

Editoriale

La fenomenotecnica del tempo – Introduzione

1. Introduzione

Dopo Bachelard, che sappiamo sul tempo? Intorno al 1930, Bachelard affronta la rottura epistemologica e ontologica provocata dalla fisica einsteiniana proponendo una filosofia dell'istante. Cento anni dopo *L'intuition de l'instant* (1932) e *Dialectique de la durée* (1936), i progressi scientifici e tecnologici conservano, soppiantano o annullano la fecondità della filosofia del tempo di Bachelard¹? L'epistemologia storica praticata da Bachelard ci impone di continuare il lavoro della storia della scienza e della filosofia per criticare categorie superate e attualizzare la realtà che la scienza pensa oggi distinguendosi da altre ricerche sociologiche² o filosofiche contemporanee che mirano a costituire una metafisica del tempo e a determinare lo statuto ontologico del presente, del passato e del futuro o quello della durata³ in continuità con J.M.E. McTaggart (1866-1925), tracciando una metafisica descrittiva delle modalità temporali⁴ e rendendo conto della nostra esperienza temporale fenomenologicamente⁵. Bachelard era consapevole di aver scelto una terza via tra metafisica e fenomenologia: quella dell'epistemologia storica, che cerca di comprendere una riconciliazione tra conoscenza e realtà, tra razionalismo e materialismo.

¹ Secondo l'espressione coniata da Dominique Lecourt nella sua tesi di master per caratterizzare la sua filosofia della scienza nel 1969, *L'epistemologia di Gaston Bachelard*, tr. it. di R. Lanza, M. Magni, Milano, JacaBook, 1997.

² Harmut, R., *Accelerazione e alienazione: Per una teoria critica del tempo nella tarda modernità*, tr. it. di Leonzio, E., Torino, Einaudi, 2015.

³ Declos, A. ; Tiercelin, Cl., eds. *La métaphysique du temps. Perspectives contemporaines*, Paris, Collège de France, 2021. Con i contributi i ricercatori sul tempo Baptiste Le Bihan, Vincent Grandjean, Philippe Huneman, Robin Le Poidevin. Sullo stesso argomento : Bouton, Ch., Huneman, Ph., *Temps de la nature, nature du temps*, Paris, CNRS éditions, 2018.

⁴ Wolff, F., *Le temps du Monde*, Paris, Le Seuil, 2023.

⁵ Bouton, Ch., *Le temps de l'urgence*, Lormont : Le bord de l'eau, 2013 ; Accélération de l'histoire et expériences du temps dans la modernité, *Administration et éducation*, 2023/3, 179 ; Les métamorphoses du temps libre dans la modernité, *Mouvements*, 2023.2, 114 ; Vitesse, accélération, urgence. Remarques à propos de la chronopolitique. *Sens dessous*, 2017/1, 19, p. 75-84. Si vedano anche le ricerche di Laurent Perreau tra fenomenologia e sociologia.

In effetti, filosofi e scienziati mettono a confronto le loro analisi filosofiche, epistemologiche, scientifiche e storiche per analizzare il modo in cui Bachelard è stato in grado di caratterizzare un'evoluzione fondamentale nel rapporto tra scienza e tempo, iniziata con Einstein, esaminando la rilevanza dei concetti e delle tesi bachelardiane alla luce della fisica e della metrologia contemporanee. Interrogarsi sulla realtà contemporanea del tempo è un prolungamento delle riletture di Bachelard⁶ alla luce della nostra attuale storia scientifica. Questo lavoro si inserisce in un triplice quadro teorico secondo cui: in primo luogo, la scienza una fenomenotecnica; in secondo luogo, la scienza e la sua storia sono il quadro fondamentale per il nostro accesso alla realtà; infine, la storia costringe la scienza e la filosofia a evolversi, obbliga la mente scientifica a crescere e a mettere in discussione il ruolo della scienza nelle nostre società e nelle nostre vite.

2. Bachelard, la relatività e il tempo

Gaston Bachelard occupa un posto speciale nella filosofia, in particolare nella filosofia della scienza. Sebbene la sua attrazione per le discipline umanistiche sia stata evidente per tutta la vita, il suo vivo interesse per le scienze non è mai venuto meno. Anzi, si trattava di qualcosa di più di un semplice interesse, seppur appassionato, poiché egli praticava effettivamente la scienza. All'inizio del XX secolo, con la laurea in filosofia in tasca, si dedicò a una tecnologia d'avanguardia del suo tempo, la telegrafia, lavorando all'Ufficio Poste e Telegrafi. Allo stesso tempo, si preparò per la maturità scientifica e poi per l'istruzione superiore che gli permise di diventare insegnante di fisica e chimica in una scuola secondaria. Bachelard dedicò il primo periodo del suo lavoro a comprendere la scienza contemporanea, al suo «valore induttivo», in particolare a ciò che la scienza ci insegna sul tempo negando la durata bergsoniana. Il secondo periodo si apre nel 1940, quando Bachelard comincia ad analizzare il movimento storico della scienza, che concepisce come una negazione e tematizza sotto la figura del non. La sua duplice competenza scientifica e filosofica lo rendeva testimone privilegiato delle rivoluzioni che stavano sconvolgendo la fisica all'inizio del XX secolo: la relatività, da un lato, e la meccanica quantistica, dall'altro. Nessuno meglio di lui ha compreso i radicali cambiamenti di paradigma che ne sono derivati. Il suo libro *Le nouvel esprit scientifique*, pubblicato in Francia nel 1934, è un ottimo esempio della sua comprensione delle teorie moderne della matematica e della fisica, nonché della profondità delle sue riflessioni filosofiche a riguardo. È qui che riprende il suo concetto di *fenomenotecnica*, definito qualche anno prima⁷:

⁶ Alunni, Ch., *Spectres de Bachelard*, Paris, Hermann, 2019, p. 6.

