, che vi attinge tutti i suoi elementi, tutti i suoi legami, rimane possibile riconoscere una forza di sintesi, meno profonda se si vuole, [p. 219] ma comunque potente, che spinge l'invenzione *innanzi all'esperienza*.

Essendoci limitati a questo punto di vista decisamente epistemologico, eravamo dunque portati a porre il problema del realismo in una situazione derivata e questo per una doppia ragione. Non soltanto non possiamo porlo se non in termini di epistemologia, ma ancora non dobbiamo porlo se non in termini di *movimento* epistemologico; in altri termini, non rispondiamo alla domanda: dov'è il reale, ma soltanto alla domanda: in quale direzione e attraverso quale organizzazione di pensiero si può avere la sicurezza che ci si approssima al reale?

Ma ammettiamo che si dia la prova che il Relativista, come ogni fisico, postula una realtà. Resterebbe ancora da esaminare se, nella sua [p. 204] ricerca, egli parta dall'oggetto reale come da un dato oppure, al contrario, se proceda rettificando idee manifestamente soggettive e che a questo primo reale sono legate solo come un'azione è legata alla sua occasione. Come ha sottolineato molto bene Lalande<sup>666</sup>, occorre distinguere accuratamente tra l'assimilazione degli spiriti tra di loro e l'assimilazione dello spirito alle cose. Il progresso relativista è in tutta evidenza una rettificazione di idee, esso tende a sostituire principi a principi, a fare l'accordo degli spiriti; rimette al futuro il compito di provare che questo accordo ha una radice nell'accordo dello spirito con le cose. Si deve ammettere, per lo meno, che il realismo della Relatività manca di attività filosofica. Non si vede la sua funzione epistemologica ed esso è suscettibile solo di una verifica tardiva e indiretta.

Ecco allora una domanda che crediamo decisiva: Si può essere veramente realisti *costruendo* una realtà; non bisogna [p. 220] sempre *trovare* una realtà? Se anche si pone il problema in termini criticisti non si dovrà dire che la funzione caratteristica della realtà nell'epistemologia consiste nel fatto che la realtà è trovata, è data, è imposta? Resterebbe dunque la sola possibilità di descriverla, e tutto lo sforzo teorico sarebbe destinato a descriverla economicamente, [p. 205] a organizzare con chiarezza un sistema di riferimenti.

---

<sup>666</sup> A. Lalande, *La Déduction relativiste et l'assimilation*, art. cit., p. 168.

Ciò che il realismo può riservare di fattori idealisti, lo deve precisamente a questo movimento che conduce dai dettagli ai riferimenti, movimento che va, nella sua forma propriamente scientifica, fino a sostituire, come dice molto bene Rey, il concepito al percepito<sup>667</sup>. Ma questa sostituzione, per essere chiara, per essere convincente, deve essere un atto, non un fatto; in altri termini, essa deve mantenere un ruolo alla sensazione stessa. È in rapporto alla sensazione, ma ancora in termini di sensazione, che un realismo può arricchirsi e organizzarsi. Quanto perciò il realismo della Relatività sembra mancare di sostanza, quanto tenui sono i legami che legano i fatti della sensazione ai principi di base della Relatività! Per non darne che una sola ragione, basta rendersi conto che la principale difficoltà delle nuove dottrine proviene, senza alcun dubbio, dalla rapidità con cui esse trascendono i dati dei sensi. Queste dottrine sono risolutamente e unicamente concettuali.

D'altra parte è per principio che la Relatività esclude il sensismo, perché essa comincia a eliminare l'osservatore sistematicamente e partendo dai concetti piuttosto che dalle sensazioni di questo osservatore. Abitualmente quando si esclude [p. 206] il [p. 221] carattere soggettivo e individuale della sensazione, si pretende di raggiungere un modo di oggettivazione sociale. Si crede allora di trovare una buona prova della Realtà nel *consenso*, ma questo consenso è ancora espresso partendo da sensazioni, esso conduce a una generalità di fatto, a impressioni schematizzate dalla memoria, psicologicamente. L'oggettivazione intrapresa dalla Relatività si sviluppa su tutt'altro piano, essa mira a una generalità di essenza, non di fatto, una generalità dei quadri atti a informare le impressioni, razionalmente.

La Relatività va dunque in senso contrario rispetto all'empirismo. Ora, la direzione stessa del movimento epistemologico ci sembra fornire il principio migliore per la classificazione delle dottrine metafisiche. In primo luogo, si trova a questa classificazione una chiarezza dicotomica perentoria, il che è ancora il mezzo più sicuro per mantenere in piena luce la totalità degli oggetti classificati; poi questo principio è, come si conviene, esprimibile in termini interamente epistemologici. Se dunque chiamiamo realismo ogni dottrina che mantiene l'organizzazione delle impressioni al livello delle impressioni stesse, che pone il generale dopo il particolare, come una semplificazione del particolare, che crede di conseguenza alla ricchezza prolissa della sensazione individuale e all'impoverimento sistematico del pensiero che *astrae*, non si può affatto tacciare di realismo [p. 207] la Relatività. Essa sta infatti sotto il segno inverso. Essa parte dal generale, lo assicura, lo conferma, lo moltiplica. È anche in una generalità così moltiplicata e organizzata che la Relatività trova la via che conduce alle specificazioni. Per certi versi, l'elettricità, ad esempio, appare in Relatività come più generale della gravitazione perché essa elimina nella metrica di

---

<sup>667</sup> A. Rey, «La théorie physique...», *Revue philosophique*, août 1925, p. 142.

Weyl dei postulati che la teoria della gravitazione pura accettava ancora. In tal senso ciò che è speciale, come [p. 222] il carattere elettrico, trova posto al vertice di un processo di generalizzazione. Per parlare come Meyerson, è sotto l'apparenza di una generalità «ispessita» che si presenta la Realtà relativistica.

## II

Ponendo ora il problema in una forma leggermente diversa, possiamo cogliere anche la Relatività in un rapporto nuovo rispetto all'estensione e alla comprensione delle nozioni. Infatti, la Relatività non trova l'estensione mediante un esame e un raffronto delle diverse comprensioni, ma piuttosto, inversamente, giudica la comprensione attraverso l'estensione. Per la Relatività, un carattere che non può generalizzarsi [p. 208] ed estendersi non è un carattere profondo e non appartiene veramente alla comprensione, bensì è il segno che l'analisi nozionale non è corretta o che è incompleta, e che non sono ancora stati individuati gli elementi della costruzione scientifica. Alla fine, in questa dottrina, sono i caratteri estrinseci quelli che designano correttamente i caratteri intrinseci, o meglio, il rapporto fra comprensione ed estensione è così stretto che sembra crearsi un equilibrio completo fra i valori d'applicazione e i valori di spiegazione di una nozione. Al punto che crediamo di poter dire, vivendo sul piano del pensiero scientifico rinnovato dall'ipercriticismo relativista, che *l'essenza è una funzione della relazione*.

Certamente, questa formula urta contro abitudini realiste fortemente radicate. Si vuole sempre pensare la qualità prima della sua manifestazione, come una virtualità sempre pronta ad attualizzarsi e che richiede soltanto delle condizioni favorevoli per [p. 223] prodursi. Noi crediamo invece che le condizioni annesse siano determinanti in tutta la forza del termine, o meglio, crediamo che non esista alcuna tabella per stabilire una classificazione fra le condizioni. Del resto, in assenza di condizioni esterne, non è possibile individuare le condizioni interne; con quale diritto allora supporle? La virtualità è insomma una pura categoria dello spirito. L'oggetto non possiede realmente né la radice [p. 209] né, *a fortiori*, la ragione delle sue qualità. L'aggettivo possessivo ha senso solo in un determinato regime di proprietà, è funzione di questo regime e si comprende che, secondo il carattere specifico, l'*attribuzione* abbia dei gradi e dei modi. Ma, in tutti i casi, questa attribuzione esige dei rapporti fra oggetti; la relazione è ciò che dà veramente all'attributo una parte di sostanza, una ricchezza palpabile e utilizzabile. L'attributo senza la relazione è un assegno senza copertura.

Questo punto di vista sarà forse più chiaro se cerchiamo, di esso, un'espressione più matematica, e quindi più adeguata. In effetti, considerato come un complesso di rapporti, un fenomeno particolare è una vera e propria funzione di numerose variabili, e l'espressione

matematica è ancora quella che l'analizza più da vicino. Ora, le variabili riunite da questa funzione possono essere solo artificialmente separate e collocate in un'evoluzione indipendente. Il Realismo è solito spiegarne una, che giudica primordiale; potremmo chiamarla la variabile intima, individualizzante. Al contrario, la Relatività si educa a non considerare che la funzione totalizzante, nella perfetta reciprocità di tutte le sue variabili. Essa sa che una spiegazione è solo un procedimento espositivo, e, in questo senso, per bisogno di chiarezza o per abitudine, può far posto a un'esposizione realista con una variabile distinta. Ma [p. 210], alla fine, bisogna sempre tornare di nuovo a porre il problema nella solidarietà delle sue variabili, nel [p. 224] piano della sua simmetria metafisica, dove tutte le funzioni valgono allo stesso titolo. Non c'è più ragione, dunque, di trascendere la relazione. È la relazione che dice tutto, che prova tutto, che contiene tutto; essa è la totalità del fenomeno preso come funzione matematica.

Inoltre, per ben comprendere il pensiero relativista, bisogna resistere continuamente all'impulso [*entraînement*] realista. Per fare ciò, si cercherà sistematicamente, per tutti i predicati, un legame esterno al loro soggetto d'inerenza. Si porranno quei predicati come delle relazioni, non li si porrà più come delle proprietà. Abbiamo seguito a lungo, sotto il nome di relativizzazione, questa introduzione di un relativo – di un rapporto verso l'esterno – in seno alle diverse qualità. Temiamo tuttavia che i termini così solidarizzati conservino ancora un residuo di realtà antecedente alla relazione. Crediamo anche utile porre il problema della relazione al livello delle questioni d'esistenza, allo stesso modo in cui, dopo la definizione di certe funzioni matematiche, si aggiungono dei teoremi d'esistenza che legittimano e in qualche misura “realizzano” quella definizione. In principio è la relazione; ogni realismo non è che un modo d'espressione di questa relazione; non si può pensare due volte il mondo degli oggetti: prima come relativi [p. 211] tra loro, poi come esistenti ciascuno di per sé. Ancor meno li si può pensare nell'ordine inverso, perché è sempre attraverso la relazione che si torna a provare l'esistenza. In particolare, sarebbe, secondo noi, completamente insufficiente vedere nella relazione una semplice condizione della misura fisica, poiché la relazione affetta l'essere, o meglio fa tutt'uno con l'essere. Risalendo progressivamente all'indietro, ci si deve rendere conto che, se si toglie la relazione, non c'è più attributo, e quindi non c'è più sostanza. Spingendo così la Relatività fino a quelle che crediamo essere le sue [p. 225] conseguenze metafisiche, si ha l'impressione che le condizioni matematiche che le servono da punto di partenza si moltiplichino e si prolunghino in un'ontologia tanto più coerente quanto più è di essenza matematica. In altre parole, le condizioni matematiche indicano l'essere perché sono esse medesime una parte dell'essere, o meglio ancora si può dire che l'essere non è fatto che della loro coordinazione e della loro ricchezza.

Vogliamo insistere su un esempio atto a chiarire questa convinzione metafisica. A proposito dell'inerzia, abbiamo visto che non si poteva darne alcuna definizione corretta se non rispetto a un sistema di coordinate ben specificato. Ora, non si ha qui una constatazione valida soltanto sul terreno del riferimento, essa va più lontano della Relatività di ordine geometrico e meccanico, [p. 212] tocca precisamente una vera e propria Relatività di ordine ontologico. Infatti, si trattava di una proprietà che sembrava essere posta come essenzialmente annessa a un oggetto, ed è questa proprietà che si cancellerà in assenza di un *altro* oggetto. Ecco come si esprime Einstein stesso<sup>668</sup>: «In una teoria logica della Relatività, non ci può essere un'inerzia relativamente allo spazio; non c'è che una inerzia delle masse in rapporto alle altre masse. Se si allontanasse una massa a distanza infinita dalle altre masse, la sua inerzia dovrebbe annullarsi». Non si tratta, quindi, di un effetto che scompare in assenza delle condizioni richieste per la sua individuazione, come sarebbe il caso, per esempio nelle ipotesi newtoniane, di un sole senza pianeta, [p. 226] che non avrebbe alcun pretesto per manifestare il suo potere di attrazione. Al contrario, si tratta proprio di una proprietà intrinseca che si annulla non soltanto nel suo effetto, ma anche nella sua causalità. E per quanto ciò appaia paradossale, per quanto scioccante sia ciò per il nostro linguaggio realista, bisogna arrivare a concludere che la proprietà si annulla perché non si ha alcun mezzo per definirla. L'inerzia di un corpo relativamente a uno *spazio* poteva ancora avere un vincolo primordiale nel corpo considerato, [p. 213] essa poteva ancora correttamente essere intesa come una delle sue proprietà intrinseche. Ma l'inerzia di un corpo puramente relativo a un altro corpo non ha manifestamente alcuna realtà in un corpo isolato. E se si pensa che l'inerzia fu per lungo tempo il segno stesso della materia, la qualità primaria di ordine energetico che stabiliva più sicuramente la presenza materiale, si vede che la sua relativazione opera una specie di smaterializzazione di ordine logico. L'esistenza stessa dell'oggetto, e non soltanto la prova di questa esistenza, appare così indissolubilmente implicata nelle condizioni *logiche* che la dominano interamente. Ciò giustifica forse la nostra pretesa che il problema dell'esistenza sia, nelle dottrine relativistiche, un problema che *segue* la definizione dell'entità considerata, come in Analisi matematica il teorema di esistenza di una funzione segue la definizione di questa funzione.

Ancora una volta, ci si accorge dunque che la Relatività non trova prima un reale che essa si applicherebbe poi a studiare, seguendo l'inclinazione di ogni realismo, ma che essa organizza entità prima ancora di porre – vedremo in quale direzione – il problema essenzialmente secondario della loro realtà.

---

<sup>668</sup>A.Einstein, *Kosmologische Betrachtungen zur allgemeinen Relativitätstheorie*. *Sitzungsberichte der Preuz. Akad. d. Wissensch*, 1917, cité par J. Becquerel, *Le principe de la Relativité et la théorie de la gravitation*, op. cit., p. 302.



È ancora in termini di anteriorità epistemologica che occorre esaminare, crediamo, le relazioni nuove apportate dalla Relatività tra la materia e lo spazio.

Certo il pensiero filosofico votato al realismo si accontenta spesso di nozioni disparate, di atomi che bastano a se stessi e, in particolare, materia e spazio sono originariamente posti dal realismo in una indipendenza così grande che il problema del loro rapporto si cancella. Tutta intera nel suo ruolo di sostanza, la materia è considerata come il supporto necessario dei fenomeni nello spazio, ma essa è indifferente allo spazio; poco importa che essa sia qui o là. Essa appare anche come sottratta al tempo, che non ha azione se non sulla sua distribuzione nello spazio. Riassumendo né lo spazio né il tempo danno alcuna *composizione* per la materia, che rimane slegata e inattiva. Il fatto che la materia aristotelica abbia, a seconda delle sue specie, dei luoghi naturali non può fornire a ciò una valida obiezione poiché questa localizzazione implica solo un riferimento geometrico grossolano e non apporta un legame intimo in seno alla materia. Si potrebbe dire, per rovesciare una famosa espressione, che la materia [p. 215] è anzitutto pensata come un mondo di supporti senza rapporti.

Prima di considerare lo sforzo di correlazione diretto intrapreso dalla Relatività per riunire nozioni così distanti come lo spazio e la materia, sarebbe interessante seguire i tentativi del pensiero scientifico di popolare l'intervallo e stabilire, tramite intermediari, la possibilità di una cooperazione. Ciò equivarrebbe ad avvicinare due metodi di spiegazione: spiegazione per mezzo della qualità, spiegazione per mezzo dell'estensione. Si vedrebbe in particolare che la fisica degli agenti partecipa dei caratteri dell'una e dell'altra spiegazione e tenta di conciliare ciò che [p. 228] c'è di specifico nei fenomeni e ciò che c'è di geometrico o di cinematico nelle loro leggi generali. Si vedrebbe poi, dopo il declino di questa spiegazione per mezzo dei fluidi specifici, la fisica dei campi cercare di svolgere uno stesso ruolo transazionale<sup>669</sup>. Ma, sebbene vada oltre, questa transazione è lontana dall'essere perfetta. Essa manca, per così dire, d'imparzialità. Ora il campo è troppo geometrico, troppo convenzionale, è deliberatamente una semplice espressione matematica, prudentemente avanzata sotto la copertura del «come se» newtoniano. Ora il campo è materializzato in modo troppo pesante. Esso è allora un mezzo fisico vero e proprio. Ma il suo carattere ipotetico [p. 216] non tarda a emergere; i vari attributi apportati all'etere dall'esterno sono troppo diversi; non si riesce a comporli, a solidarizzarli in modo da porre necessariamente l'uno insieme all'altro. Non si è mai potuto, in particolare, passare dalle proprietà elettromagnetiche dell'etere alle proprietà

<sup>669</sup> Cf. E. Cassirer, *Zur Einstein'schen Relativitätstheorie*, Berlin, Bruno Cassirer Verlag, 1920, p. 61; *La théorie de la Relativité d'Einstein*, trad. J. Seidengart, Paris, Cerf, 2000.



meccaniche suscettibili di essere rivelate dall'esperimento. Dalle une alle altre il collegamento resta puramente ipotetico.

Questo fallimento dell'etere maxwelliano proviene senza dubbio da pretese materialistiche alla fine insostenibili. Si è dato un coefficiente di realtà alla materia, riservando l'idealità pura per lo spazio. Riflettendo, ci si deve tuttavia render conto che realismo e materialismo devono essere distinti, in altri termini che la materia può essere considerata come «ideale» tanto quanto lo spazio oppure lo spazio reale tanto quanto la materia. Non è scontato dare un primato realista alla materia sullo spazio. Infatti, il campo [p. 229] elettromagnetico non ha più bisogno di alcun supporto se non dell'atomo stesso; esso è reale allo stesso titolo e, in particolare, non c'è alcun interesse a supporre un atomo nell'etere come origine o base dei vettori elettromagnetici. Esprimendosi come Julien Pacotte, si può dire che il campo elettromagnetico è del tutto autonomo, non è condizionato dall'etere più che dalle origini [sources].

Ma questa liberazione del campo rispetto a una [p. 217] materia che doveva permettere ad esso di manifestarsi avrà una contropartita. Essa porta infatti a uguagliare sistematicamente questo campo al suo fenomeno. Perché mai si dovrebbe addirittura superare la specie di fenomenologia matematica in cui, inizialmente, il campo elettromagnetico sembra svilupparsi naturalmente? Non si desidera andar oltre il carattere matematico quando si dice del campo elettromagnetico che esso è interamente definito da un campo di quadrivettori dello spazio-tempo. Infine sono le leggi matematiche e solo le leggi matematiche che saranno realizzate. Si perverrà così a un realismo di affermazione che va d'un tratto dall'attributo al sostantivo e che deve restare molto pallido in confronto al realismo dei filosofi, perché si tratta apertamente di un realismo senza sostanza. «I campi elettromagnetici, dice chiaramente Einstein<sup>670</sup>, non rappresentano gli stati di un mezzo, ma sono delle realtà indipendenti, che non possono essere ridotte a nient'altro e che non sono legate a nessun *substratum*».

Se si pensa infine che la materia ha anche perso la sua posizione di realtà privilegiata divenendo una semplice forma dell'energia e che essa è idonea, di conseguenza, a rientrare nei quadri di una geometria dello spazio-tempo, si troverà il terreno ben [p. 230] attrezzato per una nuova organizzazione dei [p. 218] principi di spiegazione. Materia, campo, spazio appaiono meno eterogenei quando sono colti attraverso i loro elementi matematici.

È questa fenomenologia matematica che estenderà il suo dominio con una franchezza e una perseveranza tutte nuove, al punto che si è potuto parlare di una geometrizzazione del reale. Meyerson ha colto tutta la portata di questa geometrizzazione; egli ha mostrato che essa aveva dei precedenti e che, in un certo senso, la scienza relativistica riprendeva forse con «meno

---

<sup>670</sup> Einstein, *L'Ether et la théorie de la Relativité*. Trad. Solovine, p. 9.

audacia e chiarezza» il movimento stesso dei sistemi cartesiano o hegeliano. A dire il vero questo accostamento giudica il risultato piuttosto che lo spirito del metodo e, per parlare solo del cartesianesimo, la cui ispirazione è più geometrica, il risultato è già inscritto negli elementi del sistema. Infatti, si tratta allora di una geometria postulata, di una unificazione *a priori*. Essa è dunque ben lontana dall'unificazione relativista, che appare solo al termine di una lunga costruzione. Ancora una volta, nella Relatività, si ha a che fare con una unità costruita piuttosto che con una unità intuitiva. È anche nel movimento stesso del metodo che bisogna cogliere lo spirito filosofico del sistema relativistico; non ci si può accontentare di una intuizione di insieme. L'ordine epistemologico delle nozioni, in particolare, deve diventare oggetto di un esame attento. Come indicavamo all'inizio di questo paragrafo, è questo ordine che [p. 219] deve fornire la pietra di paragone per classificare filosoficamente le dottrine. Vogliamo dunque ora cercare, in tal senso, di determinare la filiazione delle nozioni di materia e di spazio.

[p. 231]

#### IV

Quel che nuocerà alla chiarezza del nostro compito è che, riguardo a questo problema specifico, le dottrine relativistiche ci sembrano comportare notevoli differenze. Esse sono dunque suscettibili, secondo noi, di fornire soluzioni diverse al problema filosofico della Realtà e di dare argomenti, purché si sappia scegliere, al realista come al suo avversario. Tuttavia saremo sempre in diritto di chiederci se lo spirito generale della Relatività non favorisca molto nettamente la tesi ostile al realismo tradizionale. In ogni modo, possiamo, per semplificare, riassumere gli argomenti riferendoli a due scuole. La prima seguirà gli insegnamenti di Einstein, la seconda quelli di Eddington.

Einstein sembra adottare il punto di vista tradizionalmente realista nel senso che suppone, per così dire, la materia come anteriore allo spazio. È la materia che bisognerebbe innanzitutto [p.220] conoscere e descrivere per seguire la struttura dello spazio. «Secondo la teoria della Relatività generale, egli scrive<sup>671</sup>, le proprietà geometriche dello spazio non sono indipendenti dalla distribuzione della materia, ma, al contrario, condizionate da essa. Non si può dunque dire nulla sulla struttura geometrica del mondo se non si suppone conosciuto lo stato della materia». La materia avrebbe così rispetto allo spazio un comportamento causativo [*une manière de causalité*]. Si potrebbe dire che la curvatura dello spazio è un effetto della distribuzione della materia se si disponesse di un principio distributivo diverso dallo spazio. Ci [p. 232] si trova così di fronte a un circolo vizioso poiché ci occorre lo spazio per descrivere la materia anche se la materia condiziona lo spazio. Dovremo, dunque, chiederci se

---

<sup>671</sup> A. Einstein, *La théorie de la Relativité restreinte et généralisée*, trad. J. Rivière, Paris, J. Gabay, 1921, p. 99.

questo circolo vizioso non sia il segno di una reciprocità più perfetta della relazione di causa-effetto.