⁷ Bachelard, G., *Noumène et microphysique*, tr.it. di M.Chiappini, *La ragione scientifica*, Bertani, Verona 1974, pp. 218-225 [*Noumène et microphysique*, « Koyré », Puech et Spaier, vol. 1, Paris, Boivin & Cie, 1931-1932, p. 55-65].

gli strumenti non sono che teorie materializzate. Ne vengono fuori fenomeni che portano in ogni parte il marchio teorico. Tra il fenomeno scientifico e il noumeno scientifico, non si tratta più, qualunque, di una dialettica lontana e oziosa, ma d'un movimento alterato che, dopo talune rettifiche dei progetti, tende sempre a una realizzazione effettiva del noumeno. Perciò la vera fenomenologia scientifica è dunque essenzialmente, una fenomenotecnica.⁸

In effetti, la fisica moderna, e la meccanica quantistica in particolare, arrivano a confondere il fine ordine kantiano dell'idealismo trascendentale: come molti altri concetti della fisica, quali ad esempio particelle e onde, le nozioni di noumeno e fenomeno sono completamente intrecciate! Il filosofo cerca allora di comprendere la negazione operata dalla scienza contemporanea mostrando come, grazie alla matematica, essa acceda a una razionalità astratta del tutto estranea alle nostre percezioni e intuizioni ordinarie. La sostanza diventa una sovra-stanza o una ex-stanza, e la ragione un potere di divergenza, che abbandona le nostre intuizioni ordinarie, emancipandosi dalle abitudini di pensiero per indurre sintesi capaci di conciliare onda e corpuscolo nel fotone, l'eterno della relatività generale (nel senso di McTaggart), l'entropia dei sistemi e l'irrealtà del tempo nella meccanica quantistica nell'istante (nel senso di Rovelli).

La scienza conosce meglio, diversamente e più di quanto possiamo dire con le nostre parole abituali. Il linguaggio e il pensiero devono essere convertiti per esprimere ciò che la fisica matematica sanno. Questo non solo offre un linguaggio preciso per descrivere le cose nel modo in cui lo facevano i teorici del Circolo di Vienna⁹: strutturando la realtà e la nostra mente. Di fronte al criticato logicismo, Bachelard promuoveva uno stile da ingegnere, ciò che voleva diventare all'inizio della sua carriera professionale nelle telecomunicazioni: fondamentalmente, conoscere qualcosa non è tanto definirla quanto saperla realizzare, prima teoricamente, poi sperimentalmente o addirittura industrialmente. In questo modo, la tecnologia non può essere ridotta a un'applicazione delle scienze per agire sulla realtà secondo interesse o utilità, ma esprime proprio la dialettica tra conoscenza e realtà che si sta giocando storicamente. Esse rivelano un «carattere filosofico nuovo di questa associazione di razionalismo e di realismo, l'uno e l'altro attualizzati essenzialmente nelle tecniche formulate dalle teorie matematiche»¹⁰. La scienza induce, nel senso che produce in un determinato campo, razionalità e realtà. Conosce e agisce insieme: strumenti scientifici, oggetti tecnici, dispositivi e infrastrutture esprimono questa dialettica operativa. Di conseguenza, si trova costretta prima a negare gli oggetti e le logiche ordinarie per trasformarle. Certo, la scienza si occupa della realtà, ma non la descrive come se preesistesse in un mondo naturale: determina la realtà in cui esistiamo, non solo attraverso gli strumenti, le macchine e le tecnologie che usiamo, ma anche attraverso

⁸ Bachelard, G., *Il nuovo spirito scientifico*, tr. it. di L. Geymonat, P. Redondi, Bari, Laterza, 1978, p. 61 [*Le nouvel esprit scientifique*, PUF, 2013, pp. 16-17].

⁹ Bachelard, G., *Il nuovo spirito scientifico*, op. cit., p. 50 [*Le nouvel esprit scientifique*, op. cit.].

¹⁰ Bachelard, G., *L'attività razionalista della fisica contemporanea*, tr. it. di C. Maggioni, Milano, JacaBook, 2020, p. 27. [*L'activité rationaliste de la physique contemporaine*, Paris, PUF, 1951, p. 2].

la semantica e la grammatica secondo cui pensiamo e diciamo la realtà e noi stessi¹¹. Ciò che la scienza sa e fa in un dato momento è reale. In altre parole, la scienza realizza i suoi oggetti, è fenomenotecnica¹². Non si rivolge più a entità naturali, antistoriche, universali o eterne, come supponevano Newton o Laplace, ma a un momento di un lungo processo di trasformazione delle nostre menti e della realtà. Allo stesso modo, la tecnologia non è un'attività correlata, accessoria o secondaria della scienza, ma un'espressione della funzione creativa della ragione. «Un concetto diventa scientifico nella misura in cui diventa tecnico, o viene accompagnato da una tecnica di realizzazione»¹³. Il realismo scientifico di Bachelard non significa costruttivismo o relativismo nel senso sociologico del «programma forte» di David Bloor: significa realismo storico, che rintraccia la funzione noumenale che realizza il noumeno come fenomeno. Questa funzione noumenale agisce come l'induzione elettromagnetica: collegando fenomeni di campi distinti, produce un effetto reale misto. L'esperienza scientifica diventa una sintesi fenomenica, un nuovo tipo di schematismo capace di storia, evoluzione e novità, proprio nella misura in cui le categorie di comprensione evolvono e si trasformano. In questo modo, la scienza dà luogo a una creazione continua e indefinita che riconfigura la nostra storia e noi stessi.

Il pensiero matematico della scienza, combinato con le tecnologie contemporanee, costituisce una dialettica di creazione o costruzione che organizza i dispositivi fenomenotecnici. Bachelard chiama questa seconda natura realizzata dalla ragione umana *natura constructa*: questa non si riduce a riprodurre, copiare o assomigliare alla natura, ma produce fenomeni riorganizzando e rinnovando la realtà¹⁴. Questa seconda natura rompe con il senso comune e le preoccupazioni pratiche in quanto crea noumeni resi possibili dalla matematica che organizza il reale e il razionale. La nostra mente deve quindi elevarsi al livello della scienza contemporanea in uno sforzo sempre rinnovato: «insomma, la scienza istruisce la ragione. *La ragione deve obbedire alla scienza, alla scienza più evoluta, alla scienza che evolve*»¹⁵. La storia scientifica del tempo racconta dunque la storia del farsi del tempo, nel senso che

¹¹ Feyerabend, P., *Il realismo scientifico e l'autorità della scienza*, tr. it. di Artosi, A., Milano, Il Saggiatore, 1983 [*Realism and the historicity of knowledge*, "Journal of Philosophy", 86, 1989, 393-406].

¹² Bachelard, G., *Noumène et microphysique*, « Études » [1970] p. 19 ; Bachelard, G., *La formazione dello spirito scientifico*, tr. it. di E. Castelli Gattinara, Milano, Cortina, 1996 [*La formation de l'esprit scientifique*, Paris, Vrin, 1967]. Si vedano anche Pariente, J.C., *Le Vocabulaire de Bachelard*, Paris, Ellipses, 2001. Rheiberger, Hans Jörg, *Gaston Bachelard and the notion of « phénoménotechnique »*, « Perspectives on science », 13/3, 2005, p. 313-328. Fabry, L., *Phénoménotechnique : Bachelard's Critical Inheritance of Conventionalism*. « Studies in History and Philosophy of Science », Part A, Elsevier, 2019, p. 34-42.

¹³ Bachelard, G., *La formazione dello spirito scientifico*, op. cit., p. 71 [*La formation de l'esprit scientifique*, op. cit., p. 71].

¹⁴ Bachelard, G., *L'impegno razionalista*, tr. it. di E. Sergio, Milano, JacaBook, 2003 [*L'engagement rationaliste*, Paris, PUF, 1972, p. 50].

¹⁵ Bachelard, G., *La filosofia del non*, tr. it. di A. Vio, Catania, Pellicanolibri, 1978, p.137 [*La philosophie du non. Essai d'une philosophie du Nouvel esprit scientifique*, Paris, PUF, 1940, p. 144].

il tempo determina progressivamente diverse figure di oggettività scientifica, che costituiscono la nostra realtà temporale in diversi periodi storici: reversibile e assoluta nella meccanica classica, poi irreversibile ed entropica nella termodinamica, priva di simultaneità assoluta nella relatività speciale, differenziata nello spazio-tempo che si dispiega in un universo a blocchi eterno, o forse puramente locale in senso spaziotemporale. Cogliere la dialettica in atto nelle scienze regionali richiede una «philosophie dispersée»¹⁶ capace di essere applicata a ciascuna regione accettando di sbarazzarsi della bella unità a priori del tempo assoluto della scienza newtoniana. Per un fisico del tempo, nulla illustra meglio questa fenomenotecnica dell'evoluzione della definizione dell'unità di tempo, il secondo, nel corso del XX secolo. Nella prima metà di questo secolo, questa definizione si basava sulla rotazione terrestre, cioè sulla durata del giorno: il secondo è la parte 1/86400 di un giorno solare medio¹⁷. Il tempo è quindi quel noumeno di cui abbiamo un'intuizione teorica senza però coglierlo appieno, parafrasando Agostino, mentre la durata del giorno è il fenomeno sperimentale che possiamo osservare e misurare con precisione. Ma tutto è cambiato con l'invenzione dell'orologio atomico al cesio e, soprattutto, con l'adozione nel 1967 del secondo atomico, la cui definizione è diventata totalmente astrusa per i non fisici: il secondo è la durata di 9.192.631.770 periodi della radiazione corrispondente alla transizione tra i due livelli iperfini dello stato fondamentale dell'atomo di cesio 133 a riposo, alla temperatura dello zero assoluto¹⁸. Per misurare il tempo, quindi, si utilizza il fenomeno sperimentale creato dall'orologio atomico, che coinvolge atomi di cesio che, come tutti gli atomi, hanno livelli energetici definiti dalla loro struttura atomica, cioè dal numero quantico principale, l'orbitale, il momento magnetico e lo spin di ciascuno dei loro elettroni, e possono quindi cambiare livello energetico assorbendo o emettendo un fotone la cui frequenza conferisce un'energia, secondo la relazione di Planck, esattamente pari alla differenza tra due livelli energetici dell'atomo! Ed è proprio questa frequenza che osserviamo nel caso di un orologio atomico che considereremo come il nostro nuovo riferimento temporale...

In altre parole, bisogna prima padroneggiare e avere fiducia nella teoria quantistica, questo costrutto intellettuale altamente matematizzato e, a dir poco, sorprendente, per poter individuare il fenomeno sperimentale su cui ci si baserà. Dov'è il noumeno? Qual è il fenomeno? Per andare oltre la citazione di Bachelard, si potrebbe addirittura dire che un orologio atomico sa di teoria! È un mondo a parte rispetto al pendolo di un orologio meccanico, le cui oscillazioni sono un fenomeno puramente sperimentale...

L'altra rivoluzione scientifica del XX secolo, la relatività, è meno sconcertante dal punto di vista epistemologico, in quanto non attacca direttamente i fondamenti stessi della fisica e quindi il realismo caro ai fisici. Tuttavia, mette in discussione la nostra concezione dello spazio e del tempo. Nel suo libro *La valeur inductive*

¹⁶ Bachelard, G., *La filosofia del non*, op. cit., p.137 [*La philosophie du non*, op. cit., p. 50].

¹⁷ Un giorno è diviso in 24 ore di 60 minuti di 60 secondi: $24 \times 60 \times 60 = 86400$ secondi al giorno.