J. Becquerel ci sembra ancora accentuare, su questo punto, il realismo einsteiniano, poiché determina le caratteristiche generali dello spazio per mezzo della quantità di materia che esso contiene. Becquerel dice così:

Si può attribuire alla materia, o più esattamente agli elettroni che la compongono, un ruolo primordiale. Questo punto di vista sembra conforme alla concezione dell'Universo cilindrico di Einstein. Infatti, nell'ipotesi [p. 221] di Einstein la curvatura di insieme dell'Universo è determinata dalla quantità totale della materia esistente

$$U = \frac{x}{4\pi^2} M, \quad *$$

di modo che, se, per un miracolo, venisse a essere creata della materia nello spazio esistente, il volume dello spazio aumenterebbe; la materia crea, in qualche modo, lo spazio che la contiene, e se non ci fosse materia, non ci sarebbe Universo<sup>672</sup>.

C'è forse qui solo un realismo di espressione, una figura di stile per segnare più fortemente l'antioriorità epistemologica della materia rispetto allo [p. 233] spazio. Picard lo ha rimarcato<sup>673</sup>. Forse, egli dice, questo linguaggio «ha portato a volte ad asserzioni in contrasto con la pura dottrina della relatività. Così si può leggere in alcuni autori che la presenza della materia produce una curvatura dello spazio, mentre è più conforme alle idee di *geometrizzazione* dire che l'esistenza della materia è una conseguenza di certe deformazioni». Ciò significherebbe far passare in secondo piano la materia rispetto allo spazio.

Crediamo che si possa approdare, seguendo [p. 222] l'interpretazione di Eddington, a un punto di vista ancora più fedele alla direzione generale del pensiero relativistico. Tale punto di vista è quello della reciprocità perfetta delle condizioni materiali e geometriche. Esso è suscettibile di sostituire, nel rapporto materia-spazio, l'idea di causa efficiente con l'idea di funzione reciproca. Si introduce così una relatività tra i due principali fattori di spiegazione, poiché la spiegazione per mezzo della struttura materiale, diviene correlativa alla spiegazione per mezzo delle proprietà geometriche di uno spazio-tempo assai diversificato.

Questa correlazione ha innanzitutto riavvicinato i due possibili sensi del concetto di sostanza presa sia come realtà, sia come categoria. Parlando a dei filosofi al Congresso di Oxford del 1920, Eddington tracciò in questi termini un primo abbozzo del suo pensiero:

Contemplando i cieli stellati, l'occhio può disegnarvi una gran quantità di modelli geometrici, triangoli, catene di stelle e figure ancora più fantastiche. In un certo senso questi disegni esistono nel firmamento; ma [p. 234] riconoscerli è un fatto soggettivo.

---

\* [In ed. 2014 erroneamente c'è "k" al posto di "x"].

<sup>672</sup> J. Becquerel, *Le principe de la Relativité et la théorie de la gravitation*, op. cit., p. 304.

<sup>673</sup> É. Picard, *La théorie de la Relativité et ses applications à l'astronomie*, p. 19 [nel corpo del testo, l'iniziale del nome "É." è presente solo nell'ed. 2014].

Così, in mezzo ai fatti più ordinari che costituiscono il mondo esterno, si può stabilire una immensa varietà di modelli. È una specie di disegno soprattutto, che la mente ama tracciare ovunque può; quando [p. 223] possiamo tracciarlo ci diciamo: Ecco una sostanza; e là dove non possiamo, diciamo: Quanto poco è interessante! Le nostre linee nulla danno a questo luogo. Siamo qui in presenza di un *substratum* oggettivo reale; ma la distinzione della sostanza e del vuoto è opera della mente e dipende dalla specie di disegno a cui essa si interessa riconoscendolo<sup>674</sup>.

Il dualismo tradizionale così presentato ha, come si vede, perso una parte del suo rigore poiché, da un lato, il «*substratum* oggettivo reale» moltiplica le sue forme, divenendo sia un'energia libera sia una energia legata, sia una ondulazione sia un elettrone; dall'altro lato, l'informazione geometrica nuova è diversamente ricca e flessibile rispetto all'apprensione kantiana, interamente regolata sulla geometria di Euclide; sembra che questa informazione non si limiti a inquadrare una diversità inerte, ma che essa possieda già in se stessa gli elementi della diversità. Si troveranno del resto nell'opera di Eddington molti pensieri che tendono ora a geometrizzare ora ad affinare all'estremo questa sostanza sconosciuta, lavorando così a colmare la voragine epistemologica agendo sui suoi due bordi. Ma è soprattutto il carattere realistico che si attenua facendo diminuire il suo ruolo fino ad annullarlo.

Non sembra – dice per esempio Eddington – che sia necessario [p. 224] supporre nello spazio l'esistenza di una [p. 235] entità di natura estranea che affetti la natura della geometria; e se facessimo una tale supposizione, non si dovrebbe guardare a questa entità come a qualcosa di sensibile, poiché il soggetto dell'esperimento fisico non è questa entità estranea, ma piuttosto il carattere stesso della geometria dell'universo<sup>675</sup>.

L'opera della conoscenza sarebbe allora di ritrovare, a partire da una geometria assiomatica a forte armatura logica, le forme di una specie di geometria naturale.

Ma dalla materia allo spazio come si potrebbe ancora parlare di causalità? Vediamo immediatamente due ragioni che rendono rovinosa l'idea di una causalità spaziale della materia. C'è anzitutto un motivo di ordine in certo modo metafisico che richiede per la categoria di causalità l'unità di piano fenomenologico per i due fenomeni collegati da questa categoria. Schopenhauer ha fatto di questa osservazione una obiezione decisiva contro la causalità del noumeno. È impossibile infatti enunciare correttamente una relazione causale tra il mondo del noumeno e quello del fenomeno. Ora materia e spazio appaiono senza alcun dubbio posti su due piani fenomenologici differenti quando si pretende che la materia *deformi* lo spazio.

L'altro motivo che deve escludere quest'ultima formula è specifico delle dottrine relativistiche. Esso risulta dal fatto che gli elementi di definizione della [p. 225] realtà si

---

<sup>674</sup> A. Eddington, *Vues générales sur la théorie de la Relativité*, trad. Th. Greenwood, Paris, Gauthier Villars, 1924, p. 39.

<sup>675</sup> *Ibid.*, p. 39.

presentano in uno stato di sintesi indissolubile. Come dice Moritz Schlick<sup>676</sup>, «solo la combinazione o l'unità dello spazio, del tempo e delle cose è la realtà; ciascuno di questi termini è di per sé [p. 236] un'astrazione». Come dire che la relazione causale è una relazione astratta. Bisognerebbe disporre di una specie di forma sub-temporale per fare scorrere i fenomeni dello spazio-tempo fissati improvvisamente nella geometria a quattro dimensioni di Minkowski.

Forse si deve allora ritornare alla vecchia antica soluzione pigra che consiste nel dire che gli oggetti vengono a collocarsi senza distorsione in uno spazio concepito *per definizione* come omogeneo e isotropo poiché questo spazio potrebbe trovare solo al di fuori di se stesso la ragione sufficiente per una differenziazione? Sarebbe come abbandonare il frutto di innumerevoli sforzi per render conto di una cooperazione che la Relatività ha reso più evidente che mai esaminandola alla giusta scala, cioè nel microcosmo. Si può infatti porre lo spazio e la materia come indifferenti l'uno all'altro quando si considerano gli oggetti non in se stessi, ma al contrario per noi stessi, in altri termini quando si colgono gli oggetti al nostro livello. Posso benissimo, a volontà, spostare il calamaio sul tavolo, poiché il complesso delle forze della gravità, delle attrazioni di ogni specie [p. 226] tese tra i due oggetti è perentoriamente aumentato dalla forza di cui io personalmente dispongo. La mia libertà, misura della mia supremazia, è indiscutibile. La traduco nei termini di una indipendenza dalle cose. Parlare di spazio inerte, indifferente ai cambiamenti degli oggetti che esso contiene, significa affermare che il campo di forza che solidarizza gli oggetti al livello delle nostre azioni è dell'ordine di grandezza delle nostre possibilità energetiche. Umanamente parlando, gli oggetti sono comunemente senza reazione sullo spazio che li racchiude. Nella nostra nozione di uno spazio omogeneo non c'è niente di più della nostra esperienza comune del vuoto oppure dell'atmosfera.

[p. 237] Ma tutto cambierebbe se volessimo intervenire tra materia fine e spazio fine e sciogliere così i veri nodi del reale che riuniscono nell'infinitamente piccolo i differenziali del tempo, dello spazio e della materia. È lì che si produce il miracolo della propagazione dei diversi fenomeni, propagazione che non è spiegabile se non per mezzo di una solidarietà progressiva veramente impossibile da immaginare secondo le proprietà geometriche degli oggetti dell'esperienza comune. Per simboleggiare questo fascio di antinomie, si può dire che ogni propagazione mette in gioco la continuità geometrica delle interazioni di centri necessariamente discontinui o ancora che la propagazione è un'azione sullo spazio che un oggetto esercita al di fuori del suo proprio spazio.

---

<sup>676</sup> M. Schlick, *Raum und Zeit in der gegenwärtigen Physik*, Berlin, Springer, 1917, p. 22.

[p. 227] Su questo terreno, le limitazioni dell'intuizione sono forse di per sé molto istruttive. È, in effetti, nell'intuizione dell'infinitamente piccolo che si avverte più vivamente una resistenza all'analisi astratta delle nozioni. Infatti, da un lato, il concetto geometrico di punto è legato più indissolubilmente di quanto si pensi all'esperienza dei punti fisici, dall'altro gli elementi differenziali devono essere pensati in rapporti di dileguamento. Lo si voglia o no, occorre che una variabile del tipo temporale venga ad apportare l'immagine del divenire. La geometria infinitesimale è una meccanica.

Non si deve obiettare, inoltre, che le condizioni di concettualizzazione non hanno nulla a che vedere con le condizioni di realtà. Significherebbe dimenticare come il problema della realtà si pone nelle dottrine relativistiche e soprattutto nella tesi particolare di Eddington. Come abbiamo già fatto notare, la Relatività non parte dal reale; tutt'al più, mira alla realtà. Quindi, le condizioni di intelligibilità devono sempre restare presenti e operanti nella nostra [p. 238] organizzazione del reale. Risiede in ciò anche il segreto del valore informante della geometria relativistica.

Inoltre, nelle dottrine moderne, non sembra più che si possano separare le proprietà di uno spazio astratto, concepito in sé, che sarebbe d'altronde abbandonato a tutte le libertà dell'assiomatica, e le proprietà di uno spazio concreto [p. 228], concepito in rapporto a un contenuto, e che troverebbe per ciò stesso riunite, in un gruppo solidale, delle condizioni di utilità, di fecondità, di simmetria – tutte determinazioni più o meno analogiche, atte infine a favorire le ricerche induttive. La geometria deve piuttosto riunire in qualche modo il concreto e l'astratto, essere per esempio un metodo di astrazione applicato a casi concreti. Situazione ancora ben difficile da chiarire, ma che si sente precisarsi attraverso la geometria complessa delle dottrine relativistiche. In ogni caso, sul terreno dell'intuizione, non c'è alcun dubbio che l'intuizione dello spazio come contenuto è impossibile da separare dallo spazio come quadro e viceversa. In altri termini, le condizioni di materialità appaiono più saldamente che mai associate alle condizioni della forma. La concezione dello spazio e l'esperienza dello spazio dovrebbero dunque essere ravvicinate. «Concepire lo spazio e riempirlo, dice molto bene Brunshvicg<sup>677</sup>, non sono due problemi, di cui l'uno abbia potuto essere completamente risolto da parte dell'altro».

Quando si è ben convinti che materia e spazio non potrebbero, da una parte, essere posti come indifferenti l'uno all'altro e che, dall'altra parte, non possono pertanto essere riuniti da [p. 229] un legame di causalità, quale che sia l'estensione [p. 239] metaforica che si dà a questa causalità, occorre passare a un altro tipo di corrispondenza. Questa corrispondenza dovrà naturalmente esprimersi in termini di geometria, ovvero dovrà essere stabilita

---

<sup>677</sup> L. Brunshvicg, *L'expérience humaine et la causalité physique*, Paris, Puf, 1949, p. 489.

ponendosi sul terreno epistemologico, fintantoché si vorrà mantenere il beneficio delle posizioni criticiste. Tutto consisterà precisamente nel risolvere il problema di cui Brunschvicg ha così chiaramente indicato l'unità e che consiste senza dubbio nel cogliere il procedimento per mezzo del quale si può *concepire il «popolamento»* dello spazio, determinando le regole *a priori* della spazializzazione. Se il geometrico può così affermarsi, e affermarsi tramite un arricchimento progressivo, si deve convenire che la domanda: «come può il reale essere geometrico?» è mal posta; è la domanda inversa che bisogna risolvere: «in quali condizioni il geometrico può diventare un reale? ».

È allora che il punto di vista di Eddington appare in tutto il suo valore. «La materia, egli dice, non è una causa ma un sintomo». Questa formula ci sembra segni una data nell'epistemologia. Essa interviene in effetti a modificare ancora una volta le nostre idee sulle relazioni dell'*a priori* e dello sperimentale. È dunque suscettibile di determinare tutta una filosofia nuova. In questo ambito, Kant non aveva fatto che una rivoluzione copernicana; Eddington [p. 230] ha preparato la rivoluzione einsteiniana dell'idealismo.

In fondo la spiegazione di Eddington riprende una famosa idea di Poincaré, che amava dire che i postulati erano definizioni mascherate. Ma Poincaré esaminava allora le basi della geometria, era in un dominio evidentemente astratto e poteva affidarsi al carattere convenzionale della costruzione teorica. Il pensiero di Eddington va molto più lontano poiché a trovarsi matematicamente definiti sono i caratteri fisici stessi. Tale [p. 240] definizione dei caratteri del reale è d'altra parte ben lontana dall'essere una descrizione empirica per la quale le matematiche sarebbero un semplice linguaggio. Essa è implicata in effetti in un'atmosfera di condizioni *a priori*. In altri termini, questa descrizione del reale è non soltanto razionale, cioè legata a un sistema coerente di riferimenti, ma essa ci sembra pure toccata dalla luce di un'assiomatica. Eddington lo dice con termini propri<sup>678</sup>: «Le proprietà di configurazione (geometriche) dell'Universo sono indiscernibili dalle sue proprietà di estensione. Di conseguenza, il modo in cui la materia si comporta rispetto allo spazio e al tempo è implicitamente descritta negli assiomi della geometria dello spazio-tempo».

[p. 231] Si riesce in qualche parte a cancellare l'irrazionalità di un fenomeno complesso accettando un fenomeno semplice come elemento della spiegazione. Ciò significa, come abbiamo già ricordato, incorporare dei fatti nel corpo di spiegazione, esattamente nello stesso modo in cui si incorpora un numero irrazionale in un dominio di razionalità. Un irrazionale in sé non ha senso. Quando si parla di irrazionale, non si può trattare che di un irrazionale in rapporto a dei numeri di cui si ammette la razionalità. I fatti presi come base non hanno più bisogno di supporto. È nella costruzione che essi assumono il loro vero senso in ragione del

---

<sup>678</sup> A. Eddington, *Espace, temps et gravitation*, op. cit., partie théorique, p. 14.



loro valore di sistematizzazione. Houssay dice molto bene «che ogni fatto non ha affatto realtà, ma il loro insieme ne ha»<sup>679</sup>. Occorre in tutta evidenza rendere la materia *interamente* correlativa al suo fenomeno.

[p. 241] Non abbiamo bisogno, dice ancora Eddington, di considerare la materia come un'entità estranea, causa di perturbazioni nel campo gravitazionale; la perturbazione è la materia stessa. Così pure non dobbiamo considerare la luce come un'intrusa nel campo elettromagnetico, la quale costringa il vettore elettromagnetico a oscillare lungo il suo cammino, poiché sono queste oscillazioni stesse a costituire la luce. Similmente, [p. 232] il calore non è un fluido che produce l'agitazione delle molecole di un corpo; l'agitazione molecolare è il calore stesso<sup>680</sup>.

Queste ultime espressioni si potrebbero ritrovare sotto la penna di molti altri seguaci di un fenomenismo puro, ma il commento va meno lontano del testo. La novità è che un fisico abbia potuto proporre il fenomenismo al livello stesso delle qualità primarie e che abbia tentato di attaccare e dissolvere i caratteri materiali attraverso vie e mezzi interamente matematici.

Infatti, se si cerca di cogliere nel suo istante decisivo la forza di relazione filosofica della costruzione relativistica, si vede che essa risiede in uno specie di equilibrio matematico tra i caratteri differenti del fenomeno. Si sono dapprima agglomerate in uno stesso tensore le grandezze d'ordine più puramente geometrico. Si è poi formato un secondo raggruppamento tensoriale con delle qualità di ordine meccanico o elettrico. La nostra conoscenza del reale è allora apparsa come contemporanea della riunione di questi due tensori. Ma dove le dottrine divergono è sulla portata dell'equivalenza dei tensori formati attraverso vie così diverse. Il Relativista realista accetta che il tensore geometrico sia un tensore di riferimento organizzato per la comodità del nostro studio e [p. 242] riserva per il tensore materiale caratteri mutuati da una realtà. [p. 233] Sarà dunque un'equazione dai termini *nettamente distinti* a dare una specie di misura tensoriale dei caratteri del reale. Il Relativista eddingtoniano attacca di questa tesi due lati in una volta sola: egli osserva che il tensore di ordine geometrico è formato a partire da vere esperienze sul regolo e l'orologio e che si rendono così a questo tensore dei caratteri materiali, – osserva quindi che i tensori meccanici o elettrici sono implicati in un sistema di schemi e di assiomi e di conseguenza, in qualche modo, geometrizzati. Un passo in più e si pone non l'uguaglianza ma l'identità dei tensori fisici fondamentali e dei tensori della geometria dello spazio riemanniano. Ecco il fenomenismo equilibrato.

Se l'illusione realista persiste, se ne accuserà l'ordine scelto per la costruzione. È perché «la corrispondenza dell'analisi matematica con gli oggetti dell'esperienza è stabilita ordinariamente non determinando che cosa è la materia, ma basandosi sugli effetti di alcune

<sup>679</sup> F. Houssay, *Force et cause*, Paris, Flammarion, 1920, p. 56.

<sup>680</sup> Eddington, *Espace, temps et gravitation*, op. cit., p. 233.



sue combinazioni»<sup>681</sup> che si è stati indotti a dare un primato alle combinazioni adottate. Ma, a dire il vero, le due sintesi, geometriche o materiali, provengono dalla stessa fonte, la stessa necessità le richiede. È ancora una necessità unica che deve assemblarle. [p. 234] Non si ha a che fare con una legge nuova che scoprirebbe delle qualità geometriche della materia, né con un metodo che andrebbe alla ricerca di una realtà lontana. Si tratta solo di fissare una definizione della materia in funzione di un'esperienza più familiare postulata come elementare e di conseguenza come refrattaria a una [p. 243] analisi. Così, lo dice molto bene Becquerel, «non si può pretendere che la Natura costringa l'Universo a curvarsi nelle regioni in cui c'è materia, e forzi la materia a seguire le leggi della dinamica, poiché *siamo noi a definire la materia in modo tale che queste leggi siano soddisfatte...* La nostra legge di conservazione, così come la nostra legge di gravitazione sono, insomma, solo identità»<sup>682</sup>.

Si tratterà alla fine di chiederci se abbiamo ben posto il nostro esame nella libertà assiomatica massima. Forse la resistenza della sostanza del reale all'assimilazione geometrica proviene semplicemente dall'apparato geometrico troppo rigido. È a una simile conclusione che pervengono le proposte così accattivanti di Coppel, Fournier e Yovanovitch<sup>683</sup>. «All'universo archimedeo la Fisica impone la nozione extra-logica di sostanza, mentre nei quadri di una geometria non-archimedeo [p. 235] la sostanza stessa è ridotta alle nozioni logiche fondamentali di spazio e di tempo». Qual è insomma il carattere di una geometria non-archimedeo? È quello di presentare delle zone in cui la «misura» non può penetrare. Qual è la conseguenza dei postulati quantici? È anche quella di immaginare elementi senza geometria interna, all'interno dei quali nessuna esperienza può penetrare. L'accostamento va da sé. Quel che limita l'esperienza fisica è quel che limita l'esperienza geometrica. Ma questa limitazione dell'esperienza geometrica non è propriamente fisica, essa deve essere [p. 244] portata nella zona concettuale, sul terreno stesso dell'assiomatica.

## V

Così come non si può provare che la materia apporti nello spazio-tempo una realtà sostanziale, non si può neppure concepire che si aggiungano dal di fuori delle qualità a questa materia, solo per correggere le nostre astrazioni iniziali. Queste qualità hanno lo stesso diritto di essere considerate essenziali quanto la materia stessa. Occorre dunque ricondurre sistematicamente tutte le proprietà della materia nel quadro generale della teoria completa, [p.236] ricollocarle nel loro rango di caratteri primordiali, allo stesso livello dei caratteri meccanici o geometrici. Ad esempio, una materia caricata elettricamente non può essere

---

<sup>681</sup> *Ibid.*, p. 234.

<sup>682</sup> J. Becquerel, *Le principe de la Relativité et la théorie de la gravitation*, op. cit., p. 334.

<sup>683</sup> Th. Coppel, G. Fournier, D.K. Yovanovitch, *Quelques suggestions concernant la Matière et le Rayonnement*, Paris, A. Blanchard, 1928, p. 23.

analizzata correttamente attraverso la divisione dei suoi caratteri meccanici ed elettrici. L'implicazione delle proprietà è più profonda perché riguarda l'*ordine matematico*. Proprio in ciò consiste la coerenza – tutta nuova – delle definizioni relativistiche, essendo la Relatività sotto certi aspetti un «corpo di definizioni».

Quindi, se si vuole esaminare il carattere elettrico nella sua ragione primaria, occorrerà risalire alla combinazione dei campi gravitazionali ed elettrici e porre il problema in termini di equivalenze e di corrispondenze tensoriali. Si coglie nettamente la formazione del complesso elettricità-materia quando si passa dalla geometria riemanniana che esige dieci coefficienti potenziali, così com'è utilizzata in gravitazione, alla geometria a quattordici coefficienti potenziali impiegata per il campo elettrico. Ma sarebbe un errore credere [p. 245] che, matematicamente parlando, i quattro nuovi coefficienti si aggiungano puramente e semplicemente ai vecchi dieci coefficienti, come i portatori della qualità aggiunta. La saldatura è completa, essa è stretta fra tutte per il fatto stesso che si pone sul terreno dell'assiomatica. È infatti nell'assiomatica stessa che Weyl [p. 237] ha scoperto la traccia dei potenziali elettrici, sopprimendo delle restrizioni implicite, proponendo la non-integrabilità della lunghezza esattamente come era stata proposta la non-integrabilità della direzione per spiegare la curvatura dello spazio-tempo. Le due supposizioni, quella che concerne l'elettricità come quella che concerne la materia, si rivelano dunque essenziali l'una quanto l'altra. L'una completa l'altra. Procedono tutte e due da uno stesso pensiero ed è a questo pensiero che bisogna riferirsi per comprendere il piano e lo scopo della costruzione delle proprietà materiali ed elettriche.