¹⁸ Verbale del 13° CGPM (1967), 1969, p. 103.

de la relativité, pubblicato nel 1929, Bachelard dimostra di padroneggiare sia il formalismo matematico tensoriale necessario per sviluppare la relatività generale sia consapevolezza delle sue implicazioni per lo spazio e il tempo. La relatività ci porta infatti in un mondo in cui il tempo cessa di essere assoluto, poiché dipende dal quadro di riferimento in cui ci troviamo; la nozione di simultaneità diventa una convenzione arbitraria; lo spazio e il tempo si fondono per formare lo spazio-tempo; questo spazio-tempo non è più il contenitore e l'universo il contenuto, ma interagiscono a tal punto da diventare inseparabili. Inoltre, Bachelard non cade nelle numerose trappole che la relatività tende al senso comune, in particolare alla nozione stessa di relatività. Egli scrisse giustamente che «la relatività è una dottrina dell'assoluto»¹⁹, voltando così le spalle a numerosi pensatori che ritenevano che essa avrebbe fornito un potente argomento per giustificare il relativismo filosofico!

3. Fisica e metafisica del tempo

Newton credeva che lo spazio e il tempo formassero un'unica struttura all'interno della quale si evolveva l'universo. Come abbiamo appena visto, Einstein ha portato una visione del mondo radicalmente diversa. Sulla base di due postulati oggi condivisi da tutti i fisici, ossia (1) la relatività galileiana e (2) la costanza della velocità della luce in qualsiasi quadro di riferimento²⁰, egli dimostrò con un esperimento di pensiero molto semplice che il tempo non può essere assoluto²¹. Per farlo, dà innanzitutto una definizione di sincronicità: immaginiamo due punti distinti A e B , immobili nel nostro quadro di riferimento. Poniamo un orologio nelle immediate vicinanze di ciascuno di questi due punti. Assumiamo che questi due orologi siano perfettamente identici. Un fascio di luce viene inviato da A a B , viene riflesso in B e ritorna in A . Il momento in cui il raggio attraversa A è dato come t_A sull'orologio A , il momento in cui il raggio attraversa B è dato come t_B sull'orologio B e il momento in cui il raggio ritorna ad A è dato come t'_A sull'orologio A . Per Einstein, gli orologi di A e B sono sincroni se $t_B - t_A = t'_A - t_B$.

Immaginiamo ora che i punti A e B siano le estremità di una barra rigida che si muove in una traslazione rettilinea uniforme con velocità v rispetto al nostro quadro di riferimento e nella direzione di AB . Un osservatore, che si muove con la barra, misura il tempo utilizzando orologi a riposo nel nostro quadro di riferimento, che sono identici, perfettamente sincronizzati e distribuiti lungo l'intera traiettoria della barra.

¹⁹ Bachelard, G., *Il valore induttivo della relatività*, tr. it. di A. Alison, Milano, Mimesis, 2022 [*La valeur inductive de la relativité*, Paris, Vrin, 2014].

²⁰ Questo postulato è apparso all'inizio del XX secolo in seguito all'esperimento Michelson-Morley (Michelson, A.A.; Morley, E. W., *On the relative motion of the Earth and the luminiferous ether*, « American Journal of Science », vol. s3-34, no 203, 1 novembre 1887, p. 333-345.

²¹ Einstein, A., *Sull'elettrodinamica dei corpi in movimento* in *Opere scelte*, tr. It. di E. Bellone, Torino, Bollati Boringhieri, 1988, pp. 148-177 [*Zur Elektrodynamik bewegter Körper*, « Annalen der Physik », vol. 322, n° 10, 26 settembre 1905, pp. 891-92].

Osservando il raggio di luce che viaggia avanti e indietro tra i punti A e B in queste condizioni, l'osservatore noterà:

$$t_B - t_A = \overline{AB}/(c-v)$$

$$t'_A - t'_B = \overline{AB}/(c+v)$$

dove c è la velocità della luce. Come disse Einstein, «non possiamo attribuire al concetto di simultaneità alcun significato *assoluto*, ma che invece due eventi che, considerati in un sistema di coordinate, sono simultanei, se considerati da un sistema che si muove relativamente a questo sistema, non si possono più assumere come simultanei»²². Quindi, se due osservatori si muovono l'uno rispetto all'altro, non daranno gli eventi di cui sono testimoni nello stesso momento. Non esiste quindi un solo tempo per l'intero universo, ma un numero infinito di tempi, collegati a un numero infinito di quadri di riferimento diversi. Di conseguenza, due eventi che sono simultanei in un quadro di riferimento generalmente non lo saranno in un altro.

Questa concezione del tempo, sebbene ripetutamente verificata da esperimenti con orologi atomici, non ha nulla a che vedere con la nostra esperienza del tempo. Sembra legittimo chiedersi cosa stia accadendo ora in un altro punto del globo, o addirittura in un'altra parte dell'universo, ad esempio nella galassia di Andromeda. Contrariamente a tutte le aspettative, questa domanda non ha necessariamente una risposta unica e precisa. Dipende non solo dalle velocità relative delle nostre due galassie, ma anche da convenzioni del tutto arbitrarie.

Per illustrare questo punto, esaminiamo una rappresentazione dello spazio-tempo relativistico ideata dal matematico e fisico teorico Hermann Minkowski²³ dopo la pubblicazione della relatività speciale di Einstein²⁴. La Figura 1 mostra un diagramma di questo tipo, in cui lo spazio è stato limitato alle dimensioni x (asse orizzontale trasversale) e y (asse orizzontale longitudinale). La dimensione z è stata omessa per mostrare l'asse del tempo, indicato con ct (asse verticale), dove c , la velocità della luce, conferisce a questa dimensione temporale una grandezza equivalente a una distanza, come per le dimensioni x e y . Questo tipo di diagramma, comunemente noto come cono di luce, è unico in quanto rappresenta esplicitamente il passato (in basso), il presente (l'ipersuperficie grigia, che in questo caso è una superficie perché abbiamo rimosso l'asse Oz) e il futuro (in alto). Può anche essere utilizzato per rappresentare le traiettorie di tutti i raggi luminosi che passano per O al tempo $t=0$: si tratta del cono mostrato in blu nella figura 1. Poiché un fotone viaggia alla velocità della luce, copre una distanza $d=ct$, che corrisponde all'equazione della superficie del cono. Poiché nessun

²² *Ibidem*.