Dal punto di vista matematico, una classificazione di realtà sottostanti non avrebbe peraltro senso perché il fenomeno, che sia di ordine gravitazionale o elettrico, non trascende le relazioni dei potenziali. I quattordici potenziali sono così associati nello stesso fenomenismo. Come dice Eddington<sup>684</sup>, «è un'ipotesi del tutto gratuita quella di supporre che esista qualcosa nell'Universo che si conformi alle relazioni dei quattordici potenziali e che non sia identico a queste relazioni».

[p. 246/238]

## VI

Ma il fenomenismo di Eddington è forse ancora più sorprendente nella sua proposta di *definire il vuoto* per vie matematiche. Nulla impedisce di concepire in effetti che il vuoto abbia dei caratteri tensoriali allorché si sia ben compreso che la Relatività è una scienza di rapporti senza supporti e che necessariamente il vuoto deve essere relativo a un determinato rilevamento.

---

<sup>684</sup> A. Eddington, *Espace, temps et gravitation*, op. cit., p. 234.

Naturalmente non si può partire da un'esperienza del vuoto e non si può prendere il vuoto come una sorta di realtà negativa, semplice simbolo di un'esperienza mancata. Esso non è un dato, non più di quanto lo sia la materia. Perché assuma il suo ruolo matematico, bisogna metterlo al suo giusto posto nella costruzione matematica. Come spiega Eddington<sup>685</sup>, il geometra ha cominciato col formare un tensore considerando dei punti-eventi e degli intervalli che sono postulati come indefinibili. Solo a cose fatte si darà un senso a questo tensore. Pertanto, lo si sperimenterà come una specie di ipotesi fisica. In effetti l'attribuzione di un significato «si fa dapprima a titolo [p. 239] di tentativo, poi diventa definitiva quando si è trovato che è compatibile con l'esperienza». Ma questo riferimento all'esperienza non aggiunge niente al concetto, non è che una garanzia esterna; tutto il valore del concetto proposto come concetto del vuoto risiede nelle relazioni che precedono l'esperienza, esso è di ordine matematico. Ecco precisamente donde il concetto trae origine: allorché, dal punto di vista della gravitazione, non percepiamo niente nello spazio [p. 247] tetradimensionale dei punti-eventi, ci rendiamo conto che si può annullare il tensore di Riemann contratto; porremo, dunque, che in mancanza di un'altra interpretazione l'uguaglianza a zero di quest'ultimo tensore «significa che laddove essa vale c'è il vuoto»<sup>686</sup>. L'equazione così costruita non è dunque che una semplice definizione tensoriale del vuoto. Infine, il vuoto appare proprio in un istante particolare della costruzione della legge di gravitazione. È una nozione tardiva che possiede in certo modo una realtà matematica molto prima di ricevere, in una forma più o meno convenzionale, una realtà sperimentale.

Ancora una volta, e riguardo a ciò che potrebbe sembrare più nettamente immediato, come la materia o il vuoto, più specificamente sperimentale, come l'elettricità, vediamo le funzioni [p. 240] teoriche prevalere sulla funzione realistica. E perfino, per meglio dire, la funzione che specifica il reale, non appena la si consideri al suo giusto posto nel corpo della dottrina, si presenta come una funzione teorica. In effetti, questa funzione realistica giunge al momento opportuno, al centro, non all'inizio della spiegazione, quando la teoria ha preso abbastanza coerenza per dare a certe nozioni la consistenza del concreto. È per rafforzare e riassumere la permanenza di queste nozioni che si propone una realtà. Ma tutte le funzioni di questa realtà sono già trovate quando si arriva ad affermare la sua presenza col suo nome. La sua solidità è fatta della solidarietà delle sue proprietà, e questa solidarietà è tanto più forte ed evidente quanto è di origine risolutamente matematica. Comprendiamo il reale nella misura stessa in cui la *necessità* lo organizza. Per questo motivo lo studio del legame delle proprietà oggettive [p. 248] rientra nella teoria delle funzioni matematiche. Quando si è visto, in generale, che la

---

<sup>685</sup> *Ibid.*, p. 232.

<sup>686</sup> *Ibid.*, p. 233.

matematica ha per compito diretto lo studio dell'ordine, della corrispondenza, della funzionalità, e che la quantità non vi interviene se non attraverso questi quadri primitivi, ci si rende conto che il dato – dal momento in cui esso è ordine e forma – passa sotto il giogo della necessità matematica. Cogliarlo è collocarlo in una prospettiva teorica; un dato non è mai primitivo. Chiedere quale sia il primo dato è una domanda tanto vana quanto chiedere [p.241] quale fu il primo uomo. Un suono non comincia con la prima vibrazione, poiché la prima vibrazione non ha alcuna qualità sonora. Quando un suono comincia ha già durata. Quando un dato è ricevuto è già compreso. Per ciò stesso, il legame intrinseco delle proprietà di una nozione oggettiva deve essere ricercato risalendo a ciò che si potrebbe chiamare il passato teorico della nozione. Le garanzie di realtà sono in definitiva di ordine matematico e il filosofo potrebbe dire: «Datemi delle condizioni matematiche invarianti e io vi farò una realtà».

Lungo tutta la costruzione relativistica, abbiamo visto così depositarsi realtà tardivamente definite, che si presentavano come il completamento di un pensiero. La direzione del nostro sforzo verso il reale è di una nettezza inflessibile. È una conquista, non una scoperta. Il nostro pensiero va al reale, non parte da esso. In nessun momento abbiamo trovato una realtà che sarebbe stata conosciuta per astrazione progressiva; abbiamo sempre avuto a che fare con una realtà che si formava accumulando relazioni. È questa agglomerazione sanzionata dalla funzione realista che dobbiamo ora considerare per delinearne la portata filosofica.

## [p. 249/242]            **CAPITOLO VIII: LA CONQUISTA DELL'OGGETTIVO**

Se cerchiamo ora di passare in rassegna e di giudicare le garanzie realistiche delle dottrine della Relatività, non possiamo evitare l'impressione che esse siano molto tardive e che poggino su fenomeni poco numerosi e di una finezza sconcertante. I Realizzatori si allontanano da queste dottrine perché per loro la realtà non aspetta; bisogna prenderla immediatamente, nel suo primo fenomeno, e bisogna provarla nell'ordine di grandezza dell'esperienza primitiva. L'esperienza è in tal senso incalzante e perentoria.

Al contrario, i Relativisti pretendono di fare un sistema della loro libertà spirituale e di organizzare la loro prudenza: anzitutto prenderanno dall'esperienza solo i caratteri interamente assimilabili dal loro metodo di riferimento, riconoscendo così di non attaccarsi a *tutta* la realtà; poi metteranno tutta la loro [p. 250] cura a collegare i fenomeni mediante la ragione sufficiente, facendo prevalere l'oggettivazione sulla oggettività.

[p. 243] A torto, infatti, si vuole vedere nel reale la *ragione* determinante della oggettività, quando non si può mai fornire nient'altro che la *prova* di una oggettivazione corretta. «La

presenza della parola 'reale', dice molto bene Campbell<sup>687</sup>, è sempre il segno del pericolo di una confusione di pensiero». Se si vuole restare nella chiarezza, bisogna arrivare a porre sistematicamente il problema in termini di oggettivazione piuttosto che di oggettività. Determinare un carattere oggettivo non vuol dire mettere la mano su un assoluto, è provare che si applica correttamente un metodo. Si obietterà sempre che è per il fatto che il carattere rilevato appartiene all'oggetto che esso è oggettivo, mentre non si fornirà mai se non la prova della sua oggettività in rapporto a un metodo di oggettivazione. La ragione addotta è gratuita, la prova, al contrario, è positiva. Crediamo, dunque, che sia meglio parlare non di una oggettivazione del reale, ma piuttosto dell'oggettivazione di un pensiero, in cerca del reale. La prima espressione rientra in una metafisica. La seconda è più adatta a seguire lo sforzo scientifico di un pensiero. Proprio la Relatività, vogliamo ora insistere su ciò, ci sembra uno degli sforzi più metodici del pensiero verso l'oggettività.

Questa modificazione nella direzione del processo di oggettivazione significa che il problema [p. 244] della verità di una dottrina non è derivato dal problema della sua realtà, ma che, al contrario, il giudizio di realtà deve essere posto in funzione di una organizzazione di pensiero che ha già dato le prove del suo [p. 251] valore logico. Campbell ha indicato questo ordine filosofico in termini particolarmente chiari. Mettendosi dal punto di vista stesso del fisico, si domanda se l'obiettivo della Relatività sia scoprire la vera natura del mondo reale. È questa una domanda, dice, alla quale bisogna rispondere con domande. Ecco allora le domande fondamentali:

I fisici (non dico nulla dei matematici o dei filosofi) credono alla realtà di una certa cosa per una ragione diversa dal fatto che questa cosa risulta dalla concezione di una legge vera o di una teoria vera? Abbiamo qualche ragione per affermare che le molecole sono reali, se non il fatto che la teoria molecolare è vera – vera nel senso che predice esattamente e interpreta le previsioni in termini di idee accettabili? Quale ragione abbiamo mai avuto per dire che il tuono e il lampo hanno luogo realmente nel medesimo tempo se non il fatto che la concezione della simultaneità, che è tale da rendere questa affermazione vera, rende possibile la misura degli intervalli di tempo? Quando si sarà risposto a queste domande, sarà [p. 245] tempo di discutere se la Relatività ci dice qualcosa sul tempo reale e sullo spazio reale<sup>688</sup>.

Come si vede, viene correttamente sollevato da un fisico il problema filosofico dei rapporti tra il vero e il reale. Proponiamo di formularlo nella maniera seguente: come può il vero preparare il reale? O anche, in un certo senso, come può il vero diventare il reale? È, infatti, sotto questa forma che il problema sembra più suscettibile di accogliere l'importante contributo apportato dalla Relatività. Con ogni evidenza, la dottrina relativistica appare

---

<sup>687</sup> N.R.Campbell, *Théorie quantique des spectres. La Relativité*, op.cit., p.149.

<sup>688</sup> N.R. Campbell, «Theory and experiment in Relativity», *Nature*, 17 févr. 1921.

[p.252] vera prima di apparire reale. Essa si riferisce a lungo a stessa per essere anzitutto certa di se stessa. È una forma di dubbio provvisorio, ancora più metodico e soprattutto più attivo del dubbio cartesiano, perché esso prepara e fonda una vera dialettica matematica. Non si vede, peraltro, cosa la prova sperimentale potrebbe fare contro questo dubbio essenzialmente costruttivo, eretto in un sistema di una tale coerenza matematica. Una volta impegnati nella Relatività, ci si rende conto che si deve porre, nel corso della costruzione, l'assertorio molto dopo l'apodittico. Bisogna prima di tutto prendere coscienza della necessità costruttiva e imporsi di respingere, come dice Sir Lodge<sup>689</sup>, tutto ciò che non sembra [p. 246] necessario. Più ancora della necessità, la costruzione del reale ha bisogno della prova di questa necessità: non è solo a una necessità derivante da una realtà che la costruzione del reale può affidarsi, bisogna che il pensiero costruttivo riconosca la sua propria necessità. Per contro, l'assicurazione della costruzione mediante un riferimento a una realtà bell'e fatta può e deve essere solo superflua.

D'altra parte, non si può pretendere di assicurarsi allo stesso modo di entrambi i lati contemporaneamente: del lato della logica e del lato di un reale immediato. La prova tramite il reale può essere solo indiretta quando si parte dal dominio logico. Bisogna sempre che l'esperienza sia preparata per essere netta, stabile; occorre anche che essa sia in qualche modo coordinata con ciò che è già compreso perché si possa trovare il mezzo di porla e anche di esprimerla, non fosse altro che come problema. Dal logico allo [p. 253] sperimentale, vi è dunque una sorta di eterogeneità della prova. Ciò è più vero per la Relatività che per ogni altra dottrina. Ora, è innegabile che la Relatività si impegna in primo luogo in percorsi logici, è dunque dal lato logico che essa può trovare il principio della sua evidenza. Ciò è indicato con forza da E. Cunningham<sup>690</sup>: «Einstein ha la logica dalla sua parte, poiché le definizioni dell'etere e del [p. 247] tempo sono definizioni *quid nominis*, non *quid rei*».

Questo aspetto nominalista delle basi della Relatività sembrerà meno straordinario quando si sarà colto il carattere duplice della geometria tradizionale. Questa dualità è stata affermata molte volte, ma raramente con altrettanta pertinenza come nell'articolo consacrato alla Relatività da Miss Dorothy Wrinch e dal Dott. Harold Jeffreys<sup>691</sup>. Come spiegano questi autori, vi sono una geometria astratta e una geometria concreta i cui veri oggetti sono in definitiva del tutto differenti. Ma la similitudine formale delle loro proposizioni è così completa da mascherare totalmente la disparità delle due scienze. Ora, questa disparità è essenziale perché riguarda il metodo. Infatti, la geometria astratta è una costruzione che è ispirata da un pensiero assiomatico. Essa conduce, come ha mostrato l'epistemologia

---

<sup>689</sup> Sir Lodge, «The geometrisation of Physics and its supposed basis on the Michelson-Morley experiment», art. cit., p. 796.

<sup>690</sup> E. Cunningham, «Relativity. The growth of an idea», *Nature*, 17 févr. 1921, p. 785.

<sup>691</sup> Jeffreys e Wrinch, «The relation between Geometry and Einstein's Theory of gravitation», *Nature*, 17 févr. 1921, p. 806.

contemporanea, a una certezza condizionale, ma comunque perfetta nel senso che le relazioni con le ipotesi iniziali sono esplicite e regolate. Al contrario, la geometria concreta, fin nei suoi teoremi più semplici, implica il principio dell'induzione sperimentale. Trasportare un triangolo su un altro per [p. 254] verificare la loro uguaglianza è una vera esperienza [p. 248] di fisica. Il fatto che questa esperienza sia rapida e semplice e che se ne vedano chiaramente le condizioni di approssimazione indefinita non può darci il diritto di attribuire a questa operazione un rigore assoluto e di concludere dal generale all'universale. Non si può, su questa via, conquistare la certezza logica. È quanto affermano nettamente Miss Wrinch e il Dott. Jeffreys<sup>692</sup>: «Quale che sia il numero di volte in cui una proposizione sia stata verificata per coppie di triangoli particolari, non sarà mai possibile provare che questa proposizione è vera per un'altra coppia di triangoli, senza supporre successivamente *qualche principio di generalizzazione empirica* che non è incluso tra i postulati». Senza dubbio vi è un teorema di geometria astratta pronto a riassumere una esperienza di congruenza di due triangoli empiricamente identici, ma solo a condizione che questa geometria astratta abbia prima iscritto la legittimità del trasporto delle figure nell'assiomatica di base. Insomma dall'una all'altra geometria c'è tutta la differenza che separa la verifica di una legge dall'applicazione di una regola. Benché il teorema dell'uguaglianza dei triangoli si enunci allo stesso modo in geometria sperimentale e in geometria assiomatica, la dimostrazione nei due casi non dà lo stesso ruolo agli elementi che essa combina: [p. 249] da una parte si tratta di una operazione più o meno libera, di una esperienza più o meno riuscita, dall'altra si tratta dell'uso di un «operatore» nel senso matematico del termine. Affermare l'identità di un oggetto in uno spostamento significa generalizzare una esperienza. Si tratta, dunque, di un'affermazione *a posteriori*. Soltanto l'esperienza può assicurarci che lo spazio non ha un'azione specifica. Questa indifferenza a [p. 255] ciò che lo spazio contiene ha tutt'altro senso nella geometria astratta. Là tutto è oggetto di definizione preliminare, non soltanto il punto, la retta, il piano, ma lo spazio stesso<sup>693</sup>. Pertanto, questo spazio non potrebbe avere altre funzioni se non quelle che rientrano nella sua definizione preliminare; né altri rapporti con gli elementi geometrici se non i rapporti suscettibili di essere costruiti sulla base delle definizioni *a priori*. Esso non è in alcun modo anteriore a ciò che contiene.

Si può forse ora concepire un modo per passare da questo spazio interamente astratto, posto da una definizione preliminare, a uno spazio fisico capace di solidarizzare i fenomeni, di portare, da un oggetto all'altro, degli effetti, di mantenere dei campi? Si riduca ulteriormente il problema quanto si voglia, si esamini per esempio la relazione tra uno spazio definito come

---

<sup>692</sup> *Ibid.*, p. 807.

<sup>693</sup> Vedere per esempio: A.H.D. Mac Leold, *Introduction à la géométrie non-euclidienne*, Paris, J. Hermann, 1922, p. 12.



possibilità non differenziata e uno spazio che si [p. 250] sperimenta come isotropo, ci si troverà nondimeno davanti a una difficoltà filosofica insolubile perché si dovrebbe spiegare la coincidenza del logico e dello sperimentale. Tuttavia, ponendo il problema in questa forma ridotta, si guadagnerà forse la facoltà di seguire la «realizzazione» dello spazio e di prendere una specie di misura del tragitto metafisico che bisogna percorrere per andare dal quadro formale alla materia informata.

Ma sarebbe ancora troppo audace porsi così sul terreno ontologico e pretendere, con una induzione illegittima, di apportare in un solo colpo una realtà compiuta. Si può sperare di lavorare utilmente al problema filosofico del reale solo esaminando il reale nel suo ruolo nei confronti dello spirito, oppure, [p. 256] se questo programma è ancora troppo vasto e impreciso, in una delle sue funzioni epistemologiche.

Così, al punto in cui ci troviamo, crediamo sia più vantaggioso e più prudente postulare il concreto sulla scorta del principio di ragion sufficiente. In tal modo, si accetta senza dubbio il reale con la passività ineluttabile, lo si accetta così com'è, ma almeno lo si critica *a priori* e si rigetta *a priori* quel che esso non può essere. Abbiamo visto la Relatività sforzarsi di codificare le ragioni di tali esclusioni; di elaborarle in un sistema fortemente coordinato. Certo, non si può trovare [p. 251] nessuna garanzia razionale che ci assicuri che si postula correttamente il concreto nella sua parte positiva, perché non v'è garanzia razionale se non sotto il segno della necessità e si deroga alla necessità accettando lo sperimentale. Ma questa deroga è ridotta al minimo perché si razionalizzano almeno le condizioni negative del concreto utilizzando il principio di ragion sufficiente.

La forza induttiva della ragion sufficiente si trova singolarmente aumentata quando si può provare che essa coordina una costruzione vera e propria. In definitiva, essa corrisponde a questa costruzione vissuta dall'interno. È precisamente a questa geometria vivente che Brunschvicg fa appello per evitare le antinomie. Come potrebbe, infatti, il pensiero, nel suo slancio reale, nel suo marcato atto di unità, spezzarsi e contraddirsi poiché la contraddizione è l'impossibile? Si deve, dunque, trovare una garanzia di oggettività nel pensiero geometrico stesso, semplicemente sforzandosi di prendere coscienza degli atti che lo costituiscono<sup>694</sup>. «La [p. 257] filosofia del giudizio sfugge alle antinomie o, più esattamente, le antinomie le sfuggono, perché invece di considerare lo spazio geometrico come un tutto dato che l'analisi risolverebbe nei suoi elementi, [p. 252] essa si pone all'origine dell'azione che genera questo spazio». Ci s'ingannerebbe, crediamo, se si vedesse nella tesi di Brunschvicg una semplice traduzione, su un piano metafisico, delle teorie genetiche tradizionali dello spazio. La distinzione che egli propone è profonda in modo diverso. Una geometria genetica s'istruisce

---

<sup>694</sup> L. Brunschvicg, *L'expérience humaine et la causalité physique*, op. cit., p. 479.



di fronte a un reale dato, si tratta ancora una geometria *trovata*. La geometria brunshvicghiana si definirà al contrario «come l'attività costitutiva di uno spazio vero». Essa sarà una geometria voluta, una organizzazione di atti, avrà la coerenza e l'*a priori* dell'azione ed è in tal senso che essa sarà vera. Bisogna fare il vero per comprendere il vero. «L'azione dell'uomo nella costituzione dello spazio geometrico, dice ancora Brunshvicg, è un'azione di verità». Vista sotto questa luce, la verità geometrica non risulta tanto da un riferimento a una nozione astratta quanto da un riferimento a un determinato spazio. Essa è contemporanea alla costruzione, la anima. Concilia l'invenzione e la necessità o, per meglio dire, è la necessità dell'invenzione.

La costruzione geometrica può così ricevere un senso eminentemente attivo. Se si pensa ora che l'armatura dell'oggettivazione è essenzialmente geometrica, o in altri termini che il pensiero geometrico serve da asse al pensiero oggettivante, bisognerà concludere che questa oggettivazione non è di natura statica ma [p. 253] piuttosto dinamica, nel senso che anch'essa trova la sua garanzia nella forza e nella continuità di uno slancio, in un pensiero in cammino. La teoria di Brunshvicg ci rafforza nella nostra ipotesi che non è l'oggetto la radice dell'oggettività. Presa al centro della sua forza, nel suo carattere [p. 258] spaziale, questa oggettività non comincia da un contatto con l'oggetto, ma si confonde dapprima con il piano geometrico della nostra azione, con uno schema motore o ancora, deformando leggermente un'espressione di Brunshvicg, con un tracciato-immagine. Più che la coscienza di una generalità, l'oggettivazione è un metodo di generalizzazione cosciente. Sarebbe del tutto insufficiente constatare la generalità, bisogna trovarle una ragione sul piano stesso dell'azione. Effettivamente, lo spirito pone il generale non appena vede una ragion sufficiente per correggere il programma in base al quale esso spende la sua attività. È la nitidezza dell'attività geometrica che decide del suo valore per l'oggettivazione; in altri termini, gli elementi geometrici sono tra i più oggettivi poiché nel combinarli la volontà è veramente intera, netta e genuina. Se il sentimento della grazia è fatto di una volontà che si piega e che, contraddicendo così il suo slancio, perde la coscienza della sua azione e si abbandona alla dolcezza della passività e dell'obbedienza, il sentimento geometrico è la coscienza di una volontà che riconosce le sue creste, [p. 254] i suoi angoli, i suoi incroci, in breve le sue libertà enumerate e ordinate. L'esperienza così non ha più che la fusione di misurare i nostri atti dispiegati, e le divergenze che essa può individuare non possono intaccare il cristallo dei nostri gesti, puro e coordinato, dato *a priori* dalla nostra volontà.

## INDICE DEI NOMI \*

\*[come già specificato per la numerazione delle pagine del testo, anche qui i numeri di pagina riportati in rosso si riferiscono alla edizione del 1929, quelli in neretto, invece, alla edizione del 2014]

- Appell, 131/159, 160/184, 161/184, 162/185.  
Arago, 42/91.
- Barré de Saint Venant, 64/108.  
Becquerel (Jean), 47/94, 66/109, 67/110-111, 71/113, 73/115, 74/116, 76/117, 79/119, 108/142, 109/142, 115/147, 118/149, 127/156, 129/157, 130/158, 132/160, 135/163, 156/181, 159/183, 212/225, 220/232, 234/243.  
Bergson, 42/91, 110/143.  
Bialobrzski, 173/194.  
Bloch (Léon), 31/82, 168/190.  
Bohr, 88/127, 92/130.  
Borel, 16/72, 17/72.  
Born, 97/133, 100/135, 152/177, 153/178.  
Bossuet, 8/63.  
Bouasse, 15/71, 16/71, 19/73.  
de Broglie (Louis), 137/164.  
Brunschvicg, 228/238, 229/239, 251/256, 252/257, 253/258.  
Buffon, 27/80, 28/80.
- Campbell, 24/77, 26[?sic!], 140-144/168-172, 178/198, 243/250, 244/251.  
Carr, 195/211.  
Cassirer, 215/228.  
Cauchy, 64/108.  
Cavendish, 35/85.  
Chasles, 58/103, 60/105.  
Chazy, 25/78, 35/85, 39/89.  
Christoffel, 49/96, 66/109, 69/112, 159/183.  
Clairaut, 27/80, 28/80.  
Coppel, 234/243.  
Coulomb, 29/81.  
Cunningham, 246/253.
- D'Alembert, 131/159.  
Desargues, 56/102, 57/102.  
Descartes, 31/82, 56/102, 105/139, 106/140.
- Eddington, 134/162, 149/175, 150/176, 151/177, 179/199, 198/213, 199/214, 219/231, 222/233, 223/234, 227/237, 229/239, 230/240, 231/241, 233/242, 237/245, 238/246, 239/246.  
Einstein, 8/63, 10/65, 13/69, 15/71, 43/92, 44/93, 45/93, 47/94, 49/96, 67/110, 97/134, 100/135, 122/152, 129/157, 131/159, 152/177-178, 153/178, 155/180, 170/191, 180/199, 190/207, 212/225, 215/228, 217/229, 219/231, 220/232, 221/232, 246/253.  
Eotvös, 127/156, 132/160.  
Esclangon, 20/74, 23/75, 24/77, 25/78.
- Faye, 30/81, 37/87.  
Fermat, 56/102, 57/103.  
Fitzgerald, 108/141.  
Fourier, 119/150.  
Fournier (Georges), 234/243.
- Gaultier, 59/104.  
Gauss, 172/193.  
Gonseth, 22/76.
- Hall, 33/84, 34/85, 41/90.  
Hamilton, 171/192, 172/194.  
Hertz, 184/203.  
Hilbert, 169/191, 170/192, 171/192, 172/193, 173/194.  
Höfding, 182/201.  
Houssay, 231/240.
- Janet (Paul), 27/80, 28/80.  
Jeffreys, 247/253, 248/254.
- Kant, 229/239.  
Képler, 26/79, 27/79, 28/80, 86/125, 88/127, 90/128.  
Klein, 178/198.
- Lalande, 32/83.  
Lalande (André), 196/211, 204/219.  
Lamé, 95/131-132.  
Laplace, 27/79, 28/80, 36/86, 37/87, 40/89.  
Leibniz, 106/140, 197/213.  
Leod, 249/255.  
Le Verrier, 32/83, 38/88, 40/89.  
Lodge, 189/207, 245/252.  
Lorentz, 108/141, 135/162, 143/170, 145/172, 151/177, 171/192, 184/203, 190/207, 193/210.
- Mach, 6/62.  
Mariotte, 45/93.  
Maxwell, 94/131, 190/207, 191/208.  
Mersenne, 57/102.  
Meyerson, 182/201, 196/211, 201/217, 202/218, 207/222, 218/230.  
Michelson, 142/170, 148/174, 150/176, 175/195, 184/203.  
Mie, 170/192.  
Minkowski, 152/177, 153/178, 225/236.  
Mœstlinus, 32/83.
- Newcomb, 24/77, 34/84, 41/90, 42/90.  
Newton, 13/69, 20/74, 21/75, 22/76, 27-44/79-92, 47/95, 48/95, 106/140, 141/168, 190.
- Pacotte, 216/229.  
Painlevé, 180/200.  
Pascal, 56/102.  
Picard (Émile), 221/233.  
Poincaré, 37/87, 154/179, 165/188, 166/188, 167/189, 168/190, 178/198, 230/239.  
Poisson, 119/150.
- Reichenbach, 6/62, 188/206.  
Rey, 205/220.  
Riccioli, 32/83.  
Riemann, 159/183, 239/247.
- Schlick, 225/235.  
Schopenhauer, 194/210, 197/213, 198/213, 224/235.  
Schwarzschild, 46/94.  
de Sitter, 180/199.  
Solovine, 100/135, 217/229.  
Sommerfeld, 85/124, 86/125, 88/127, 91/129, 92/130, 94/131, 95/132.  
Sylvestre, 64/108 [ed.2014 "Sylvester"].
- Todhunter, 35/86.
- Van der Vaals, 45/93.  
Villey, 157/181, 158/182.  
Villiers de l'Isle-Adam, 178/198.  
Von Laue, 6/62, 183/202, 184/202, 185/203, 187/205, 192/209, 193/209.
- Weyl, 136/163, 137/164, 175/196, 176/196, 207/221, 236/245.  
Wilbois, 29/81.  
Wrinch, 247/253, 248/254.
- Yovanovitch, 234/243.
- Zaremba, 155/179-180, 173/194, 175/195, 176/196.

## BIBLIOGRAFIA

- AA.VV., *Septimana Spinozana*, Nijhoff, La Haye 1933.
- AA.VV., *Vingtième anniversaire de la Mécanique ondulatoire*, Comité Louis de Broglie, Gauthier-Villars, Paris 1944.
- AA.VV., *Hommage à G. Bachelard*, Puf, Paris 1957.
- AA.VV., *Bachelard. Colloque de Cerisy*, Union Générale d'Éditions, Paris 1974.
- AA.VV., *Gaston Bachelard du rêveur ironiste au pédagogue inspiré*, a cura di Jean Libis, C.R.D.P., Dijon 1984.
- AA.VV., *Bachelard (1884-1962). Témoins de Gaston Bachelard*, suivi de *Gaston Bachelard, travailleur solitaire*, a cura di D.Giroux, Association des Amis de Gaston Bachelard, Bar-sur-Aube 1985.
- AA.VV., *Bachelard Aujourd'hui*, a cura di J. Lescure, Clancier-Guénaud, Paris 1986.
- AA.VV., *G.Bachelard. L'homme du poème et du théorème. Colloque du Centenaire. Dijon 1984*, Éditions Universitaires de Dijon, Dijon 1986.
- AA.VV., *Présence de Gaston Bachelard. Colloque du Club Epistémologie de l'Université d'Aix-Marseille III*, Librairie de l'Université, Aix-en-Provence 1988.
- AA.VV., *Gaston Bachelard un rationaliste romantique*, Centre Gaston Bachelard de recherches sur l'Imaginaire et la Rationalité, *Éditions Universitaires de Dijon*, Dijon 1997.
- AA.VV., *Cahiers Gaston Bachelard*, n.1(1998); n.2 (1999); n.3 (2000), Éditions Universitaires de Dijon; n.7(2005), n.12 (2012), n.14 (2016), Université de Bourgogne, Dijon.
- AA.VV., *Complessità. Rivista del Centro Studi di Filosofia della Complessità «Edgar Morin»*, Messina, n.1 (2006); 2 (2006); 1(2007); 1(2012); 1-2 (2013); 1-2 (2014-15); 1 (2016); 1 (2017).
- AA.VV., *Bulletin de l'Association des Amis de Gaston Bachelard*, 1 (1999); 2 (2000), 7 (2005), Éd. Association des Amis de Gaston Bachelard, Bar-sur-Aube.
- A.BC., *Compte-rendu de: G. Bachelard, La valeur inductive de la Relativité*, Vrin, Paris 1929, "Revue Scientifique", 11/1929, 67<sup>e</sup> année, 8 juin 1929, p.352 (in *Chronique Bibliographique*).
- ALISON A., *Science et poétique de l'espace chez Gaston Bachelard*, Thèse de doctorat en Philosophie 2014, en cotutelle sous la direction de Jean-Jacques Wunenburger, Université Jean Moulin (Lyon 3) et Giulio Raio, Università degli Studi di Napoli l'Orientale ([www.theses.fr/2014LYO30026](http://www.theses.fr/2014LYO30026)).
- ALISON A., *Cos'è il Cyberspazio?*, [https://www.academia.edu/17118236/Sul\\_Cyber\\_Spazio](https://www.academia.edu/17118236/Sul_Cyber_Spazio).
- ALISON A., *Dalla Poetica alla Fenomenologia dello Spazio in Gaston Bachelard*, 2015, in: [https://www.academia.edu/16156249/Dalla\\_Poetica\\_alla\\_Fenomenologia\\_dello\\_Spazio\\_in\\_Gaston\\_Bachelard\\_Lezione\\_di\\_Dottorato\\_di\\_Filosofia\\_dell'interno\\_architettonico\\_Universit%C3%A0\\_degli\\_Studi\\_di\\_Napoli\\_Federico\\_II\\_26\\_05\\_2015](https://www.academia.edu/16156249/Dalla_Poetica_alla_Fenomenologia_dello_Spazio_in_Gaston_Bachelard_Lezione_di_Dottorato_di_Filosofia_dell'interno_architettonico_Universit%C3%A0_degli_Studi_di_Napoli_Federico_II_26_05_2015).
- ALISON A., *L'ἄρχή nella poetica dell'abitare di Gaston Bachelard*, "Civiltà del Mediterraneo" - Rivista del Consorzio Interuniversitario "Civiltà del Mediterraneo", Università di Napoli "Federico II", anno XIV (XIX), n.26/2015, Diogene Edizioni ([https://www.academia.edu/23074808/L\\_%E1%BC%80%CF%81%CF%87%CE%AE\\_nella\\_Poetica\\_dell\\_abitar\\_e\\_di\\_Gaston\\_Bachelard\\_-\\_CIVILTA\\_DEL\\_MEDITERRANEO\\_-\\_Rivista\\_del\\_Consorzio\\_omonimo\\_Universit%C3%A0\\_di\\_Napoli\\_Federico\\_II\\_Dir.\\_Ermanno\\_Corsi\\_Dir.\\_Scientifica\\_Fabrizio\\_Lomonaco\\_and\\_Fulvio\\_Tessitore\\_n\\_25\\_26\\_-\\_2014\\_-\\_Diogene\\_Edizioni](https://www.academia.edu/23074808/L_%E1%BC%80%CF%81%CF%87%CE%AE_nella_Poetica_dell_abitar_e_di_Gaston_Bachelard_-_CIVILTA_DEL_MEDITERRANEO_-_Rivista_del_Consorzio_omonimo_Universit%C3%A0_di_Napoli_Federico_II_Dir._Ermanno_Corsi_Dir._Scientifica_Fabrizio_Lomonaco_and_Fulvio_Tessitore_n_25_26_-_2014_-_Diogene_Edizioni)).
- ALISON A., *Épistémologie et Esthétique de l'espace chez Gaston Bachelard*, Mimésis France, Sesto S.Giovanni 2019.

- ALLOA E., *L'apparato delle apparenze. Sul concetto di fenomenotecnica e la sua incidenza sull'estetica e l'epistemologia*, "Rivista di estetica", 63, 2016, pp. 36-55.
- ALQUIÉ F., *Philosophie du surréalisme*, Flammarion, Paris 1955.
- ALUNNI C., «*Pensée des sciences*». *Un laboratoire*, "Revue de Synthèse", 4<sup>e</sup> série, 1, janv.-mars 1999, pp.7-15.
- ALUNNI C., *Relativités et puissances spectrales chez Gaston Bachelard*, "Revue de Synthèse", 4<sup>e</sup> série, 1, janvier-mars 1999, pp.73-110.
- ALUNNI C., *L'«École de l'ETH» dans l'oeuvre de Gaston Bachelard. Les figures spectrales d'Hermann Weyl, Wolfgang Pauli et Gustave Juvet*, "Revue de Synthèse", 5<sup>e</sup> série, année 2005/2, pp.367-389.
- ALUNNI C., *Gaston Bachelard face aux mathématiques*, "Revue de Synthèse", t.136, VI série, nn.1-2, 2015, pp.9-32.
- ALUNNI C., *Spectres de Bachelard. Gaston Bachelard et l'École surrationaliste*, Hermann Éd., Paris 2018.
- ALUNNI C., *Gaston Bachelard, ancora e ancora*, in G. Bachelard, *Metafisica della matematica*, a cura di C. Alunni – G. Ienna, Lit ed. Srl - Castelvecchi, Roma 2016, pp.19-39.
- ALUNNI C., *La Valeur inductive de la relativité contre la Phénoménotecnique. L'étrange dispositif de Daniel Parocchia*, in P. Donatiello-F. Galofaro- G. Ienna (a cura di), *Il senso della tecnica. Saggi su Bachelard*, Società Editrice Esculapio, Bologna 2017, pp.59-76. Questo stesso contributo è incluso anche in C. Alunni, *Spectres de Bachelard. Gaston Bachelard et l'École surrationaliste*, cit., pp.71-89.
- ANONYME, *Compte-rendu de: G. Bachelard, La valeur inductive de la Relativité*, Vrin, Paris 1929, "Revue de Métaphysique et de Morale", 37<sup>e</sup> année, Supplément n.4, octobre-décembre 1930, pp.6-7.
- ANSELMO A. (a cura di), *Einstein e la Relatività cent'anni dopo*, Armando Siciliano Editore, Messina 2007.
- ARAZZI G., *La vocazione alla complessità di Gaston Bachelard*, Foedus n.16/2006, pp.16-29.
- AZZOUZ R., *Le concept de Dialectique dans la Philosophie de Bachelard*, Diplôme de Recherches Approfondies sous la direction de Henry Vergote, Université de Tunis 1997.
- BACHELARD G.,
- *Essai sur la connaissance approchée* [1928], Vrin, Paris 1981<sup>5</sup> (ed. it. a cura di E. Castelli Gattinara, Mimesis, Milano-Udine 2016);
  - *Etude sur l'évolution d'un problème de physique: la propagation thermique dans les solides* [1928], Vrin, Paris, 1973<sup>2</sup>;
  - *La richesse d'inférence de la physique mathématique* [1928], "Scientia-Revue internationale de Synthèse scientifique", n.8, Bologna, 1931; rist.in *L'engagement rationaliste* cit., pp.109-119; ed.it. in *L'impegno razionalista*, a c. di F. Bonicalzi, tr.it. di E. Sergio, Jaca Book, Milano 2003, pp.121-130;
  - *La valeur inductive de la relativité*, Vrin, Paris 1929; Vrin, Paris 2014 (préface par D. Parrochia);
  - *Noumène et microphysique*, "Recherches philosophiques", I, 1931-1932, pp.55-65; rist.in *Études* [post.] Vrin, Paris 1970, pp.11-24; tr.it. di M. Chiappini, in G. Sertoli (a cura di), *La ragione scientifica*, Bertani, Verona 1974, pp.218-225; in G. Bachelard, *Studi di filosofia della scienza*, a c. di A. Cavazzini, Mimesis, Milano 2006, pp.53-62; 59;
  - *L'intuition de l'instant* [1932], Stock, Paris 1992<sup>2</sup>, pp.5-100; tr. it. di A. Pellegrino, in G. Bachelard, *L'intuizione dell'istante e la psicoanalisi del fuoco*, Dedalo, Bari 1987<sup>3</sup>[1993<sup>4</sup>], pp.39-111;
  - *Le monde comme caprice et miniature*, "Recherches philosophiques", n.3, 1933-1934, pp.306-320; rist. in *Études* [post., 1970], pp.25-43; tr. it. di M. Chiappini, in G. Sertoli (a cura di), *La ragione scientifica*, cit., pp.511-518; tr.it.di F. Conte, in F. Conte (a cura di), *Il mondo come capriccio e miniatura*, C. Gallone Ed., Milano 1997, pp.5-11; in G. Bachelard, *Studi di filosofia della scienza*, a c. di A. Cavazzini, cit., pp.63-76;
  - *Physique et Métaphysique*, in AA.VV., *Septimana Spinozana, Acta Conventus Oecumenici in memoriam Benedicti De Spinoza Diei Natalis Trecentissimi Hagae Comitibus Habiti*, Nijhoff, La Haye 1933, pp.74-84 (ed. it. *Metafisica della matematica*, a c. di C. Alunni- G. Ienna, Lit ed. Srl - Castelvecchi, Roma 2016);
  - *Le nouvel esprit scientifique* [1934], Alcan, Paris 1934 (rist. da Puf, Paris nel 1946); Puf, Paris 1987<sup>17</sup>; tr.it.di F. Albergamo, Laterza, Bari 1951; seconda edizione riveduta 1978, a cura di L. Geymonat e P. Redondi; nuova edizione a cura di A. Alison, Mimesis, Milano-Udine 2018;

- *Pensée et langage*, “Revue de Synthèse”, n.8, 1934, pp. 81-86; n.9, pp. 237-249;
- *Valeur morale de la culture scientifique* [1934], in AA.VV., *Actes du VI<sup>e</sup> Congrès international d'éducation morale*, t.1, Cracovia 1934; in D.Gil, *Bachelard et la culture scientifique*, Puf, Paris 1993, pp.7-11;
- *La dialectique de la durée* [1936], (rist. da Puf, Paris nel 1950); Puf, Paris 1980<sup>4</sup> [apparsa in una prima versione nella “Revue des cours et conférences”, 1936]; ed. it. a c. di D. Mollica, con introduzione di V. Cicero, Bompiani, Milano 2010;
- *Le surrationalisme* [1936], “Inquisitions”, I, juin 1936, Paris, Éd.Sociales Internationales; rist.in *L'engagement rationaliste*, cit., pp.7-12; tr.it.di M.Chiappini, in G.Sertoli (a cura di), *La ragione scientifica*, cit., pp.494-500; in *L'impegno razionalista*, a c. di F.Bonicalzi, tr.it. di E.Sergio, cit., pp. 25-29;
- *L'expérience de l'espace dans la physique contemporaine*, Alcan, Paris 1937, ed. it. a c.di M.R.Abramo, Armando Siciliano, Messina 2002;
- *La continuité et la multiplicité temporelles*, in “Bulletin de la Société française de philosophie”, XXXVII, n.2, séance du 13mars 1937, mars-avril 1937, pp.53-8;
- *La formation de l'esprit scientifique: contribution à une psychanalyse de la connaissance objective* [1938], Vrin, Paris 1986<sup>13</sup>; tr.it. di E.Castelli Gattinara, R.Cortina, Milano 1995;
- *La psychanalyse du feu*, Gallimard, Paris 1938 [une première rédaction de l'ouvrage avait paru dans la “Nouvelle Revue Française”, 26, Paris 1938]; tr.it. di G.Silvestri, in *L'intuizione dell'istante e la psicoanalisi del fuoco*, cit., pp.125-235;
- *Préface* [1938] à l'ouvrage de Martin.Buber: *Je et tu*, tr. fr. di G.Bianquis, Aubier, Paris 1969, pp.7-15; *Lautréamont* [1939], J. Corti, Paris 1939; nuova ed. ampliata J.Corti, Paris 1951; J. Corti, Paris 1986<sup>10</sup>; tr.it. di F.Fimiani, Ed. 10/17, Salerno 1989;
- *La psychanalyse de la connaissance objective*, “Études philosophiques”, *Annales de l'École des Hautes Études de Gand*, t.III, 1939, pp.3-13; tr.it. di M.Chiappini, in G.Sertoli (a cura di), *La ragione scientifica*, cit., pp.447-458;
- *Instant poétique et instant métaphysique* [1939]; col titolo *Métaphysique et poésie*, “Messages”, t.1, Cahier n.2, Flory, Paris 1939, pp.28-32; riedita in “L'Arc. Cahiers méditerranéens”, hiver 1961, pp.45-52; ried. (col titolo: *Instant poétique et instant métaphysique*) in *L'Intuition de l'instant*, éd Gonthier, Paris 1966; éd.Stock, Paris 1992<sup>2</sup>, pp.103-111; tr. it. di A.Pellegrino, in G.Bachelard, *L'intuizione dell'istante e la psicoanalisi del fuoco*, cit., pp.115-121; ried. in *Le droit de rêver* [post., 1970], Puf, Paris 1988<sup>6</sup> pp.224-232; tr.it. di M. Bianchi, Dedalo, Bari 1987 [1993<sup>3</sup>], pp. 193-199;
- *Univers et réalité* [1939], “Travaux du 2<sup>e</sup> Congrès des Sociétés des Philosophie française et de Langue française”, Lyon 13-15 avril 1939, Neveu, Paris 1939, pp.63-67; rist.in *L'engagement rationaliste*, cit., pp.103-108; tr.it. di M. Chiappini, in G. Sertoli (a cura di), *La ragione scientifica*, cit., pp.505-510; in *L'impegno razionalista*, a c. di F.Bonicalzi, tr.it. di E.Sergio, cit., pp.115-120;
- *La philosophie du non* [1940], Puf, Paris 1983<sup>9</sup>; tr. it. di A. Vio, Pellicano Libri, Catania 1978; a c. di G.Quarta, Armando, Roma 1998;
- *L'eau et les rêves. Essai sur l'imagination de la matière* [1942], J. Corti, Paris 1987<sup>21</sup>; con il titolo di: *Psicanalisi delle acque. Purificazione, morte e rinascita* tr. it. di M. Cohen Hems, Red, Como 1987 (in questa edizione della traduzione italiana sono stati omissi: l'Introduzione, il cap. II e la Conclusione); 2<sup>a</sup> ed. Red, Como 1992;
- *La déclamation muette*, in *Exercice du silence*, “Messages”, J.Annotiau, Bruxelles 1942; (costituisce l'inizio del cap.XII di *L'air et les songes. Essai sur l'imagination du mouvement* [1943], J.Corti, Paris 1987<sup>16</sup>, pp.18-280; tr. it.di M.Cohen Hems, in *Psicanalisi dell'aria. Sognare di volare. L'ascesa e la caduta*, Red, Como 1988, pp.261-270);
- *Le bestiaire de Lautréamont* [1939], “Nouvelle Revue Française”, 53, Paris 1939, pp.711-734;
- *Lautréamont mathématicien* [1939], “L'Usage de la parole”, n.1, Paris decem.1939, pp.15-16;
- *Lautréamont, poète de muscles et du cri* [1946], “Cahiers du Sud”, 275, Marseille 1946, pp.31-38;
- *Compte-rendu de: A.Petitjean, Imagination et réalisation*, “Nouvelle Revue Française”, 48, Paris 1937, pp.455-456;
- *L'air et les songes. Essai sur l'imagination du mouvement* [1943], J.Corti, Paris 1987<sup>16</sup>; con il titolo di: *Psicanalisi dell'aria. Sognare di volare. L'ascesa e la caduta*, tr. it.di M.Cohen Hems, Red, Como 1988 (dalla traduzione sono state omesse: l'Introduzione e la Conclusione);
- *L'imagination aérienne. Les constellations* [1943], “Poésie”, 43, n.15, Villeneuve-lès-Avignon 1943, pp.5-12;
- *L'image littéraire* [1943], “Domaine française” (*Messages*, 1943), Éd.des Trois Collines, Genève 1943, pp.245-256;
- *Le ciel bleu et l'imagination aérienne* [1943], “Confluences”, 3, n.25, Lyon 1943, pp.417-460;
- *Introduction aux Aventures d'Arthur Gordon Pym* d'Allan Edgar Poe, Collection «Voyages Imaginaires», Éd.Stock, Paris 1944; rist. in *Le droit de rêver*, cit., pp.134-149; tr. it. di M. Bianchi, in *Il diritto di sognare*, cit.,pp.118-131; tr.it. di F.Conte, in F.Conte (a cura di), *Il mondo come capriccio e miniatura*, cit., pp.87-94.
- *La dialectique dynamique de la rêverie mallarméenne* [1944], “Le Point”, Souillac, 8, XXIX-XXX, février-avril 1944, pp.40-44; rist. in *Le droit de rêver*, cit., pp.157-162; tr.it. di M. Bianchi, in *Il diritto di sognare*, cit., pp.137-141; tr. it. di F.Conte, in F.Conte (a cura di), *Il mondo come capriccio e miniatura*, cit., pp.95-100;