²³ Minkowski, H., *Die Grundgleichungen für die elektromagnetischen Vorgänge in bewegten Körpern*, «Nachrichten der k. Gesellschaft der Wissenschaft zu Göttingen», mathematisch-physikalische Klasse, 1908.

²⁴ Einstein, A., *ibidem*.

corpo massivo può raggiungere la velocità della luce, la traiettoria di qualsiasi corpo massivo che passa per il punto O a $t=0$ può essere trovata solo all'interno del cono di luce. D'altra parte, tutti i punti al di fuori del cono di luce corrispondono alle posizioni di corpi che non passeranno per O se si trovano nel passato (per esempio M_3), o che non sono passati per O se si trovano nel futuro (per esempio M_4). Poiché nulla si muove più velocemente della velocità della luce, nemmeno le interazioni delle 4 forze fisiche (gravitazionale, elettromagnetica, interazione debole, interazione forte), i punti situati al di fuori del cono di luce non possono aver avuto alcuna influenza causale su O se si trovano nel passato, né possono essere stati influenzati causalmente da O se si trovano nel futuro. D'altra parte, i punti del cono di luce passato di O (ad esempio M_1) possono aver influenzato causalmente O e i punti del cono di luce futuro di O (ad esempio M_2) possono essere stati influenzati causalmente da O . Il vantaggio dell'utilizzo di questo tipo di diagramma risiede principalmente nello studio delle relazioni causali tra eventi.

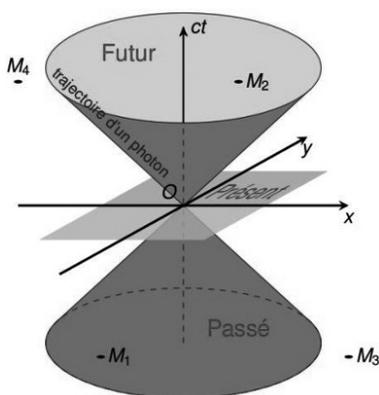


Figura 1. Esempio di diagramma di Minkowski. Sono rappresentate solo 2 delle 3 dimensioni dello spazio (direzioni Ox e Oy) per consentire la rappresentazione verticale dell'asse del tempo. Per ragioni di omogeneità dimensionale, il tempo t è stato moltiplicato per la velocità della luce.

spaziotempo a 4 dimensioni) contiene tutti i punti in un determinato momento.

Così, nel nostro spazio-tempo bidimensionale, le ipersuperfici del presente si riducono a due linee rette, una orizzontale per il nostro presente, l'altra inclinata

Per semplificare il problema, considereremo solo una dimensione dello spazio, che indicheremo con x , e la dimensione del tempo ct . Immaginiamo di essere fermi nel punto O al tempo $t=0$ (vedi Figura 2). Poiché non ci muoviamo nella direzione x , la nostra traiettoria nello spaziotempo di Minkowski seguirà la direzione ct . In un certo senso, saremo «trasportati» dal tempo lungo l'asse verticale. L'altro asse, che segue la direzione x , corrisponde a tutti i punti che si trovano anch'essi a $t=0$, in altre parole il nostro presente (in realtà sarebbe un iperpiano 3D in uno spaziotempo a 4 dimensioni²⁵). Immaginiamo ora un passante che si muove a velocità costante da sinistra a destra e che ci passa davanti al tempo $t=0$ (la linea rossa etichettata ct' nella Figura 2). La traiettoria del passante che ci passa davanti a O è chiamata la sua linea di universo. L'altra linea (la retta rossa etichettata x' nella figura 2, che in realtà è anche un'ipersuperficie 3D in uno

²⁵ Questo iperpiano di simultaneità, che appare naturalmente quando si utilizzano le formule per il cambiamento dei quadri di riferimento note come equazioni di Lorentz, è in realtà il risultato di una scelta implicita di Einstein. Sebbene questa scelta sia di gran lunga la più conveniente, nella relatività speciale esistono altre convenzioni. Ciò non cambia il ragionamento che segue.

per il passante. Questa rappresentazione del mondo mostra che il presente di una persona non è il presente dell'altro e che la separazione tra passato e futuro non è così universale come pensiamo! Infatti, l'ordine cronologico degli eventi può non essere lo stesso in due diversi quadri di riferimento (come gli eventi A e B della figura 2, dove $t_B > t_A$ ma $t'_B < t'_A$).

Come possiamo, in queste condizioni, continuare ad aderire al presentismo che considera che solo il presente è, che il passato non è più e che il futuro non è ancora? È una domanda cruciale, perché è proprio questa concezione del mondo che sta alla base del nostro comportamento. Se è il passato che ha creato il presente e il presente che condiziona il futuro, siamo confortati dall'abitudine di scegliere le azioni da compiere per preparare il futuro che ci sembra migliore.

D'altra parte, la natura illusoria del presente e della distinzione tra passato e futuro ci costringe a prendere in seria considerazione la tesi opposta al presentismo, l'*eternalismo*, una dottrina secondo la quale lo spazio-tempo 4D sarebbe congelato in un «universo a blocchi», dove ogni quadro di riferimento genererebbe solo un orientamento contingente dell'asse del tempo e quindi dell'ipersuperficie del presente. In questo caso, non solo la sequenza passato-presente-futuro non sarebbe altro che un'illusione, una sorta di effetto prospettiva²⁶, ma anche il nostro libero arbitrio! Già all'inizio del XX secolo, il filosofo inglese McTaggart mise in dubbio la veridicità dello scorrere del tempo²⁷, appena tre anni dopo la pubblicazione del testo di Einstein sulla relatività, un testo che non sembra aver avuto un'influenza diretta sul pensiero di McTaggart sebbene la controversia sulla metafisica del tempo provocata dall'articolo di Einstein ne sia il contesto²⁸. Utilizzando argomenti completamente diversi, anche McTaggart concluse che il tempo non era reale. Questi due approcci concomitanti, oltre a scontrarsi con la nostra concezione intima del tempo, si scontrano anche con principi fisici consolidati come la causalità e la freccia del tempo indotta dal concetto di entropia nella termodinamica. Se il tempo non ha un'esistenza reale, come potrebbe avere un senso di flusso?

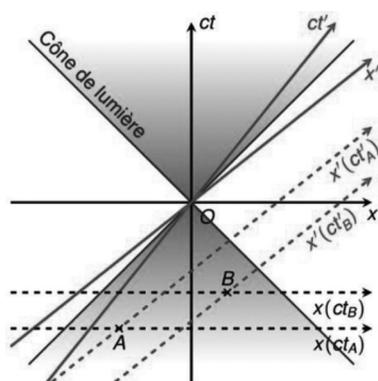


Figura 2. Diagramma di Minkowsky ridotto a una dimensione dello spazio e a una dimensione del tempo.

²⁶ Vigoureux, J.M., *L'univers en perspective*, Paris, Ellipses, 2006.

²⁷ McTaggart, J.M.E., *L'irrealità del tempo*, tr. it. di L. Cimmino, Milano, Rizzoli, 2006 [*The Unreality of Time*, "Mind", vol. 17, pp. 457-73, 1908].

²⁸ A. Einstein, *ibid.*

La causalità, come ha mostrato Bouton²⁹, non si oppone però alla relatività, almeno non in senso ristretto. Infatti, come abbiamo mostrato in precedenza, è perfettamente possibile osservare inversioni cronologiche tra due particolari eventi A e B cambiando il quadro di riferimento da cui vengono osservati; questa è, inoltre, la principale giustificazione dell'universo a blocchi. D'altra parte, possiamo dimostrare che la situazione è molto diversa quando consideriamo eventi causalmente collegati nel contesto della relatività speciale. Per fare ciò, dobbiamo innanzitutto introdurre l'operatore relazionale «è precedente a», simboleggiato da \prec . Quindi $A \prec B$ significa che l'evento A è antecedente all'evento B in senso causale, cioè che A potrebbe (il condizionale è importante) essere la causa di B . Come corollario, ne consegue che B deve trovarsi all'interno del cono di luce di A , altrimenti l'influenza di A su B dovrebbe propagarsi a una velocità superiore a quella della luce, cosa vietata dalla teoria della relatività. La novità sta nell'impossibilità di trovare un quadro di riferimento per cui $B \prec A$, o anche $A \nprec B$, se esiste un quadro di riferimento per cui $A \prec B$. La causalità è quindi conservata nella relatività speciale. Il problema diventa più complicato nella relatività generale ma, sebbene alcune topologie esotiche potrebbero teoricamente portare a inversioni di causalità, la loro natura realistica rimane oggetto di dibattito. In ogni caso, non è stata ancora osservata alcuna violazione della causalità. La causalità rimane un principio valido finché non viene contraddetto. Di conseguenza, anche se è sostenuta da alcuni fisici, tra cui Einstein, che poco prima di morire scrisse: «Per noi, fisici nel cuore, la distinzione tra passato, presente e futuro conserva solo il valore di un'illusione, per quanto tenace possa essere»³⁰, l'universo a blocchi non è ancora inevitabile e c'è ancora spazio per il libero arbitrio.

4. Gli scienziati «fanno» il tempo?

Il presente di un quadro di riferimento potrebbe anche essere un'ipersuperficie dello spazio-tempo tra le altre, mettendo così in dubbio la realtà fisica di uno dei significati di ciò che siamo abituati a pensare come tempo, ma resta il fatto che la grandezza fisica che misuriamo con i nostri orologi e che chiamiamo anche, forse per un uso improprio del linguaggio, tempo, è la grandezza misurata con la massima precisione³¹ e da molto lontano. Ma cosa stiamo misurando esattamente? Come ha mostrato Bachelard con il suo concetto di fenomenotecnica, teoria ed esperienza

²⁹ C. Bouton, *Le futur est-il déjà présent ?* in Bouton, C., Huneman, P., *Temps de la nature, nature du temps. Études philosophiques sur le temps dans les sciences naturelles*, Paris, CNRS éditions, 2018, p. 115-148.

³⁰ Einstein, A., *Lettre à la famille de Michele Besso* (1955) in *Corrispondenza con Michele Besso (1903-1955)*, tr. it. di G. Gembillo, Napoli, Guida, 1995, p. 671 [*Œuvres choisies*, t. 5, Seuil, 1991, p. 119].