- *Une rêverie de la matière* [1945], "Rêves d'encre. Vingt-cinq images présentées par Paul Éluard, René Char, Julien Gracq et Gaston Bachelard", J.Corti, Paris 1945; rist. in *Le droit de rêver*, cit., pp.60-62; col titolo: *Un sogno della materia*, tr.it. di M. Bianchi, in *Il diritto di sognare*, cit., pp.55-57;
- *Le vin et la vigne des alchimistes* [1946], "Formes et Couleurs", 1, La Table, Lausanne 1946, in *La terre et les rêveries du repos. Essai sur les images de l'intimité* [1948], J. Corti, Paris 1969<sup>5</sup>, pp. 323-332 (cap.X); tr.it. di M. Citterio e A.C. Peduzzi, Red, Como 1994;
- *La philosophie dialoguée*, "Dialectica", 1, 1947, pp.11-20; in *Le rationalisme appliqué* [1949], Puf, Paris 1986<sup>6</sup>, pp.1-11 (cap.I); tr.it. di M.Giannuzzi Bruno e L.Semerari, Dedalo, Bari 1975, pp.5-18;
- *Le complexe Atlas* [1947], "Formes et Couleurs", n.2, Lausanne 1947; tr. di F.Conte, in F.Conte (a cura di), *Il mondo come capriccio e miniatura*, cit., pp.101-110;
- *La maison natale et la maison onirique* [1947], "Lettres", 23, Genève 1947, pp.5-17; in *La terre et les rêveries du repos. Essai sur les images de l'intimité* [1948], J. Corti, Paris 1969<sup>5</sup>, pp. 95-128 (cap.IV); tr.it. di M. Citterio e A.C. Peduzzi, Red, Como 1994;
- *La terre et les rêveries du repos. Essai sur les images de l'intimité* [1948], J. Corti, Paris 1969<sup>5</sup>; col titolo: *La terra e il riposo. Le immagini dell'intimità*, tr.it. di M.Citterio e A.C.Peduzzi, Red, Como 1994;
- *Préface* [1948] à l'ouvrage de C.A.Hackett: *Rimbaud l'enfant*, J.Corti, Paris 1948; rist. in *Le droit de rêver*, cit., pp.150-156; tr. it. di M. Bianchi, in *Il diritto di sognare*, cit., pp.132-136;
- *Le rationalisme appliqué* [1949], Puf, Paris 1986<sup>6</sup>; tr.it.di M.Giannuzzi Bruno e L.Semerari, Dedalo, Bari 1975;
- *The philosophic dialectic of the concepts of Relativity* [1949], in *Albert Einstein Philosopher-Scientist*, edited by P.-A.Schilpp, University of Illinois Press, The Library of Living Philosophers, Evanston, 1949, pp.563-580; tr.it. dall'inglese di A.Gamba, in P.-A. Schilpp (a cura di), *Albert Einstein, scienziato e filosofo*, Einaudi, Torino 1958, pp.511-526; rist. col titolo *La dialectique philosophique des notions de la Relativité*, in *L'engagement rationaliste*, cit., pp.120-136; tr.it. di M. Chiappini, in G. Sertoli (a cura di), *La ragione scientifica*, cit., pp.225-241; in *L'impegno razionalista*, a c. di F.Bonicalzi, tr.it. di E.Sergio, cit., pp.131-145;
- *Le problème philosophique des méthodes scientifiques* [1949], in *Actes du Congrès d'histoire des sciences*, Paris octobre 1949, (*Actualités scientifiques et industrielles*, n.1126, pp.17-22), Hermann, Paris 1951, pp.29-36; rist.in *L'engagement rationaliste*, cit., pp.35-44;
- *Matière et main* [1949], in "À la Gloire de la Main" par Gaston Bachelard, Paul Éluard, Jean Lescure, Henri Mondor, Francis Ponge, René de Solier, Tristan Tzara, Paul Valéry, Aux dépens d'un Amateur, Paris 1949, pp.11-13; rist. in *Le droit de rêver*, cit., pp.67-69; tr. it. di M. Bianchi, in *Il diritto di sognare*, cit., pp.62-64;
- *De la nature du rationalisme* [1950], "Bulletin de la Société française de Philosophie" (séance du samedi 25 mars 1950), 44, n.2; rist.in *L'engagement rationaliste*, cit., pp.45-88; in *L'impegno razionalista*, a c. di F.Bonicalzi, tr.it. di E.Sergio, cit., pp.63-102;
- *Introduction à la dynamique du paysage. Études pour quinze burins d'Albert Flocon* [1950], Eynard, Rolle (Suisse); rist. in *Le droit de rêver*, cit., pp.70-93; tr. it. di M.Bianchi, in *Il diritto di sognare*, cit., pp.65-84;
- *La Philosophie du graveur: le complexe de Jupiter*, 25 mai 1950, entretien d'Albert Flocon, Gaston Bachelard et Jean Amrouche; *Rêverie et radio*[1950]: dans le cadre d'une conférence de Jean Tardieu, le 27 novembre 1950. Texte édité en 1951;
- *L'activité rationaliste de la physique contemporaine* [1951], Puf, Paris 1965<sup>2</sup>; tr.it.di C. Maggioni, con *Introduzione* di F.Bonicalzi, Jaca Book, Milano 1987;
- *Les tâches de la philosophie des sciences* [1951], "Information Philosophique", I, n.1, Baillière et Fils, Paris 1951, pp.1-9; in *L'activité rationaliste de la physique contemporaine* [1951], cit., pp. 1-19 (*Introduction* ); tr.it.di C.Maggioni, cit., pp.27-45;
- *Rêverie et radio* [1951], "La Nef", n.73-74, février-mars 1951, pp.15-20; rist. in *Le droit de rêver*, cit., pp.216-223; con il titolo: *Radio e fantasia* tr. it. di M.Bianchi, in *Il diritto di sognare*, cit., pp.186-192;
- *L'actualité de l'histoire des sciences* [conférence faite au Palais de la Découverte le 20 octobre 1951], "Revue du Palais de la Découverte", 18, n.173; rist.in *L'engagement rationaliste*, cit., pp.137-152; tr.it. di M.Chiappini, in G.Sertoli (a cura di), *La ragione scientifica*, cit., pp.426-438; in *L'impegno razionalista*, a c. di F.Bonicalzi, tr.it. di E.Sergio, cit., pp.147-160; presente anche in F.Bonicalzi, *La ragione cieca. Teorie della storia della scienza e comunità scientifica*, Jaca Book, Milano 1982, pp.161-173;
- *Fragment d'un journal de l'homme* [1952], in *Mélanges d'esthétique et de science de l'art offerts à Étienne Souriau*, Librairie Nizet, Paris 1952, pp.23-30; rist. in *Le droit de rêver*, cit., pp.233-245; tr. it. di M. Bianchi, in *Il diritto di sognare*, cit., pp.200-209; con il titolo: *Per un diario dell'uomo: frammento*, tr. it. di M. Cohen Hemi, in *Psicanalisi delle acque. Purificazione, morte e rinascita*, cit., pp.9-18;
- *Préface* à Paul Diel: *Le symbolisme dans la mythologie grecque. Étude psychanalytique*, Payot, Paris 1952.
- *Préface* à Jean Édouard Spence: *Les grands maîtres de l'humanisme européen: Erasme, Voltaire, Goethe, Nietzsche et Rilke*, Corrèa, Paris 1952.
- *Le matérialisme rationnel* [1953], Puf, Paris 1980<sup>4</sup>; tr. it.di L.Semerari, Dedalo, Bari 1975;
- *Intervention de M.G.Bachelard alla discussion sur L'invention technique: réalités et possibilités* (à propos de la conférence de M.J. Fourastié), "Revue de Synthèse", n.74, 1953, pp.41-85;

- *Sur l'art (Gratuit, engagé ou appliqué, l'art est présent dans toute œuvre qui donne une forme concrète à la vie intérieure)*, séance du 30 mai 1953, "Bulletin de la Société française de Philosophie", 4, XLVII, 1955, pp.137-171;
- *Germe et raison dans la poésie de Paul Éluard* [1953], "Europe", n. 93, 1953, pp.115-119; rist. in *Le droit de rêver*, cit., pp.169-175; tr. it. di M. Bianchi, in *Il diritto di sognare*, cit., pp.147-152; tr.it.di F. Conte, in F. Conte (a cura di), *Il mondo come capriccio e miniatura*, cit., pp.131-138;
- *Structure logique et Structure mentale en histoire*, exposé et discussion avec la participation de G. Bachelard, "Bulletin de la Société française de philosophie", 47<sup>e</sup> année, n. 3, pp. 89-107;
- *La Physique quantique restera-t-elle indéterministe?*, exposé et discussion avec la participation de G. Bachelard, "Bulletin de la Société française de philosophie", n. 4, 47<sup>e</sup> année, pp. 135-158;
- *Le peintre sollicité par les éléments* [1954], "Vingtième siècle", nouvelle série, 4, n.11-12, janvier 1954; rist. in *Le droit de rêver*, cit., pp.38-42; tr. it. di M. Bianchi, in *Il diritto di sognare*, cit., pp.35-39; tr.it.di F. Conte, in F.Conte (a cura di), *Il mondo come capriccio e miniatura*, cit., pp.139-143;
- *Préface* [1954] à l'ouvrage de Richard E. Knowles: *Victor-Émile Michelet, poète ésotérique*, Vrin, Paris 1954; rist. in *Le droit de rêver*, cit., pp.163-168; tr. it. di M. Bianchi, in *Il diritto di sognare*, cit., pp.142-146;
- *Préface* [1954] à l'ouvrage de A.Burloud: *Psychologie de la sensibilité*, Colin, Paris 1954; *André Marchand*, en collaboration avec Paul Éluard, Raymond Queneau, Jean Grenier, *La Pierre à feu*, A.Maeght, Paris 1954, pp.67-84;
- *Brunschvicg et l'Histoire de la philosophie*, exposé et discussion avec la participation de G. Bachelard, "Bulletin de la Société française de philosophie", 48<sup>e</sup> année, n.1, pp. 1-36;
- *Le problème de l'âme et du corps*, communication et discussion avec la participation de G. Bachelard, "Bulletin de la Société française de philosophie", 48<sup>e</sup> année, n. 4, pp.125-162;
- *Psychanalyse et philosophie. Discussion avec Bachelard* [1955], séance du 25 janvier 1955, "Bulletin de la Société française de Philosophie", 1, XLIX, 1955, pp.1-41;
- *Les perspectives philosophiques et morales ouvertes par la caractérologie*, communication et discussion, avec la participation de G.Bachelard, "Bulletin de la Société française de philosophie", 49<sup>e</sup> année, n.2, pp.45-94.
- Interview a Gaston Bachelard: E.Watson, *M.Gaston Bachelard, membre de l'Institut*, "Revue des PTT de France", Paris, septembre-octobre 1955, pp.12-15;
- *La poétique de l'espace* [1957], Puf, Paris 1984<sup>12</sup>; tr. di E.Catalano, Dedalo, Bari 1984<sup>2</sup>;
- *Le masque. Préface* à l'ouvrage de Roland Kuhn: *Phénoménologie du masque*, tr.fr.di J.Verdeaux, Desclée de Brouwer, Paris-Bruges 1957; rist. in *Le droit de rêver*, cit., pp.201-215; tr. it. di M. Bianchi, in *Il diritto di sognare*, cit., pp.174-185;
- *Cosmos et Matière. Préface* à Laure Garcin: *Peintures récentes et dessins*, Catalogue de l'Éxposition C.Garc à la Galerie 93- Paris 11-26 octobre 1957;
- *Lirisme et silence*, in AA.VV., *Max Picard zum siebzigsten Geburtstag, im Eugen Reutsch Verlag*, Erlenbach-Zürich 1958, pp.155-157; tr.it.di F. Conte, in F.Conte (a cura di), *Il mondo come capriccio e miniatura*, cit., pp.167-170;
- *Lettre à Vandercammen*, "Marginales", Bruxelles février 1958, pp.160-165;
- *La poétique de la rêverie* [1960], Puf, Paris 1986<sup>9</sup>; tr.it.di G. Silvestri Stevan, Dedalo, Bari 1972;
- *La flamme d'une chandelle* [1961], Puf, Paris 1986<sup>8</sup>; tr.it.di M. Beer, Editori Riuniti, Roma 1981; tr. it.di G.Alberti, SE, Milano 1996;
- Interview à Gaston Bachelard: A.Dez, *Rencontre avec Gaston Bachelard*, "Revue des PTT de France", n°6, Paris, nov-déc. 1961, pp.36-40;
- Interview à Gaston Bachelard: H. Knapp – J.-C.Bringuiet, *Bachelard parmi nous. Un certain regard*, Document filmé par Hubert Knapp en 1961, Institut National de l'Audiovisuel, Video VHS Secam 1972;
- *Message aux organisateurs du Colloque de Paris, au Palais de l'Unesco, sur Les fondements du symbolisme à la lumière de plusieurs disciplines*, "Cahiers internationaux de Symbolisme", 1, 1962; pp.5-6;
- In *Témoignage pour les soixante ans de Achille Chavée*: 4 lignes signées G.Bachelard, Paris 27 mai 1962, "Journal des poètes" Bruxelles (36), n.5, juillet 1966, p.8;
- *Études* [post.], Vrin, Paris 1970; *Le droit de rêver* [post., 1970], Puf, Paris 1988<sup>6</sup>; tr.it.di M. Bianchi, Dedalo, Bari 1987;
- *L'engagement rationaliste* [post.], Puf, Paris 1972;
- *Fragments d'une poétique du feu* [post.], Établissement du texte, avant-propos et notes par Suzanne Bachelard, Puf, Paris 1988; tr. it. di M. Citterio e A.C. Peduzzi, Red, Como 1990;
- *La poésie et les éléments. Dormeurs éveillés*, Archives sonores INA, les Grandes Heures, Radio France 1994; col titolo *La poesia della materia* [conversazioni a Radio France, 1952-1954], tr.it. di C.Ruffinengo, Red, Como 1997, per i CD allegati ed.it. a cura di G.B. studio, Milano, produzione PhonoComp, Milano 1997; ed. it. Causeries (1952-54), tr.it. e cura di V.Chiore, Il nuovo Melangolo, Genova 2005.

BACHELARD S., *La conscience de rationalité*, Puf, Paris 1958.

BACHELARD S., *Épistémologie et Histoire des Sciences*, “Revue de Synthèse”, 3<sup>ème</sup> série, nn.49/52, janvier-décembre 1968 (XII<sup>e</sup> Congrès International d’Histoire des Sciences 1968: Colloques, textes des rapports), Éd. Albin Michel, Paris 1968, pp.39-51 (ed. it. a cura di F. Bonicalzi, *La ragione cieca. Teorie della storia della scienza e comunità scientifica*, Jaca Book, Milano 1982, pp.117-131).

BACKES J.-L., *Sur le mot continuité*, “L’Arc”, 42,1970, pp. 69-75.

BALDINI M. (a cura di) *Problemi e prospettive di storia della scienza*, Città Nuova, Roma 1986.

BALIBAR F., *Galilée, Newton lus par Einstein*, Puf, Paris 1994<sup>4</sup>.

BARDIN A., *Epistemologia e politica in Gilbert Simondon. Individuazione, tecnica e sistemi sociali*, Edizioni Fuoriregistro srl, Valdagno 2010.

BARONE F., ‘Verità’ ed ‘errore’ nell’epistemologia di G. Bachelard, “Revue internationale de Philosophie”, 66, 1963, pp. 453-476.

BARONE V., *La relatività generale: un capolavoro in tre atti*, Lettera Matematica 99/dicembre 2016, pp.8-17, (<http://matematica.unibocconi.it/articoli/la-relativit%C3%A0-generale-un-capolavoro-tre-atti>).

BARREAU H., *Les théories philosophiques de la connaissance face à la relativité d’Einstein*, “Communications”, 41, 1985, pp. 95-110.

BARREAU H., FEVRIER P., LOCHAK G. (a cura di), *Jean-Louis Destouches. Physicien et Philosophe (1909-1980). Recueil de textes choisis et d’inédits*, CNRS Ed., Paris 1985.

BARTHÉLÉMY J.-H. – BONTEMS V., *Relativité et réalité. Nottale, Simondon et le réalisme des relations*, “Revue de Synthèse”, 4<sup>e</sup> S. n. 1, janv.-mars 2001, pp. 27-54.

BARTHÉLÉMY J.-H., *Sens et Connaissance à partir et en deçà de Simondon*, Thèse de doctorat *Épistémologie, histoire des sciences*, Université Paris VII – Denis Diderot – U.F.R. GHSS, soutenue le 14 novembre 2003, sous la direction de Dominique Lecourt.

BARTHÉLÉMY J.-H., *Deux points d’actualité de Simondon*, “Revue Philosophique de la France et de l’Étranger”, 2006/3, t.131, Presses Universitaires de France, pp.299-310 (<https://www.cairn.info/revue-philosophique-2006-3-page-299.htm>).

BARTHÉLÉMY J.-H., *De la «chose-mouvement» aux ordres de grandeur: le rôle de la physique contemporaine dans l’anti-substantialisme ontologique de Bachelard, Merleau-Ponty et Simondon*, in AA.VV., G. Hieronimus - J. Lamy (a cura di), *Imagination et mouvement. Autour de Bachelard et de Merleau-Ponty*, EME, Louvain-la-Neuve 2011.

BARTHÉLÉMY J.-H., *Compte-rendu de: Gilbert Simondon, Sur la technique*, Puf, Paris, 2014, “Hermès”, n.68, 2014, pp. 227-229.

BARTOCCI C. (a cura di), *Racconti matematici*, Einaudi, Torino 2006.

BECQUEREL J., *Le principe de Relativité et la théorie de la gravitation*, Gauthier-Villars et C<sup>ie</sup>, Paris 1922.

BÉNÉZÉ G., *L’espace-éther des physiciens modernes*, “Revue de Synthèse”, 8, 1934, pp.17-44.

BENSAUDE-VINCENT B., *Michel Serres, historien des sciences*, “Cahiers de l’Herne”, n.94, novembre 2010 (<https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00350777/document>).

BENSAUDE-VINCENT B., *Meyerson rationaliste?*, “Revue de la philosophie”, Fayard, 2011, pp. 255-274 (in <https://hal-paris1.archives-ouvertes.fr/hal-00939874/document>).

BENSAUDE-VINCENT B. – TELKES-KLEIN E., *Les identités multiples d’Émile Meyerson*, Champion, Paris 2016 (in <https://philosophie.ens.fr/IMG/pdf/BBV-ETK1-Les-Identitees-multiples-Emile-Meyerson.pdf>).



- BENTIVEGNA G., *Per una rilettura di Léon Brunschvicg Note storico-filosofiche*, Bonanno Editore, Acireale-Roma 2010.
- BENTIVEGNA G., *Il razionalismo di Jean Ullmo*, Armando Siciliano Editore, Messina 2008.
- BENTIVEGNA G., *L'intuizionismo nella storia della filosofia della matematica di Léon Brunschvicg*, in Léon Brunschvicg, *L'intelligenza matematica e la verità. La nozione moderna di intuizione*, a cura di G. Bentivegna, Bonanno Editore, Acireale-Roma 2016, pp.7-37.
- BIECHY A., *L'Induction. Essai sur les principes, les procédés, la valeur et la portée de la méthode expérimentale*, Ch. Delagrave et C<sup>ie</sup>, Libraires-Éditeurs, Paris 1869.
- BERNOULLI Jacobi, Basileensis, *Opera*, Tomus Primus, Sumptibus Haeredum Cramer & Fratrum Philibert, Geneva, 1744, pp.282-283
- BITBOL M. & GAYON J. (dir.), *L'épistémologie française, 1830-1970*, Éd. Matériologiques, Paris 2015.
- BOCCALI R., *Collezioni figurali. La dialettica delle immagini in Gaston Bachelard*, Mimesis, Milano - Udine 2017.
- BONICALZI F., *La ragione cieca. Teorie della storia della scienza e comunità scientifica*, Jaca Book, Milano 1982.
- BONICALZI F., *Introduzione a G. Bachelard, L'attività razionalista della fisica contemporanea*, tr.it.di C. Maggioni, Jaca Book, Milano 1987, pp.1-26.
- BONICALZI F., *Oltre la fenomenologia: la genesi del sapere scientifico nell'epistemologia di Gaston Bachelard*, "Bollettino Filosofico", n.13, ed. Brenner, Cosenza 1997, pp.77-106.
- BONICALZI F., *La ragione pentita e il soggetto della città scientifica*, in G. Canguilhem – D. Lecourt, *L'epistemologia di Gaston Bachelard*, a cura di F.Bonicalzi, Jaca Book, Milano 1997 (2<sup>a</sup> ed. ampliata e corretta).
- BONICALZI F., *L'immagine poetica e l'uomo felice. Sull'immaginazione materiale in Gaston Bachelard*, "Bollettino Filosofico", XXII (2006), Aracne, Roma 2007, pp.242-250.
- BONICALZI F., *Leggere Bachelard. Le ragioni del sapere*, Jaca Book, Milano 2007.
- BONICALZI F., *Bachelard lettore di Lautréamont*, introduzione all'ed. it. di G. Bachelard, *Lautréamont*, tr.di F. Fimiani, Jaca Book, Milano 2009, pp.7-11.
- BONTEMS V., *L'actualité de l'épistémologie historique*, "Revue d'histoire des sciences", 2006/1, t. 59, pp. 137-147.
- BONTEMS V., *Quelques éléments pour une épistémologie des relations d'échelle chez Gilbert Simondon. Individuation, Technique, et Histoire*, "Appareil", n.2, 2008, Édition électronique MSH Paris Nord (<http://appareil.revues.org/595>).
- BONTEMS V., *Actualité d'une philosophie des machines. Gilbert Simondon, les hadrons et les nanotechnologies*, "Revue de Synthèse", t.130, VI série, n.1, 2009, pp. 37-66.
- BONTEMS V., *Méthaphores et analogies du mouvement. Les opérateurs dynamiques chez Gaston Bachelard*, "Kairos. Revista de Filosofia & Ciência", 1, 2010, Centro de Filosofia das Ciências da Universidade de Lisboa, pp. 25-42.
- BONTEMS V., *Bachelard et Lupasco. Logiques, Dialectiques et Mécanique Quantique*, "Symbolon", 8/2012, *Bachelard: art, littérature, science*, Éd. Universitaires de Lyon III, pp.251-266.
- BONTEMS V., *Bachelard*, tr. di G. Carrozzini, Mimesis, Milano-Udine 2016.
- BONTEMS V. (dir.), *Gilbert Simondon ou l'invention du futur*, éd. Klincksieck, Langres 2016.