³¹ I metrologi del tempo sono diffidenti nell'usare il termine «precisione», che considerano troppo... impreciso! Preferiscono concetti meglio definiti come *accuratezza* e *stabilità* (si veda BIPM et al., *The international vocabulary of metrology – VIM*, 3rd edn, 2012, <http://www.bipm.org/vim>).

sono strettamente intrecciate. Cosa misura dunque un orologio atomico? Secondo Einstein, il tempo è ciò che un orologio misura³². Ma se definiamo un orologio come lo strumento che misura il tempo, ci troviamo di fronte a due definizioni circolari, e non siamo più avanti né sulla natura del tempo né su ciò che un orologio misura! Tuttavia, i fisici sono abbastanza realisti da considerare la misura fornita dagli orologi come la migliore approssimazione al «vero tempo della fisica» che, localmente, sarebbe unico nel quadro di riferimento considerato, continuo e scorrevole in modo perfettamente regolare. Tuttavia, i fisici sono ben consapevoli delle contraddizioni tra queste proprietà. Tutto andrebbe bene in un universo vuoto governato dalla relatività speciale, ma il nostro mondo reale è materiale; quindi, dobbiamo usare la relatività generale e aggiungere il termine «localmente» a tutte le proprietà di cui sopra. Questo avverbio riduce notevolmente l'idea di tempo reale! Nell'era degli orologi ottici, è possibile rilevare differenze nello scorrere del tempo tra due orologi la cui altitudine differisce di appena dieci centimetri o poco più. La scala temporale di riferimento globale stabilita dal Bureau International des Poids et Mesures (BIPM), ancora oggi definita «universale» (UTC: Coordinated *Universal* Time), è quindi valida solo su una superficie circostante la Terra il cui potenziale gravitazionale è costante e la cui altitudine è arbitrariamente scelta pari a 0. Questa superficie di riferimento corrisponde a quello che è comunemente noto come livello del mare. Qualsiasi differenza di altitudine rispetto a questo riferimento deve essere nota con almeno 1 cm. I 450 orologi atomici coinvolti nel calcolo dell'UTC devono quindi inviare la loro altitudine precisa oltre all'ora locale che indicano³³. Il BIPM corregge quindi l'ora locale di ciascuno di questi orologi per riportarla al livello di altitudine 0 e ne fa una media ponderata per formare l'UTC.

Ogni mese, il BIPM pubblica la «Circolare T», che fornisce la differenza in passi di 5 giorni tra l'ora data da ciascuno degli orologi e l'UTC per il mese passato (vedi <https://www.bipm.org/fr/time-ftp/circular-t/>). Quindi, sebbene sia totalmente compatibile con la relatività generale, la definizione ufficiale di tempo si basa su diverse asserzioni di cui tendiamo a dimenticare la natura arbitraria, come ad esempio: il tempo è la quantità misurata dagli orologi atomici 1. il flusso del tempo è perfettamente continuo.

Tuttavia, non siamo sicuri di nessuna di queste presunte proprietà. Infatti, il tempo visto da alcuni microfisici, in particolare il tempo della gravitazione quantistica a loop, non ha nulla a che fare con questo tempo idealizzato, così come non lo ha lo spazio. Non è né unico, né regolare, né continuo. Si parla addirittura di «mousse de spin»³⁴ che, con l'aggiunta dell'ingrediente della causalità, potrebbe

³² Einstein, A., *ibidem*.

³³ Il calcolo dell'UTC è un po' più complicato: il tempo medio di questi orologi è chiamato *Échelle Atomique Libre* (EAL); l'EAL viene poi corretto utilizzando standard di frequenza in modo che il flusso del tempo sia conforme alla definizione del secondo: questo è il *Tempo Atomico Internazionale* (TAI); l'UTC corrisponde al TAI aumentato periodicamente di secondi bisestili in modo che non si discosti dal tempo dato dalla rotazione della terra (UT: *Tempo Universale*) di più di 0,9 s. Una spiegazione completa è disponibile sul sito web del BIPM: https://www.bipm.org/documents/20126/59466374/6_establishment_TAR20.pdf.

³⁴ Rovelli, C., *Che cos'è il tempo? Che cos'è lo spazio?*, Roma, Di Renzo, 2014.

portare a un «écume d'espace-temps»³⁵. Tra il cosiddetto tempo continuo e questa schiuma di tempo c'è indubbiamente un divario pari a quello che c'è tra la nozione di particelle immaginate come piccole biglie alla fine del XIX secolo e il modello della funzione d'onda nella sua concezione quantistica. Infine, la cosmologia quantistica impone anche un «tempo di Planck»:

$$t_p = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^5}} \approx 5 \cdot 10^{-44} \text{ s}$$

Editoriale

dove \hbar rappresenta la costante ridotta di Planck, G la costante gravitazionale universale e c la velocità della luce.

Secondo alcuni autori, questo t_p potrebbe costituire il quanto di tempo. Ci troveremmo quindi in un mondo stroboscopico in cui ogni passo temporale discreto si esaurirebbe tP dopo tP . La visione dei fisici che interpolano il tempo degli orologi per realizzare un tempo perfettamente continuo potrebbe quindi sembrare ingenua, anche se non stiamo per avvicinarci a intervalli di tempo dell'ordine di 10^{-43} ; siamo, al massimo, all'atosecondo (10^{-18}), un divario di un fattore 10^{25} da colmare: quanto tra un atosecondo e un secolo!

Per tornare all'UTC, si tratta effettivamente di un'idealizzazione del tempo nel senso platonico del termine. È quindi questo tempo idealizzato che la società adotta implicitamente e che è considerato da tutti come il riferimento temporale indiscutibile. È il tempo scientifico per eccellenza, la cui veridicità sembra al di sopra di ogni sospetto. Non è che noi, metrologi del tempo, siamo diventati produttori di tempo? Con i nostri orologi atomici, stiamo forse fabbricando un tempo che l'intera umanità adotta, anche se non è conforme alla realtà? È una domanda importante se consideriamo il ruolo che la misurazione del tempo ha assunto nella società, sia esplicito (telecomunicazioni, trasporti, finanza, energia, ecc.) sia implicito (posizionamento, spazio, ecc.). Siamo responsabili di tutti gli eccessi che sarebbero stati impossibili senza questa padronanza del tempo: trading ad alta frequenza, attacchi missilistici «chirurgici», ecc.