- BONTEMS V., *Le feu bachelardien*, <http://www.fabriquedesens.net/Le-feu-bachelardien-par-Vincent>
- BONTEMS V. (dir.), *Bachelard et l'avenir de la culture. Du surrationalisme à la raison créative*, Presses des Mines – Transvalor 2018.
- BORDONI C., *Il paradosso di Icaro. Ovvero la necessità della disobbedienza*, Il Saggiatore, Milano 2018.
- BOTTURI F., Recensione a: Canguilhem G.- Lecourt D., *L'epistemologia di Gaston Bachelard*, tr. di R.Lanza – M.Magni, Jaca Book, Milano 1969, “Rivista di Filosofia Neoscolastica”, 62, Milano 1970, pp.758-760.
- BOTTURI F., *L'immaginario nel pensiero di Gaston Bachelard*, in “Annali Scuola Superiore delle Comunicazioni Sociali”, 5, La Scuola, Brescia 1971, pp.19-61.
- BOTTURI F., *Struttura e soggettività. Saggio su Bachelard e Althusser*, Vita e Pensiero, Milano 1976.
- BOTTURI F., *Filosofia, prassi, ideologia (riflessioni sulla natura della ragione)*, “Per la Filosofia”, II, 3, gennaio-aprile 1985, pp.23-34.
- BOUASSE H., *La question préalable contre la théorie d'Einstein*, A.Blanchard, Paris 1923 (ed.it. in S.Linguerrri – R.Simili (a cura di), *Einstein parla italiano. Itinerari e polemiche*, Pendragon, Bologna 2008, pp.267-278.
- BOULIGAND G., *Le philosophe et le savant unis dans l'oeuvre épistémologique*, “Dialectica”, vol.20/1966, n.1, pp.14-26.
- BOUREL D. (a cura di), *De Bar-sur-Aube à Jérusalem. La correspondance entre G.Bachelard et Martin Buber*, “Revue Internationale de Philosophie”, 38, n.150/4, 1984, pp.201-216.
- BOUSQUET J., *Lettres à Bachelard, Breton, Gide, Jaloux, Ernest, etc.*, “Revue de Paris”, 76, 6,1969, pp.31-48.
- BOYER C.B., *Storia della matematica*, tr. di A. Carugo, A. Mondadori, Milano 1990.
- BRENNER A., *Le jeune Bachelard et les conséquences philosophiques de la révolution en physique*, “Cahiers Gaston Bachelard”, 7 (2005), *Bachelard et la physique*, Dijon, Université de Bourgogne, pp.25-35.
- BRENNER A., *L'épistémologie historique d'Abel Rey*, “Revue de Métaphysique et de Morale”, 2016/2 n.90, Presses Universitaires de France, Paris (<https://www.cairn.info/revue-de-metaphysique-et-de-morale-2016-2-page-159.htm>), pp.159-176.
- BRUNSCHVICG L., *Les étapes de la philosophie mathématique* [1912], F.Alcan, Paris 1929<sup>3</sup>.
- BRUNSCHVICG L., *Le renouvellement des conceptions atomistiques*, “Revue Philosophique de la France et de l'Étranger”, t.XCIII, mai-juin 1922, pp.345-380.
- BRUNSCHVICG L., *L'expérience humaine et la causalité physique* [1922], Puf, Paris 1949<sup>3</sup>.
- BRUNSCHVICG L., *L'idée critique et le système kantien*, “Revue de Métaphysique et de Morale”, 1924, pp.133-203.
- BRUNSCHVICG L., *La philosophie d'Émile Meyerson* [1926], in Id., *Écrits philosophiques*, t.3, Puf, Paris 1958 éd. Electronique, pp.200-224; [http://classiques.uqac.ca/classiques/brunschvicg\\_leon/ecrits\\_philosophiques\\_t3/ecrits\\_philosophiques\\_t3.pdf](http://classiques.uqac.ca/classiques/brunschvicg_leon/ecrits_philosophiques_t3/ecrits_philosophiques_t3.pdf)).
- BRUNSCHVICG L., *Revue Critiques. Compte Rendu de Gaston Bachelard, Essai sur la connaissance approchée*, “Revue Philosophique de la France et de l'Étranger”, janvier-juin 1929, année 54, t.107, pp. 95-101.
- BRUNSCHVICG L., *Le progrès de la conscience dans la philosophie occidentale*, 2 voll., Alcan, Paris, 1927.
- BRUNSCHVICG L., *Physique et Métaphysique*, in AA.VV., *Septimana Spinozana*, Nijhoff La Haye 1933, pp.43-54.
- BRUNSCHVICG L., *ABEL REY*, “Thalès”, vol. 4, 1937, pp.6-8 ([www.jstor.org/stable/43861471](http://www.jstor.org/stable/43861471)).

- BRUNSCHVICG L., *Spinoza et ses contemporains*, Puf, Paris 1951<sup>4</sup>.
- BRUNSCHVICG L., *Écrits Philosophiques*, t III. *Science – religion*, Les Presses universitaires de France, Paris 1958.
- BUSSEY W.H., *The origin of the mathematical induction*, in *The American Mathematical Monthly official journal of The Mathematical Association of America*, Vol. XXIV, may 1917, n.5, pp.199-207.
- CABRAL E.M., *Espaces poétiques de Gaston Bachelard*, film vidéo, Université de Bourgogne 1998.
- CADOZ C., *Le realtà virtuali*, tr. di R.Pierini, Il Saggiatore, Milano 1996.
- CAJORI F., *Origin of the name "mathematical induction"* in *The American Mathematical Monthly official journal of The Mathematical Association of America*, Vol. XV, may 1918, n.5, pp.197-201.
- CAMPBELL R., *Physique et Physicien*, "Critique", 169, 1961, pp.541-562.
- CANGUILHEM G. (a cura di), *Introduzione alla storia delle scienze*, tr. di G.Capitani- M.Clinanti, Jaca Book, Milano 1973.
- CANGUILHEM G.- LECOURT D., *L'epistemologia di Gaston Bachelard*, tr. di R.Lanza-M.Magni, Jaca Book, Milano 1969; 1997 (2<sup>a</sup> ed. ampliata e corretta a cura di F.Bonicalzi).
- CANGUILHEM G., *Idéologie et rationalité dans l'histoire des sciences de la vie*, Vrin, Paris 1981<sup>2</sup>.
- CASSIRER E., *Sostanza e funzione. Sulla teoria della relatività di Einstein*, a cura di G.A. De Toni, La Nuova Italia, Firenze 1973.
- CASSIRER E., *La teoria della relatività di Einstein* a cura di N.Zippel, ebook Lit Edizioni Srl – Castelvecchi, Roma 2015.
- CASTELÃO-LAWLESS T., *La création et le développement de la phénoménotecnique dans l'oeuvre de Gaston Bachelard*, in "Cahiers Gaston Bachelard", 1, 1998, EUD, Dijon, pp.49-57.
- CASTELÃO-LAWLESS T., *Phenomenotechnique in Historical Perspective: Its Origins and Implications for Philosophy of Science*, "Philosophy of Science", 62 (1995), pp.44-59.
- CASTELLANA M., *Enriques e Bachelard: due epistemologie razionaliste*, "Il Protagora" XIII, 1973, pp.50-65.
- CASTELLANA M., *Il surrazionalismo di Gaston Bachelard*, Glauk, Napoli 1974.
- CASTELLANA M., *Epistemologia debole. Bachelard, Desanti, Raymond*, Bertani, Verona 1985.
- CASTELLANA M. (a cura), *Gaston Bachelard. Bilancio critico di una epistemologia*, "Il Protagora", anno XXIV, IV serie, 5, gennaio-giugno 1984.
- CASTELLANA M. (a cura), *Alle origini della «nuova epistemologia». Il Congrès Descartes del 1937*, "Il Protagora", anno XXX, IV serie, 17-18, gennaio-dicembre 1990.
- CASTELLANA M., *Il pluralismo coerente della fenomenotecnica contemporanea, in Gaston Bachelard*, in P.Donatiello-F.Galofaro- G.Jenna (a cura di), *Il senso della tecnica. Saggi su Bachelard*, cit., pp.37-58.
- CASTELLANA M., *Su alcune armonie nascoste in Federigo Enriques: continuità/discontinuità*, in C.Alunni – Y.André (a cura di), *Federigo Enriques o le armonie nascoste della cultura europea. Tra scienza e filosofia*, Atti del Convegno - Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti 14-17 maggio 2012, Edizioni Della Normale, Pisa 2015, pp.53-80.
- CASTELLANA M., *Razionalismi senza dogmi. Per una epistemologia della fisica matematica*, Rubbettino, Soveria Mannelli 2004.

- CASTELLANA M., *Aspetti di un dibattito in Francia sulla natura del determinismo*, in [https://www.academia.edu/7874430/Aspetti\\_di\\_un\\_dibattito\\_in\\_Francia\\_sulla\\_natura\\_del\\_determinismo](https://www.academia.edu/7874430/Aspetti_di_un_dibattito_in_Francia_sulla_natura_del_determinismo).
- CASTELLANA M., *Il surrazionale: come la materia diventa progetto*, in AA.VV., *Bachelard e le 'provocazioni' della materia*, Il Melangolo, Genova 2012, pp.169-177.
- CASTELLANA M., *Gaston Bachelard ou la rêverie anagogique dans les enjeux du surrationnel*, "Revue de synthèse", t.136, 6<sup>e</sup> série, n.1-2, 2015, pp. 93-116.
- CASTELLANA M., *Introduzione a A. Lautman*, in Albert Lautman, *La matematica come resistenza*, tr. di M.Castellana, Castelvechi, Roma 2016, pp. 7-47.
- CASTELLANA M., *Gaston Bachelard: per una storia della creatività scientifica*, "Scuola e ricerca", Nuova Serie Anno II – 2016, pp.29-49.
- CASTELLANA M., *Cuori pensanti in filosofia della scienza*, Castelvechi – Lit Edizioni Srl, Roma 2018.
- CASTELLANA M., *Il tetraedro storico-epistemologico*, in F. Enriques - H. Metzger, *Storia e struttura del pensiero scientifico*, Barbieri-Selvaggi ed., Manduria 2014, pp. 117-145.
- CASTELLI GATTINARA E., *Epistemologia e storia. Un pensiero all'apertura nella Francia tra le due guerre mondiali*, Franco Angeli, Milano 1996.
- CASTELLI GATTINARA E., *L'errore che fa la differenza: fra epistemologia, storia e pensiero sistemico*, "Riflessioni Sistemiche", n.11 dicembre 2014, pp.32-42.
- CASTELLI GATTINARA E., *Introduzione. Bachelard: un filosofo venuto dal nulla per una filosofia dell'inesatto*, in Gaston Bachelard, *Saggio sulla conoscenza approssimata*, cit., pp.7-36.
- CATESSON J., *Autour d'un cogito scientifique*, "Critique", 95, 1955, pp. 352-360.
- CAVAILLÈS J., *Sur la logique et la théorie de la science*, préface par G. Bachelard, Vrin, Paris, 2008<sup>10</sup>.
- CAVAILLES R., *Einstein et les philosophes*, "Séminaire de Philosophie et Mathématiques", 1985, fascicule 5, pp.1-27 (in [http://www.numdam.org/article/SPHM\\_1985\\_\\_5\\_A1\\_0.pdf](http://www.numdam.org/article/SPHM_1985__5_A1_0.pdf)).
- CAVAZZINI A., *Valore, giudizio e obiectivazione. Il percorso di Bachelard nell'archeologia delle scienze*, in G. Bachelard, *Studi di filosofia della scienza*, a cura di A. Cavazzini, Mimesis, Milano 2006, pp.7-45.
- CHÂTELET G., *L'enchantement du virtuel. Mathématique, Physique, Philosophie*, édition établie par C. Alunni et C. Paoletti, Éd. Rue d'Ulm/Presses de l'École normale supérieure, Paris 2016.
- CHARBONNIER S., *Continuité ou discontinuité entre pensée rationnelle et sens commun ? Lecture croisée de Dewey et Bachelard* [2014], "Revue Skhole.fr" (<http://skhole.fr/continuite-ou-discontinuite-entre-pensee-rationnelle-et-sens-commun-lecture-croisee-de-dewey-et-bach>).
- CHAZAL G., *Bachelard et la relativité*, "Cahiers Gaston Bachelard", 12 (2012), *Sciences, imaginaire, représentation: le bachelardisme aujourd'hui*, Dijon, Université de Bourgogne, pp.37-48.
- CHIORE V., *Il Poeta, l'Alchimista, il Demone. La Dottrina Tetravalente dei Temperamenti Poetici di Gaston Bachelard*, Il Melangolo, Genova 2004.
- COMIS A.M., *Bachelard: idealismo o realismo?*, "Nuova Corrente", 64, 1974, pp.274-286.
- CONIGLIONE F., *Astrazione e funzione in Ernst Cassirer*, in AA.VV., *Filosofia e storiografia. Studi in onore di Giovanni Papuli*, vol.III.1. L'età contemporanea, a cura di M. Castellana - F. Ciraci-D.M. Fazio-D. Ria- D. Ruggieri, Congedo Editore, Galatina 2008, pp.165-188.
- CONTE F. (a cura di), *Il mondo come capriccio e miniatura*, C.Gallone Ed., Milano 1997.

- CONTE F. (a cura di), *Gaston Bachelard. Il poeta solitario della rêverie*, Mimesis, Milano 2010, pp.9-29.
- COURTOIS M. (dir.), *L'imaginaire du feu: approches bachelardiennes*, Jacques André Editeur, Paris 2007.
- CRAPANZANO F., *Iterazioni e co-operazioni nella costruzione delle leggi scientifiche*, "Complessità", anno VIII, n.1-2, gennaio-dicembre 2013, pp.223-232.
- DAGOGNET F., *M.Gaston Bachelard, philosophe de l'imagination*, "Revue Internationale de philosophie", 51, 1960, pp.32-42.
- DAGOGNET F., *Le matérialisme rationnel de G.Bachelard*, "Cahiers de l'Institut de Science économique appliquée", 14, série M, 1962, pp.17-31.
- DAGOGNET F., *Brunschvicg et Bachelard*, "Revue de Métaphysique et de Morale", I, janvier-mars 1965, pp.43-54.
- DAGOGNET F., *Gaston Bachelard*, Puf, Paris 1965.
- DAGOGNET F., *Le relationnel éclipse le rationnel*, in R. Damien-B. Hufschmitt (coord.), *Bachelard. Confiance raisonnée et défiance rationnelle*, Presses Universitaires de Franche-Comté, Paris 2006, pp.13-18.
- DE BROGLIE L., *Materia e luce*, tr. di V. Porta, Bompiani, Milano 1940.
- DE BROGLIE L., *Fisica e microfisica*, tr. di G. Crescenzi, Einaudi, Torino 1950.
- DE BROGLIE L., *Les incertitudes d'Heisenberg et l'interprétation probabiliste de la mécanique ondulatoire*, Gauthier-Villars, Paris 1982.
- DE BROGLIE L., *Sui sentieri della scienza*, tr. di R. Gallino, Boringhieri, Torino 1962.
- DE RISI V., *Leibniz e la Relatività. Una discussione fra Hans Reichenbach e Dietrich Mahnke sulla teoria leibniziana del movimento e del tempo* ([https://www.academia.edu/25115081/Leibniz\\_e\\_la\\_relativit%C3%A0\\_versione\\_italiana\\_](https://www.academia.edu/25115081/Leibniz_e_la_relativit%C3%A0_versione_italiana_)).
- DE RONDE C. – BONTEMS V., *La notion d'entité en tant qu'obstacle épistémologique. Bachelard, la mécanique quantique et la logique*, "Bulletin de l'Association des Amis de Gaston Bachelard", n.13/2011, p.38.
- DE STEFANO F. – ZANINI S., *Modelli e metafore nella scienza*, "Didattica delle scienze", n.198 – novembre 1998, pp.2-9.
- DELL'ORO A. M., Recensione a: G.Bachelard, *L'activité rationaliste de la physique contemporaine*, Puf, Paris 1951, "Sophia", 20, 1952, p.79.
- DENIS A.M., *Psychanalyse de la raison chez G.Bachelard*, "Revue philosophique de Louvain", 61, 1963, pp.644-663.
- DENNET D. C., *Coscienza. Che cosa è* [1991], tr. di L. Colasanti, Laterza, Roma-Bari 2009<sup>2</sup>.
- DENTI M.A., *Scienza e filosofia in Meyerson*, La Nuova Italia, Firenze 1940.
- DEREGIBUS A., *La filosofia di Gaston Bachelard tra scienza e immaginazione*, Le Lettere, Firenze 1997.
- DERRIDA J., *La mitologia bianca. La metafora nel testo filosofico*, in Id., *Margini della filosofia* [1972], a cura di M. Iofrida, Einaudi, Torino 1997, pp.273-349.
- DESCHOUX M., *La philosophie de Léon Brunschvicg*, Puf, Paris 1949.
- DESTOUCHES J. L., *Le rôle des espaces abstraits en physique nouvelle*, Hermann & C<sup>ie</sup>, Paris 1935.

- DESTOUCHES J.-L., *La logique et les théories physiques*, in AA.VV., *Applications scientifiques de la logique mathématique*, Actes du 2<sup>e</sup> Colloque international de la logique mathématique - Paris 25-30 août 1952, Gauthier-Villars, Paris 1954, pp.119-126.
- DESTOUCHES J.-L., *Aspect dialectique de la notion de système physique*, "Dialectica", vol.11/1957, n.41/42, pp.57-69.
- DESTOUCHES J.-L., *Observation, prévision, invention, objectivité, réalité dans les sciences ayant acquis une forme théorique*, in "Dialectica", 20, 2, 1966, pp.137-142.
- DESTOUCHES J.-L., *Les aperçus philosophiques de Borel et de Fréchet*, "Epistemologia", IV, 1981, pp.133-150.
- DEVAUX A.-A., *Compte-rendu de: G.Bachelard, L'activité rationaliste de la physique contemporaine*, Puf, Paris 1951, "Études Philosophiques", 10, 1955, pp.504-506.
- DIONIGI R., *Gaston Bachelard. La "filosofia" come ostacolo epistemologico*, Marsilio, Padova 1973.
- DORFLES G., *Bachelard o l'immaginazione creatrice*, "Aut-Aut", 9, 1952, pp.224-232.
- DOROLLE M., *Les problèmes de l'induction*, F. Alcan, Paris 1926.
- DUFRENNE M., *G.Bachelard et la poésie de l'imagination*, "Les Etudes Philosophiques", 4, 1963, pp.395-407.
- DUFRENNE M., *L'art et le sauvage*, "Revue d'esthétique", 3-4, 1970, pp.241-254.
- DUHEM P., *La teoria fisica*, a cura di S.Petruccioli, tr. di D.Ripa di Meana, Il Mulino, Bologna 1978.
- DURAND G., *Science objective et conscience symbolique dans l'oeuvre de Gaston Bachelard*, "Cahiers internationaux de Symbolisme", 4, 1964, pp.41-59.
- DURING E., *L'espace-temps entre algèbre et géométrie: la théorie de la relativité chez Bergson et Bachelard*, in F.Worms - J.-J. Wunenburger (a cura di), *Bachelard et Bergson: continuité et discontinuité*, Puf, Paris 2008.
- EDDINGTON A. S., *Spazio, tempo e gravitazione*, tr. di L.Bianchi, Boringhieri, Torino 1982<sup>4</sup>.
- EDDINGTON A. S., *Filosofia della fisica*, tr. di M.Mamiani, Laterza, Roma-Bari 1984.
- EDELIN F., *La poésie et les éléments*, "Cahiers internationaux de Symbolisme", 8, 1965, pp.75-93.
- EINSTEIN A., *Opere scelte*, a cura di E.Bellone, Boringhieri, Torino 1988.
- EINSTEIN A., *Relatività: esposizione divulgativa*, tr. di V.Geymonat, Boringhieri, Torino 1977<sup>4</sup>.
- EINSTEIN A., *Come io vedo il mondo*, tr. di R.Valori, Newton, Roma 1979.
- EINSTEIN A., *Induzione e deduzione nella fisica* [1919], tr. di D.Antiseri, "Nuova Civiltà delle Macchine", anno XIII, n.1-2 (49-50), 1995, pp.149-150.
- EINSTEIN A., *À propos de La déduction relativiste de M. Émile Meyerson*, tr.fr. di André Metz, "Revue philosophique de la France et de l'Étranger", 53<sup>ème</sup> année, t.105 (janvier-juin 1928), pp.161-166; cfr.: *Review by Albert Einstein*, Appendix 1, in É. Meyerson, *The Relativistic Deduction*, tr. by David A. and Mary-Alice Sipfle, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht 1985, pp.252-256.
- EINSTEIN A., *Corrispondenza con Michele Besso (1903-1955)*, a cura di G.Gembillo, tr. di G.Gregorio e M. F. Davi Trimarchi, Guida, Napoli 1995.
- EINSTEIN A., *Pensieri degli anni difficili*, tr. di L.Bianchi, Boringhieri, Torino 1996.
- EINSTEIN A. – BORN H. e M., *Scienza e vita. Lettere 1916-1955*, tr. di G.Scattone, Einaudi, Torino 1973<sup>2</sup>.

- EINSTEIN A. – INFELD L., *L'evoluzione della fisica*, tr. di A. Graziadei, Einaudi, Torino 1953.
- EMERY E., *Ferdinand Gonseth*, ed.it. a cura di M.A. Bisogno, Franco Angeli, Milano 1992.
- EMERY E., *Pour une philosophie du dialogue. Les combats singuliers de Ferdinand Gonseth*, L'Age d'Homme, Lausanne 1995.
- ENRIQUES F., *Per la storia della logica. I principi e l'ordine della scienza nel concetto dei pensatori matematici*, Zanichelli, Bologna 1922.
- ENRIQUES F., *Problemi della scienza*, Zanichelli, Bologna 1926<sup>2</sup> con pref. (1925), 1<sup>a</sup> ed.elettronica 2017.
- ERCOLEO M., *L'epistemologia di Gaston Bachelard*, Manfredi, Palermo 1979.
- FAVIER-AMBROSINI B. – QUIDU M., *L'ancrage symbolique des oeuvres épistémologiques de Gaston Bachelard, Michel Serres et Edgar Morin*, "Revue Philosophique de Louvain", 113(4) 2015, pp.645-677.
- FERREIRA DE ALMEIDA F., *Gaston Bachelard: réalisme et objectivité en physique*, "Cahiers Gaston Bachelard", 7 (2005), *Bachelard et la physique*, Dijon, Université de Bourgogne, pp.36-50.
- FEVRIER-DESTOUCHES P., *Les notions d'objectivité et de subjectivité en physique atomique*, "Dialectica", vol. 1/1947, n. 2, pp.127-146.
- FEVRIER P., *La philosophie mathématique de Poincaré*, "Epistemologia", IV, 1981, pp.151-172.
- FIMIANI F., *Post-fazione. Dall'immagine in atto all'immaginazione in potenza. Bachelard oltre Lautréamont*, in G. Bachelard, *Lautréamont*, tr.di F. Fimiani, Jaca Book, Milano 2009, pp.109-125.
- FISTETTI F., *Per una critica materialistica dell'epistemologia di G.Bachelard*, "Nuova Corrente", 64, 1974, pp.339-365.
- FRECHET M., *Les espaces abstraits*, Gabay, Paris 1989 [rist.].
- FREGOSO L., *Fenomenologia e poetica dell'immagine in Gaston Bachelard*, "ITINERA - Rivista di Filosofia e di Teoria delle Arti e della Letteratura", 2002 (<http://www.filosofia.unimi.it/itiner/>).
- FRUTEAU DE LACLOS F., *Bachelard et la valeur réaliste de la Relativité*, "Bulletin de l'Association des Amis de Gaston Bachelard", n.7/2005, pp.47-67.
- FRUTEAU DE LACLOS F., *L'épistémologie d'Émile Meyerson. Une anthropologie de la connaissance*, Vrin, Paris 2009.
- FRUTEAU DE LACLOS F., *Émile Meyerson et les sciences humaines*, "Archives de Philosophie", Centre Sèvres, 2007/3, t.70, pp.355-358 (in <https://www.cairn.info/revue-archives-de-philosophie-2007-3-page-355.htm>).
- FRUTEAU DE LACLOS F., *Émile Meyerson*, Les Belles Lettres, Paris 2014.
- GAMOW G., *Trent'anni che sconvolsero la fisica*, tr. di L. Felici, Zanichelli, Bologna 1993<sup>2</sup>.
- GARDERE P., *G.Bachelard ou la poétique de la raison*, "Cahiers du Sud", 376, 1964, pp.195-199.
- GAYON J., *Bachelard: Le rationalisme appliqué*, Centre National d'Enseignement à Distance, Centre de Vanves, 1995.
- GAYON J.– WUNENBURGER J.-J., *Bachelard dans le monde*, avec la préface de Dominique Lecourt, Puf, Paris 2000.
- GAYON J., *L'institut d'histoire des sciences*, "Cahiers Gaston Bachelard", 14 (2016), *Bachelard et Canguilhem*, Dijon, Université de Bourgogne, pp.15-63.

- GEMBILLO F., *Conoscenza ed etica nel pensiero di Edgar Morin*, Aracne, Roma 2018.
- GEMBILLO G., *Werner Heisenberg. La filosofia di un fisico*, Giannini, Napoli 1987.
- GEMBILLO G. – GALZIGNA M., *Scienziati e nuove immagini del mondo*, Marzorati, Milano 1994.
- GEMBILLO G., *La scienza contemporanea tra riduzionismo e complessità*, in AA.VV., *La scienza sociale dell'educazione nel contesto della civiltà planetaria*, a cura di A.Mangano e A.Michelin-Salomon, Piero Lacaita ed., Manduria 1998.
- GEMBILLO G., *Neostoricismo complesso*, ESI, Napoli 1999.
- GEMBILLO G. – ANSELMO A. (a cura di), *La metafora del circolo nella filosofia del Novecento. Omaggio a Edgar Morin*, Armando Siciliano, Messina 2002.
- GEMBILLO G., *Le polilogiche della complessità. Metamorfosi della Ragione da Aristotele a Morin*, Le Lettere, Firenze 2008.
- GEMBILLO G. – ANSELMO A.– GIORDANO G., *Complessità e formazione*, Enea, Roma 2008.
- GEMBILLO G., *Da Einstein a Mandelbrot*, Le Lettere, Firenze 2009.
- GEMBILLO G. – ANSELMO A., *Edgar Morin e i processi di eco-auto-organizzazione*, “Riflessioni Sistemiche”, n.5/novembre 2011, pp.86-97.
- GEMBILLO G. – ANSELMO A., *Filosofia della complessità*, Le Lettere, Firenze 2013.
- GEMBILLO G.- GIORDANO G., *Ilya Prigogine. La rivoluzione della complessità*, Aracne, Roma 2016.
- GEYMONAT L., *L'epistemologia di Gaston Bachelard*, in *Storia del pensiero filosofico e scientifico*, Garzanti, Milano 1976, vol. VII, Cap.I, pp.9-39.
- GIANNETTO E., *The rise of special relativity: Henri Poincaré's works before Einstein*, in P. Tucci (ed.), *Atti del XVIII Congresso di Storia della Fisica e dell'Astronomia*, Dip. Fis. Generale e Appl., Univ. Milano, Milano, 1998, 171-207.
- GIANNETTO E., *Da Bruno ad Einstein*, “Nuova Civiltà delle Macchine”, 24 n.3 (2006), pp.107-137.
- GIANNETTO E., *Un fisico delle origini. Heidegger, la scienza e la Natura*, Donzelli, Roma 2010.
- GIANNETTO E., *La materia di Bachelard fra relatività e fisica quantistica*, in AA.VV., *Bachelard e le 'provocazioni' della materia*, Il Melangolo, Genova 2012, pp.127-132.
- GIL D., *Bachelard et la culture scientifique*, Puf, Paris 1993.
- GIORDANO G., *La fine del determinismo. A.S.Eddington e la svolta della nuova fisica*, “Criterio”, anno XII, 1, 1993, pp.25-41.
- GIORDANO G., *Schlick contro Eddington sul convenzionalismo*, in *Atti dell'Accademia Peloritana dei Pericolanti, Classe di Lettere, Filosofia e Belle Arti*, a.a.CCLXV, Messina 1996, pp.281-293.
- GIORDANO G., *Tra Einstein ed Eddington. La filosofia degli scienziati contemporanei*, Armando Siciliano Editore, Messina 2000.
- GIORDANO G., *Scienza, complessità, specialismo*, “Complessità”, anno II, n.1, gennaio-giugno 2007, pp.110-122.
- GIORDANO G., *Semplicità della complessità*, “Complessità”, anno VIII, n.1-2, gennaio-dicembre 2013, pp.86-110.



- GIOVANELLI M., *'Physics Is a Kind of Metaphysics': Émile Meyerson and Einstein's Late Rationalistic Realism*, "Rivista europea per la filosofia della scienza" 2018 (in <http://philsci-archive.pitt.edu/14855/1/meyersonrevised.pdf>).
- GOBLOT E., *Théorie nouvelle du raisonnement déductif*, "Revue de Métaphysique et de Morale", 1911, t.19, pp.523-525.
- GONSETH F., *Les mathématiques et la réalité*, A.Blanchard, Paris 1974<sup>2</sup>.
- GONSETH F., *Il problema della conoscenza nella filosofia aperta*, tr. di M.Bisogno, Franco Angeli, Milano 1992.
- GONSETH F.& J.P., *Connaissance objective et connaissance poétique*, "Dialectica", vol. 1/1947, n. 2, pp.117-125.
- GONSETH F., *Le principe de dualité*, "Dialectica", vol.6/1952, n.22, pp.103-119.
- GONSETH F., *Recherches méthodologiques. Conclusions de l'ouvrage La Géométrie et le problème de l'espace*, "Dialectica", vol.9/1955, n.33-34, pp.137-185.
- GONSETH F., *Des mathématiques à la philosophie*, "Dialectica", vol.9/1955, n.35-36, pp.222-243.
- GONSETH F., *L'ouverture à l'expérience en épistémologie*, "Dialectica", vol.13/1959, n.49, pp.16-26.
- GRANGER G.-G., *Janus Bifrons*, "Nuova Corrente", 64, 1974, pp.203-219.
- GUILLAUME L., *Gaston Bachelard et les poètes*, "Cahiers du Sud", 376, 1964, pp.179-190.
- GUILLERMIT L., *Bachelard ou l'enseignement du bonheur*, "Annales de l'Université de Paris", I, 1963, pp.40-45.
- GUITART R., *Le chiasme du vrai et du sens, à la lettre* [2003], pp.1-35, <http://rene.guitart.pagesperso-orange.fr/textespreprints/rgcvsl03.pdf>.
- GUITART R., *Bachelard et la pulsation mathématique*, in "Revue de Synthèse", t.136, VI série, nn.1-2, 2015, pp.33-74.
- GUYOT P., *La mise en place d'une nouvelle philosophie de la physique au 18<sup>e</sup> siècle*, Thèse de doctorat en Philosophie 2012, Université de Bourgogne, sous la direction de Gérard Chazal.
- HADAMARD J., *La psicologia dell'invenzione in campo matematico*, tr. di B.Sassoli, Cortina, Milano 1993.
- HAHN H. - NEURATH O.- CARNAP R., *La concezione scientifica del mondo*, tr. di S.Tugnoli Pattaro, Laterza, Roma-Bari 1979.
- HAMELIN O., *Essai sur les éléments principaux de la représentation*, Puf, Paris 1952<sup>4</sup>.
- HEISENBERG W., *Natura e fisica moderna*, tr. di E. Casari, Garzanti, Milano 1985<sup>2</sup>.
- HEISENBERG W. – BORN M. – SCHROEDINGER E. – AUGER P., *Discussione sulla fisica moderna*, tr. di A.Verson, Boringhieri, Torino 1960.
- HEISENBERG W., *Fisica e Filosofia*, tr. di G. Gnoli, Il Saggiatore Economici, Milano 1994.
- HEISENBERG W., *Fisica e oltre*, tr. di M. e D. Paggi, Boringhieri, Torino 1984.
- HEISENBERG W., *Indeterminazione e realtà*, a cura di G. Gembillo, tr. di G. Gembillo–G. Gregorio – C. Staiti, Guida, Napoli 1991.

- HOFSTADTER D.R., *Gödel, Escher, Bach: un'Eterna Ghirlanda Brillante* [1979], a cura di G. Trautteur, Adelphi, Milano 1994<sup>3</sup>.
- HOLTON G., *L'immaginazione scientifica*, tr. di R. Maiocchi – M. Mamiani, Einaudi, Torino 1983.
- IENNA G., *Presentazione*, in G. Bachelard, *Metafisica della matematica*, a cura di C. Alunni – G. Ienna, Lit ed. Srl - Castelvecchi, Roma 2016, pp.5-18.
- INFELD L., *Albert Einstein*, tr. di O. Nicotra, Einaudi, Torino 1992.
- JAFFARD P., *Philosophie, science et psychanalyse*, "Critique", 46, 1951, pp.219-232.
- KOSTRO L., *Einstein e l'etere. Relatività e teoria del campo unificato* [2000], tr. di N. Russo, Dedalo, Bari 2001.
- LACHELIER J., *Du fondement de l'induction*, F. Alcan, Paris 1896.
- LACROIX J., *G.Bachelard: l'homme et l'oeuvre*, "Cahiers de l'Institut de Science économique appliquée", série M (Economies et Sociétés), 24, 1967, pp. 129-140.
- LAFRANCE G. (a cura di), *Gaston Bachelard profils épistémologiques*, Presses de l'Université d'Ottawa 1987.
- LALANDE A., *Vocabulaire technique et critique de la philosophie* [1926], vol.I, Quadrige/Puf, Paris 1997<sup>4</sup>.
- LALANDE A., *L'épistémologie de M.Meyerson et sa portée philosophique*, "Revue philosophique de la France et de l'Étranger", 47<sup>ème</sup> année, t.94, juillet-décembre 1922, pp. 259-280.
- LALONDE M., *La théorie de la connaissance scientifique selon G.Bachelard*, Editions Fides, Montréal 1966.
- LAMY J., *Le pluralisme cohérent de la philosophie de Gaston Bachelard*, Thèse de doctorat en Philosophie 2014, Université Jean Moulin Lyon III, sous la direction de J.-J.Wunenburger.
- LARGEAULT J., *Émile Meyerson philosophe oublié*, "Revue Philosophique de la France et de l'Étranger" n.3/1992, pp.273-293.
- LAUENER H., *Gaston Bachelard et Ferdinand Gonseth, philosophes de la dialectique scientifique*, "Dialectica" 39, 1, 1985, pp.5-18.
- LE TONNELIER DE BRETEUIL DU CHÂTELET G.-É., *Institutions de Physique*, Prault fils, Paris 1740 (ed. dal francese al toscano, *Instituzioni di Fisica di Madama la Marchesa Du Chastellet indirite a suo Figliuolo*, accresciuta con la *Dissertazione sopra le Forze motrici* di M. De Mairan, presso Giambattista Pasquali, Venezia 1743).
- LECOURT D., *De Bachelard au matérialisme historique*, "L'Arc", 42, 1970, pp.5-13.
- LECOURT D., *Per una critica dell'epistemologia*, tr. di F.Fistetti, De Donato, Bari 1973.
- LECOURT D., *Bachelard ou le jour et la nuit*, Editions Grasset, Paris 1974.
- LECOURT D., *Epistemologia*, tr. di F.Lo Piparo, Laterza, Roma-Bari 1975.
- LEFEBVE M. J., *De la science des profondeurs à la poésie des cimes*, "Critique", 200, 1964, pp.28-40.
- LENTI G., *Nuove proposte applicative nella Psicoanalisi e nella teoria della Complessità*, Alpes Italia srl, Roma 2015.
- LESCURE J., *Introduction à la poétique de Bachelard*, in G.BACHELARD, *L'Intuition de l'instant* [1932], Stock, Paris 1992<sup>2</sup>, pp.113-149.
- LESCURE J., *Un été avec Bachelard*, Luneau-Ascot 1983 (nouvelle éd.).

- LESCURE J., *Poésie et Liberté*, I.M.E.C., Paris 1998.
- LESCURE J., *Gnomides*, Éd.Proverbe, Paris 1999.
- LIBIS J., *Bachelard et la mélancolie. L'ombre de Schopenhauer dans la philosophie de Gaston Bachelard*, Presses Universitaires du Septentrion, Lille 2000.
- LINGUERRI S. - SIMILI R. (a cura di), *Einstein parla italiano. Itinerari e polemiche*, Pendragon, Bologna 2008.
- LOSEE J., *Filosofia della scienza*, tr. di P. Budinich, Il Saggiatore S.r.l., Milano 2016.
- LUCIANO E., *I contributi di G. Vacca alla storiografia della logica matematica*, in AA.VV, *Quaderni di storia dell'Università di Torino 10 (2009-2011)*, a cura di C.S. Roero, Celid, Torino 2012.
- MACH E., *La meccanica nel suo sviluppo storico-critico*, tr. di A. D'Elia, Boringhieri, Torino 1992<sup>2</sup>.
- MACH E., *Conoscenza ed errore*, tr. di A. Gargani, Einaudi, Torino 1982.
- MALPANGOTTI S., *Gaston Bachelard. Sull'architettura*, Testo & Immagine, Torino 2004.
- MANSUY M., *Gaston Bachelard et les éléments*, J. Corti, Paris 1967.
- MARCONDES CESAR C., *Le cosmos de feu. Gaston Bachelard*, "Filosofia oggi", 1995, pp.61-64.
- MARGOLIN J.C., *Bachelard*, Seuil, Paris 1974.
- MARIE C.P., *De Bergson à Bachelard. Essai de poétique essentialiste*, EUD, Dijon 1995.
- MARTIN M.-E., *Les réalismes épistémologiques de Gaston Bachelard*, Thèse de doctorat en Philosophie 2010, *Épistémologie, histoire des sciences et des techniques*, Université de Nantes.
- MARTIN R., *Dialectique et esprit scientifique chez Gaston Bachelard*, "Les Etudes Philosophiques", 4, 1963, pp.409-419.
- MARZOCCA O., *Filosofia dell'Incommensurable*, Franco Angeli, Milano 1989.
- METZGER H., *Analysis Critico: G. Bachelard, Essai sur la connaissance approchée*, Vrin Paris 1928; *La valeur inductive de la Relativité*, Vrin, Paris 1929; *Étude sur l'évolution d'un problème de physique: la propagation thermique dans les solides*, Vrin Paris 1928, "Archeion", vol.12, n.2/1930, pp.218-220.
- MEYERSON É., *Identité et réalité*, Alcan, Paris, 1932<sup>4</sup>.
- MEYERSON É., *De l'explication dans les sciences*, Payot, Paris 1927<sup>2</sup>.
- MEYERSON É., *La déduction relativiste*, Gabay, Paris 1992 [rist.]; tr. di C.Vinti, Istituti Editoriali e Poligrafici Internazionali, Pisa-Roma 1998.
- MEYERSON É., *Du cheminement de la pensée*, 3 Voll., Alcan, Paris 1931.
- MEYERSON É., *Réel et déterminisme dans la physique quantique*, Hermann & C<sup>ie</sup>, Paris 1933.
- MILNER C., *Sur une conception moderne de la durée*, "Les Études Philosophiques", 4, 1963, pp.421-427.
- MINKOWSKI E., *Imagination?*, "Revue internationale de Philosophie", 51, 1960, pp.3-31.
- MINKOWSKI E., *Vers quels horizons nous emmène G. Bachelard?*, "Revue internationale de Philosophie", 66, 1963, pp.419-440.

- MINKOWSKI E., *Instant et durée*, “Revue de Métaphysique et de Morale”, 76, 1, 1971, pp.1-5.
- MORIN E., *Introduzione al pensiero complesso*, tr. di M. Corbani, Sperling & Kupfer, Milano 1993.
- MORIN E., *La sfida della complessità. Le défi de la complexité*, a cura di A. Anselmo – G. Gembillo, Le Lettere, Firenze 2011.
- MORIN E., *Complexité restreinte, complexité generale*, “Complessità”, anno I, n.2, giugno-dicembre 2006, pp.6-29 (tr. di A. Anselmo, *infra*, pp.30-53).
- MORIN E. – MANDELBROT B. – MATURANA H., *Complessità e neostoricismo. Studi in onore di Giuseppe Gembillo*, a cura di A. Anselmo, G. Giordano, G. Gregorio, Armando Siciliano Editore, Messina 2009.
- MOSCONI J., *Éloge de Suzanne Bachelard (18 octobre 1919 – 3 novembre 2007)*, Comité National Français d’Histoire et de Philosophie des Sciences (<http://www.cnfhpst.org/eloges>).
- NICOD J., *Le problème logique de l’induction*, Puf, Paris 1961.
- NOUVEL P. (a cura di), *Actualité et postérités de Gaston Bachelard*, Puf, Paris 1997.
- NOUVEL P.– LIBIS J., *Gaston Bachelard un rationaliste romantique*, Éditions Universitaires de Dijon, Dijon 1997.
- OGDEN T.H., *Rêverie e interpretazione* [1997], tr. di G. Baldaccini-L. Riommi Baldaccini, Astrolabio, Roma 1999.
- OLDROYD D., *Storia della filosofia della scienza*, tr. di L. Sosio, EST, Milano 1998.
- OLIVA C., *Eddington: un anniversario dimenticato*, in “Nuova Secondaria”, 8, 15 aprile 1996, anno XIII, pp.82-85.
- OLIVERI L., *I volti dell’errore nel pensiero moderno. Da Bacone a Leibniz*, “Rivista di Storia della Filosofia”, 3/2015, pp. 639-643.
- OLIVERI L., *Leibniz on the origins of language: innate ideas, tropic expressions and the place of the other*, [https://www.academia.edu/31707981/Leibniz\\_on\\_the\\_Origins\\_of\\_Language\\_Innate\\_Ideas\\_Tropic\\_Expressions\\_and\\_the\\_Place\\_of\\_the\\_Other](https://www.academia.edu/31707981/Leibniz_on_the_Origins_of_Language_Innate_Ideas_Tropic_Expressions_and_the_Place_of_the_Other).
- OLIVERI L., *On the Epistemological Status of Thought Experiments in Leibniz’s Metaphysics: Conceivability, Possibility, Compossibility*, Conferenza Internazionale “Leibniz scientist – Leibniz Philosopher”, Lampeter, Wales, July 1-2, 2015.
- PAIS A., *‘Sottile è il Signore...’ La vita e la scienza di A. Einstein*, tr. di T. Cannillo, Boringhieri, Torino 1986.
- PAIS A., *Il danese tranquillo. Niels Bohr, un fisico e il suo tempo, 1885-1962*, tr. di D. Canarutto, Boringhieri, Torino 1993.
- PAIS A., *Einstein è vissuto qui*, tr. di M. Bruno e D. Mezzacapa, Boringhieri, Torino 1995.
- PAISSE J.-M., *Approches du rationalisme de Gaston Bachelard*, “Bulletin de l’Association Guillaume Budé”, n.1, mars 1971, pp. 111-124
- PALOMBI F., *Provocazioni geometriche: spazio e materia in Gaston Bachelard*, in AA.VV., *Bachelard e le ‘provocazioni’ della materia*, Il Melangolo, Genova 2012, pp.133-142.
- PALOMBI F., *Elogio dell’astrazione. Bachelard e la filosofia della matematica*, Milano - Udine 2017.
- PARIENTE J.-C., *Présence des images*, “Critique”, 200, 1964, pp.3-27.

PARIENTE J.-C., *Rationalisme et ontologie chez Gaston Bachelard* [1984], in M. Bitbol & J. Gayon (dir.), *L'épistémologie française, 1830-1970*, Éd. Matériologiques, Paris 2015, pp.235-263; in "Bulletin de la Société française de Philosophie", A.Colin, Paris n.1 janvier-mars, 1985/79; in G. Lafrance (dir.), *Gaston Bachelard profils épistémologiques*, Presses de l'Université d'Ottawa 1987, pp.25-46.

PARIENTE J.-C., *Le vocabulaire de Bachelard*, Poitiers, Ellipses éd., Paris 2001.

PARINAUD A., *Gaston Bachelard*, Flammarion, Paris 1996.

PARROCHIA D., *La lecture bachelardienne de la théorie de la relativité (Bachelard et Meyerson)*, in J.-J. Wunenburger (a cura di), *Bachelard et l'épistémologie française*, Puf, Paris 2003, pp.153-182.

PARROCHIA D., *Rationnel, irrationnel, surrationnel en physique à l'époque de Bachelard*, in R. Damien-B. Hufschmitt (coord.), *Bachelard. Confiance raisonnée et défiance rationnelle*, Presses Universitaires de Franche-Comté, Paris 2006, pp.19-34.

PARROCHIA D., *L'Internet et ses représentations*, "Rue Descartes", Collège international de Philosophie, 2007/1, n. 55, pp.10-20 (<https://www.cairn.info/revue-rue-descartes-2007-1-page-10.htm>).

PARROCHIA D., *Préface*, in G.Bachelard, *La valeur inductive de la relativité*, Vrin, Paris 2014, pp.7-60.

PATOČKA J., *Lo spazio e la sua problematica*, a cura di F.Bonicalzi, Mimesis, Milano - Udine 2014.

PATY M., *La création scientifique selon Poincaré et Einstein*, in M. Serfati, *La recherche de la vérité, L'écriture des Mathématiques*, ACL-éditions du Kangourou, Paris 1999, pp. 241-280 (<https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00167297/document>).

PATY M., *Sur la décidabilité de la géométrie de l'espace physique: Einstein et le point de vue de Riemann*, Exposé au Séminaire *Histoires de géométrie*, Maison des Sciences de l'Homme, Paris, 1<sup>er</sup> avril 2008, pp.1-25.

PERA M., *La scienza a una dimensione? Un esame delle epistemologie di G.Bachelard e K.R.Popper*, "Nuova Corrente", 64, 1974, pp.287-338.

PERRI G., *Crescita della conoscenza e complessità*, Edizioni Scientifiche Italiane, Napoli 1996.

PERROT M., *Les mots du rêveur, sur la Poétique de la rêverie, la Chandelle et le rêveur, sur La flamme d'une chandelle*, lexiques informatisés, E.U.D., Dijon 1987.

PERROT M., *Bachelard et la poétique du temps*, Peter Lang, Frankfurt-am-Main, 2000.

PERRU O., *Relire Gaston Bachelard aujourd'hui*, Université Lyon 1, 2015 (<https://www.researchgate.net/publication/277018488>)

PESTRE D., *Science des philosophes, science des historiens*, "Le Débat", n.102, 1998, pp.99-106.

PESTRE D., *L'analyse de controverses dans l'étude des sciences depuis trente ans. Entre outil méthodologique, garantie de neutralité axiologique et politique*, "Mil neuf cent. Revue d'histoire intellectuelle", Société d'études soréliennes, 2007/1, n. 25, pp.29-43 (<http://www.cairn.info/revue-mil-neuf-cent-2007-1-page-29.htm>).

PIANA G., *La filosofia dell'immaginazione di G.Bachelard. Note di lettura della "Poetica dello spazio"*, Unicopli, Milano 1980.

PIANA G., *Commenti a Schopenhauer. 1. Indicazioni di lettura per la «Quadruplica radice del principio di ragione sufficiente»*, Lezioni del Corso di Filosofia Teoretica sul tema *Epistemologia e metafisica della natura in Schopenhauer*, Università degli Studi di Milano, 1990 ([http://www.filosofia.unimi.it/piana/index.php/component/docman/doc\\_download/139-indicazioni-di-lettura-per-la-quadruplica-radice-del-principio-di-ragione-sufficiente](http://www.filosofia.unimi.it/piana/index.php/component/docman/doc_download/139-indicazioni-di-lettura-per-la-quadruplica-radice-del-principio-di-ragione-sufficiente)).

PIANA G., *La notte dei lampi. Quattro saggi sulla filosofia dell'immaginazione. I. Il lavoro del poeta – Saggio su Gaston Bachelard*, Edizione digitale 2000.

- PIAZZA G.A., *Filosofia e filosofia della matematica nel pensiero di Gaston Bachelard*, "Acme", XXXI, 3 (1978), pp.443-473.
- PIAZZA G.A., *Costruzione matematica e spiegazione fisica nella filosofia di Gaston Bachelard*, "Epistemologia", V (1982), pp.137-159.
- PICARD M., *L'immagine nel tempo e l'immagine in sé nella filosofia dell'immagine di G.Bachelard*, "Filosofia", I, 1957, pp.69-92.
- PILET P.E., *Hommage au Prof. Ferdinand Gonseth*, "Dialectica", vol.20/1966, n.1, pp.3-4.
- PIRO F., *Spontaneità e ragion sufficiente. Determinismo e filosofia dell'azione in Leibniz*, Edizioni di Storia e Letteratura, Roma 2018<sup>2</sup>.
- POINCARÉ H., *La science et l'hypothèse*, Flammarion, Paris 1923<sup>2</sup>; tr. di F.Albergamo, La Nuova Italia, Firenze 1950.
- POINCARÉ H., *Il valore della scienza*, a cura di G.Polizzi, tr. di F.Albergamo, La Nuova Italia, Firenze 1994.
- POINCARÉ H., *Geometria e caso*, tr. di C.Bartocci, Boringhieri, Torino 1995.
- POINCARÉ H., *Scienza e metodo*, tr. di C.Milanesi, in *Opere epistemologiche*, a cura di G. Boniolo, Vol.II, Mimesis, Milano-Udine 2017, pp.5-197.
- POLIZZI G., *Scienza e epistemologia in Francia (1900-1970)*, Loescher, Torino 1979.
- POLIZZI G., *Sul metodo nella storia delle scienze. Note per una lettura delle metodologie di Bachelard e Kuhn*, in "Nuova Corrente", XXVIII,1981, pp.349-376.
- POLIZZI G., *Forme di sapere e ipotesi di traduzione*, Franco Angeli, Milano 1984.
- POLIZZI G., *Istante e durata. Per una topologia della temporalità in Bachelard e Bergson*, "Aut-Aut", 1986, pp.53-75.
- POLIZZI G., *Einstein e i filosofi*, Medusa, Milano 2009.
- POLIZZI G., *La filosofia di Gaston Bachelard. Tempi, spazi, elementi*, Ed.ETS, Pisa 2015.
- POPPER K. R., *Congetture e confutazioni*, tr. di G. Pancaldi, Il Mulino, Bologna 1972.
- POULET G., *Bachelard et la conscience de soi*, "Revue de Métaphysique et de Morale", I, janvier-mars 1965, pp.1-26.
- POULET G., *Gaston Bachelard*, in *La conscience critique*, J. Corti, Paris 1971, pp.173-209.
- PRAVICA S., "Scientific Philosophies" in the Early 1930s and Gaston Bachelard on "Induction", in *Conference Epistemology and History - From Bachelard and Canguilhem to Today's History of Science*, Max-Planck-Inst. für Wissenschaftsgeschichte, Berlin 2012, pp. 159-169.
- PRIGOGINE I.-STENGERS I., *La nuova alleanza*, ed. it. a cura di P.D. Napolitani, Einaudi, Torino 1993<sup>2</sup>.
- RABEAU G., *Compte-rendu de: G.Bachelard, Essai sur la connaissance approchée*, Vrin, Paris 1928, "Revue des Sciences Philosophiques et Théologiques", 17, n.3, 1928, pp.460-472.
- RABEAU G., *Compte-rendu de: G.Bachelard, La valeur inductive de la relativité*, Vrin Paris 1929, "Revue des Sciences Philosophiques et Théologiques", 18, n. 3, 1929, pp.467-479.
- RABOUIN D., *Vivre ici.Spinoza, éthique locale*, Presses Universitaires de France, Paris 2010.
- REBAGLIA A., *Logos interpretazione e microfisica*, Franco Angeli, Milano 1992.

- REDONDI P., *Epistemologia e storia della scienza. Le svolte teoriche da Duhem a Bachelard*, Feltrinelli, Milano 1978.
- REICHENBACH H., *La signification philosophique de la théorie de la relativité*, “Revue Philosophique de la France et de l’Étranger”, 47<sup>ème</sup> année, t.XCIV, juillet-décembre 1922, pp.5-61 (*Il significato filosofico della teoria della Relatività* in P.-A.Schilpp (a cura di), *Albert Einstein, scienziato e filosofo*, tr. di A.Gamba, Einaudi, Torino 1958, pp.237-260).
- REICHENBACH H., *Causalité et induction*, “Bulletin de la Société française de Philosophie” (séance du 5 juin 1937), n.1937, 37/ 4, éd. A. Colin, Paris - Exposé: H. Reichenbach; Discussion: L. Brunschvicg, M. Halbwachs, M. Hermant, A. Lalande, A. Lautman, Mlle Renault, L. Rougier (in [https://s3.archive-host.com/membres/up/784571560/GrandesConfPhiloSciences/philosc03\\_reichenbach\\_1937.pdf](https://s3.archive-host.com/membres/up/784571560/GrandesConfPhiloSciences/philosc03_reichenbach_1937.pdf)).
- REICHENBACH H., *Filosofia dello spazio e del tempo*, tr. di A. Carugo, Feltrinelli, Milano 1977.
- REICHENBACH H., *Relatività e conoscenza a priori*, tr.di S. Ciolli Parrini-P. Parrini, Laterza, Roma-Bari 1984.
- REY A., *La théorie de la physique chez les physiciens contemporains* [1907], Alcan, Paris 1907.
- REY A., *L’énérgetique et le mécanisme au point de vue des conditions de la connaissance*, Alcan, Paris 1908.
- REY A., *Vers un positivisme absolu*, “Revue philosophique de la France et de l’Etranger”, 67/1909, pp.461-479.
- REY A., *Pour le réalisme de la science*, “Revue de Métaphysique et de Morale”, t.19, n.1 janvier 1911, pp.561-567.
- REY A., *Les fondements objectifs de la notion d’électron*, “Revue philosophique de la France et de l’Etranger”, 38, 76/1913, pp.449-478.
- REY A., *Vers l’intuition expérimentale de l’électron*, “Revue philosophique de la France et de l’Etranger”, 39, 77/1914, pp.353-378; 482-505.
- REY A., *La notion d’objet et l’évolution de la physique contemporaine*, “Revue Philosophique de la France et de l’Étranger”, 47<sup>ème</sup> année, t.XCIV, 1922, pp.201-242.
- RHEINBERGER H.-J., *Consistency from the perspective of an experimental systems approach to the sciences and their epistemic objects*, “Manuscrito — Rev. Int. Fil.”, Campinas, v. 34, n. 1, jan.-jun. 2011, pp.307-321.
- ROCCI G., *Scienza e convenzionalismo*, Bulzoni, Roma 1978.
- ROUGIER L., *La structure des théories déductives. Théorie nouvelle de la déduction*, Alcan, Paris 1921.
- ROUX S., *Histoire de la physique classique et historicité des sciences chez Meyerson. L’histoire et la philosophie des sciences françaises à la lumière de l’oeuvre d’Émile Meyerson (1859-1933)*, Champion, Paris 2010.
- RUBY C., *Bachelard*, Éd. Quintette, Paris 1998.
- RUSSO F., *La ricorsività come chiave di lettura del Metodo di Edgar Morin. A proposito di questo inedito*, “Compléssità”, anno IX-X, n.1-2, gennaio-dicembre 2014-15, pp.6-17.
- RUSSO F., *Il concetto di organizzazione in Edgar Morin*, Aracne, Roma 2018.
- RUYER R., *Les rapports de la science et de la philosophie et l’étroitesse de la conscience*, “Revue internationale de Philosophie”, 64, 1963, pp.141-154.
- SANDKÜHLER H.J., *Le livre de la nature dans l’écrit de la culture. Cassirer et le nouvel esprit scientifique*, séance du 22 janvier 1994, “Bulletin de la Société française de Philosophie”, pp.1-38.

- SASSOLI B., *Struttura e dinamica delle teorie scientifiche nell'epistemologia italiana e francese*, in G. Giorello, *Introduzione alla filosofia della scienza*, Bompiani, Milano 1994, pp.149-231.
- SAUT J.-C., *Autour de Hans Reichenbach*, Université Paris-Sud 11, pp.1-40 (<https://www.researchgate.net/publication/287748013>).
- SAUVANET P., *Le rythme et la raison* (tome I, *Rythmologiques*; tome II, *Rythmanalyses*), Puf, Paris 2000.
- SCHAETTEL M., *Lecture et rêverie selon G.Bachelard*, "Revue de Métaphysique et de Morale", 2, avril-juin 1967, pp.231-242.
- SCHAETTEL M., *Gaston Bachelard et le vin alchimique*, "Pays de Bourgogne", 173, 1996.
- SCHEPERS H., *La monade constituente sé e il proprio mondo*, tr. a cura di L. Oliveri, "Lexicon Philosophicum" 4, 2016, pp.1-9; 4 (<http://lexicon.cnr.it/index.php/LP/article/download/480/380>).
- SCHILPP P.-A. (a cura di), *Albert Einstein, scienziato e filosofo*, tr. di A.Gamba, Einaudi, Torino 1958.
- SCHROEDINGER E., *Che cos'è la vita? – Scienza e umanesimo*, tr. di P. Lanterno, Sansoni, Firenze 1988.
- SCHROEDINGER E., *L'immagine del mondo*, tr. di A. Verson, Boringhieri, Torino 1987<sup>2</sup>.
- SCHROEDINGER E., *La mia visione del mondo*, a cura di B. Bertotti, Garzanti, Milano 1987.
- SCIACCA A., *La filosofia del no*, Palumbo, Palermo 1977.
- SERTOLI G., *Le immagini e la realtà. Saggio su G.Bachelard*, La Nuova Italia, Firenze 1972.
- SERTOLI G. (a cura di), *La ragione scientifica*, Bertani, Verona 1974.
- SERTOLI G., *Schede sull'epistemologia francese del '900*, "Nuova Corrente", 82-83, 1980, pp.131-162.
- SIMONDON G., *Forme, Information, Potentiels*, "Bulletin de la Société française de Philosophie", séance du 27 février 1960, pp.723-765. Intervenants: MM. Berger, Bouligand, Dugué, Hyppolite, Gabriel Marcel, Ricoeur, Schuhl, Wahl, Weiberg, in [https://s3.archive-host.com/membres/up/784571560/GrandesConfPhiloSciences/philosc25\\_simondon\\_1960.pdf](https://s3.archive-host.com/membres/up/784571560/GrandesConfPhiloSciences/philosc25_simondon_1960.pdf)).
- SIMONDON G., *Mentalité technique*, "Revue philosophique de la France et de l'Étranger", 2006/3, t.131, pp.343-357 (<https://www.cairn.info/revue-philosophique-2006-3-page-343.htm>).
- SMITH R.C., *Gaston Bachelard. Philosopher of Science and Imagination*, SunyPress, State University of New York 2016.
- SOLOMON J., *M.Gaston Bachelard et le Nouvel Eprit Scientifique*, "La Pensée", 2, 1945, pp.47-55.
- SOUVILLE O., *L'homme imaginaire. De la philosophie esthétique de Bachelard*, "Cahiers de Recherches sur l'imaginaire", 22-24, Lettres modernes, Paris 1995.
- SPAGNOLO F., *Obstacles épistémologiques: le postulat de Eudoxe-Archimède*, "Quaderni di Ricerca in Didattica", suppl.al n.5 (1995), Gruppo Ricerca Insegnamento Matematica, Palermo.
- SPERANZA M.T., *Cassirer e la fisica einsteiniana. Il vantaggio epistemologico della teoria della relatività*, S&F, n.15/2016, pp.84-102 ([http://www.scienzae filosofia.com/wp-content/uploads/2018/03/res709991\\_15-06-SPERANZA.pdf](http://www.scienzae filosofia.com/wp-content/uploads/2018/03/res709991_15-06-SPERANZA.pdf)).
- SPAIER A., *Compte-rendu de: G. Bachelard, La valeur inductive de la relativité*, Vrin, Paris 1929, "Recherches Philosophiques", 1, 1931-1932, Boivin & C<sup>ie</sup>, Paris, pp.368-376.
- TARONI P., *Bergson, Einstein e il tempo*, Quattro Venti, Urbino 1998.



- TILES M., *Bachelard. Science and Objectivity*, Cambridge University Press, 1984.
- TILES M., *Notice sur Gaston Bachelard*, in *Routledge Encyclopedia of Philosophy*, General Editor Edward Craig, Consultant Editor Luciano Floridi, London and New York 1998.
- TONOLI L., *Narciso*, “Nuova Secondaria”, n. 7, marzo 2018 - anno XXXV, pp.66-73; Id., *Narciso si riconosce*, “Nuova Secondaria”, n. 8, aprile 2018, anno XXXV, pp.71-74; Id., *Narciso si riflette nell’acqua*, “Nuova Secondaria”, n. 9, maggio 2018, anno XXXV, pp.67-70 (relazione presentata al Convegno *Io sono Narciso. Dall’amore di sè alla distruttività*, Associazione Uma.na.mente, Lograto, 24.09.2016, <http://www.umanamenteonline.it/>).
- TONOLI L., *Lo spazio e gli spazi. Immagini letterarie*, “Nuova Secondaria”, n. 3, novembre 2019, anno XXXVII, pp.60-63 (relazione presentata al Convegno *Labirinti della complessità: tra impotenza e onnipotenza*, Associazione Uma.na.mente, Lograto, 30.09.2017, <http://www.umanamenteonline.it/>).
- TONOLI L., *Futuro: tra paura e speranza*, Relazione presentata al Convegno *Futuro: tra paura e speranza. Un contributo alla comprensione del domani da psicologia sociale e psicoanalisi*, Associazione Uma.na.mente, Lograto, 28.09.2019, <http://www.umanamenteonline.it/>, (in corso di pubblicazione).
- ULLMO J., *Compte rendu de: G. Bachelard, L’expérience de l’espace dans la physique contemporaine*, “Revue philosophique de la France et de l’Étranger”, Alcan, Paris septembre-décembre 1937, pp.118-119.
- VACCA G., *Sur le principe d’induction mathématique*, “Revue de Métaphysique et de Morale”, t.19, n.1 janvier 1911, pp. 30-33.
- VADÉE M., *Gaston Bachelard ou le nouvel idéalisme épistémologique*, Ed.Sociales, Paris 1975.
- VAGELLI M., *Bachelard, Hacking e il realismo tecnoscientifico*, in P. Donatiello – F. Galofaro – G. Ienna (a cura di), *Il senso della tecnica. Saggi su Bachelard*, Società Editrice Esculapio, Bologna 2017, pp.121-135.
- VANNI ROVIGHI S., *Concezione aristotelico-tomistica e concezioni moderne dell’induzione*, Comunicazione al IX Congresso Nazionale di Filosofia (Padova, settembre 1934), “Rivista di Filosofia Neo-Scolastica”, vol. 26, n. 5/6, 1934, pp. 578–593.
- VARENNE F., *Bachelard avec la simulation informatique : nous faut-il reconduire sa critique de l’intuition?* [2002], in R. Damien & B. Huffschmitt, *Bachelard: Confiance raisonnée et défiance rationnelle*, Presses Universitaires de Franche Comté, Besançon 2006, pp.111-143 (<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00536151>).
- VEDRINE H., *Le profil épistémologique*, “L’Arc”, 42, 1970, pp.55-61.
- VENTURA A., *Il tempo nel pensiero di Gaston Bachelard*, “Rivista di Filosofia Neoscolastica” 76, Nr.1, Milano 1984, pp.98-121.
- VIDAL R., *Étude historique et critique de methodes de demonstration en arithmetique*, Thèse de doctorat en Philosophie 2005, Université Lyon III “Jean Moulin”, sous la direction de Daniel Parrochia.
- VILLEY J., *Les divers aspects de la théorie de la Relativité*, Gauthier-Villars et C<sup>ie</sup>, Paris 1923.
- VINTI C., *L’epistemologia francese contemporanea*, Città Nuova, Roma 1977.
- VINTI C., *Il soggetto qualunque. Bachelard fenomenologo della soggettività epistemica*, ESI, Napoli 1997.
- VINTI C., *Introduzione: Meyerson e la relatività nell’epistemologia francese degli anni ‘20*, in É. Meyerson, *La deduzione relativistica* [1925], Gabay, Paris 1992 [rist.]; tr. di C. Vinti, Istituti Editoriali e Poligrafici Internazionali, Pisa-Roma 1998, pp.3-78.
- VINTI C., *L’epistemologia non-cartesiana di Bachelard*, in AA.VV., *La scienza e i vortici del dubbio*, ESI, Napoli 1999, pp. 151-166.
- VINTI C., *Bachelard en Italie: premières approches et traductions*, “Cahiers Gaston Bachelard”, n.2 (1999), cit., pp.38-58.

VINTI C., *Présence de Ferdinand Gonseth dans la pensée de Gaston Bachelard*, “Revue de synthèse”, 5<sup>e</sup> série, année 2005/2, pp. 391-415.

VIRAGHATI L., *Métaphysique et microphysique*, “Revue de Métaphysique et de Morale”, I, janvier-mars 1965, pp.55-73.

WAVELET J.-M., *Gaston Bachelard, l'inattendu. Les chemins d'une volonté*, Éd. L'Harmattan, Paris 2019.

WESTHINGOLO N.L., *La nature de la connaissance scientifique – L'épistémologie meyerssonienne face à la critique de Bachelard*, Éditions Peter Lang, 1996.

WEYL H., *Filosofia della matematica e delle scienze naturali* [1949], tr. di A. Caracciolo di Forino, Boringhieri 1967.

WUNENBURGER J.-J. (a cura di), *Bachelard et l'épistémologie française*, Puf, Paris 2003.

WUNENBURGER J.-J., *Immaginario e razionalità: una teoria della creatività generale*, tr. di G. Tallarico, in “Bollettino Filosofico” XXII (2006), Aracne, Roma 2007, pp.17-29.

WUNENBURGER J.-J., *L'immaginario* [2003], tr. di V. Chiore, Il Melangolo, Genova 2008.

ZAREMBA S., *La Théorie de la Relativité et les faits observés*, “Journal de mathématiques pures et appliquées”, neuvième série, t.I, fasc.I, 1922, Gauthier-Villars et C<sup>ie</sup> Éditeurs, Paris, pp. 105-139.

ZUCCHINI R., *Il principio di induzione*, epub, Mnamon 2017.

## SITOGRAFIA ESSENZIALE

*Association Internationale Gaston Bachelard*

<https://gastonbachelard.org/>

<https://www.facebook.com/associationgastonbachelard/?ref=stream>

*Appareil*

<https://journals.openedition.org/appareil/595>

*Altre modernità* - Rivista di Studi letterari e culturali, Università degli Studi di Milano

<http://riviste.unimi.it/index.php/AMonline/index>

In particolare, Numero Speciale 2012:

AA.VV., *Bachelard e la plasticità della materia*, in

<http://riviste.unimi.it/index.php/AMonline/issue/view/372/showToc>

<https://archive.org/>

[https://s3.archive-host.com/membres/up/784571560/GrandesConfPhiloSciences/philosc13\\_einstein\\_1922.pdf](https://s3.archive-host.com/membres/up/784571560/GrandesConfPhiloSciences/philosc13_einstein_1922.pdf)

<https://bachelardtoday.wordpress.com/program/>

<http://www.ccic-cerisy.asso.fr/bachelardTM74.html>

<http://classiques.uqac.ca/classiques/index.php>

[https://data.bnf.fr/fr/11889795/gaston\\_bachelard/](https://data.bnf.fr/fr/11889795/gaston_bachelard/)

<https://gallica.bnf.fr/>

<https://www.persee.fr/>

<http://philosophie.ac-creteil.fr/spip.php?article242>

<https://philosophie.ens.fr/De-Brunschvicg-a-Bachelard.html>

<https://republique-des-savoirs.fr/events/event/colloque-bachelardismes-et-anti-bachelardismes-en-france-controverses-epistemologiques-des-annees-1960/>

<http://www.sofrphilos.fr/activites-scientifiques-de-la-sfp/conferences/grandes-conferences-en-telechargement/>

<http://www.transfers.ens.fr/Atelier-Bachelard-2016>.