E allora il tempo: è una grandezza che esiste di per sé e che possiamo, al massimo, solo misurare, come pensa il fisico realista che ritiene che l'UTC sia la migliore approssimazione del tempo reale? Oppure l'UTC, che è una pura creazione dei metrologi, è valido solo tra metrologi, secondo un certo approccio relativistico (in senso epistemologico e non einsteiniano). E se, invece di decidere tra queste due posizioni estreme, ci rivolgessimo alla fenomenotecnica di Bachelard?

In un contesto bachelardiano, la domanda potrebbe essere riformulata come segue: il tempo può essere oggetto della fenomenotecnica bachelardiana? Se la risposta è «sì», allora siamo di fronte a un falso dilemma, perché i fenomeni scientifici sono provocati dall'esperienza, da una tecnica di realizzazione³⁶ «la fenome-

³⁵ Lachière-Rey, M., op. cit., p. 377.

³⁶ Questo contributo si ispira in parte a: Juliette Grange. *L'invention technique et théorique : la philosophie des sciences de G. Bachelard. Imaginaire, Industrie et innovation*, Pierre Musso; Centre culturel de Cerisy, Sep 2015, Cerisy-la-Salle, France. pp.90. halshs-01336345.

notecnica estende la fenomenologia. Un concetto diventa scientifico nella misura in cui diventa tecnico, o viene accompagnato da una tecnica di realizzazione»³⁷. Allo stesso tempo, questi stessi fenomeni scientifici hanno una dimensione noumenica, una struttura matematica derivata dalla mente dello sperimentatore: “*Il microscopio è un'estensione della mente piuttosto che dell'occhio*”³⁸. Quindi non si tratterebbe di “conoscere o fare il tempo”, ma di “conoscere e fare il tempo”, quindi non c'è dilemma. Ma la risposta è davvero “sì”? Il tempo è davvero fenomenotecnico? Non saremo noi a deciderlo. In un certo senso, questo è l'argomento della terza parte di questo libro, e sarebbe presuntuoso tentare di cortocircuitarlo con un semplice “sì” o “no”. Al massimo, questa domanda può servire da utile filo conduttore per il lettore che esamina i vari contributi che seguono, nella speranza che alla fine abbia una visione un po' più profonda e diversificata della questione, se non necessariamente più chiara.

La dialettica bachelardiana tra il noumeno, la teoria matematica, e il fenomeno sperimentale può aiutarci a comprendere il tempo. Il fenomeno scientifico nasce dalla dialettica tra la mente e la tecnica di realizzazione:

Questo legame così stretto, così indispensabile tra teoria e tecnica, ci sembra vada enunciato come un determinismo umano del tutto particolare, come un determinismo epistemologico che non era percepibile in alcun modo nella separazione tra le culture matematiche e quelle sperimentali.³⁹

Lo sperimentatore non si limita a osservare i fatti, ma li condiziona con il suo approccio. Guidato da concetti teorici e astratti, inventa esperimenti e costruisce strumenti che contribuiscono all'emergere di fenomeni scientifici. È questo che ci permette di strutturare il mondo: «Il vero ordine della Natura è quello che introduciamo tecnicamente in essa»⁴⁰. Non solo nel laboratorio scientifico, ma ben oltre, nella natura stessa. E così facendo, è lo sperimentatore stesso a rinnovarsi: «*La sperimentazione noumenica in laboratorio continua su larga scala e a cielo aperto. Questo superamento della Natura è anche mutazione dell'uomo*»⁴¹. Applichiamo questo pensiero a un esempio particolare: Einstein ci dice all'inizio del suo scritto del 1905 «Potrebbe sembrare che tutte le difficoltà che riguardano la definizione del “tempo” si potrebbero superare se sostituissi al posto di “tempo” l'espressione “posizione della lancetta piccola del mio orologio”»⁴². Egli prosegue sottolineando che, se tale definizione è sufficiente finché siamo interessati a eventi che avvengono solo nel luogo in cui si trova il mio orologio,

³⁷ Bachelard, G., *La formazione dello spirito scientifico*, op. cit., p. 71 [*La formation de l'esprit scientifique*, op. cit., p. 61].

³⁸ Bachelard, G., *La formazione dello spirito scientifico*, op. cit. [*Ibidem*, p. 242].

³⁹ Bachelard, G., *L'attività razionalista della fisica contemporanea*, op. cit., p. 255 [*L'activité rationaliste de la physique contemporaine*, PUF, 1951, p. 223].

⁴⁰ Bachelard, G., *Il nuovo spirito scientifico*, op. cit., p. 151 [*Le nouvel esprit scientifique*, PUF, 2013].

⁴¹ Grange, J., op. cit.; Bachelard, G., *L'impegno razionalista*, tr. it. di E. Sergio, Milano, Jaca Book, 2003 [*L'engagement rationaliste*, op. cit., p. 148].

⁴² Einstein, A., op. cit.

non lo è più quando dobbiamo collegare tra loro eventi lontani, cioè nella maggior parte dei casi pratici, come ad esempio l'affermazione: «una kilonova è stata osservata dal telescopio VISTA di Cerro Paranal (Cile) e un segnale di onde gravitazionali dal rivelatore Virgo (Pisa) nello stesso momento». Cosa significa «nello stesso momento» in questo caso? Per questi casi, Einstein sviluppò una costruzione matematica e fisica che definiva operativamente la simultaneità e quindi la sincronizzazione di orologi distanti. Quindi definisce un «tempo» al di là del mio orologio⁴³. Si noti che la definizione di Einstein non è unica per la relatività; esistono altre definizioni e sono comunemente utilizzate, ad esempio per le scale temporali che usiamo ogni giorno, come il Tempo Universale Coordinato (UTC). Ma tentiamo un'analisi fenomenotecnica del «tempo» di Einstein. Innanzitutto, notiamo l'emergere di questo tempo da uno strumento tecnologico costruito dallo sperimentatore («il mio orologio», dal pendolo all'orologio atomico). Ma a questo dobbiamo aggiungere la teoria, la mente dello sperimentatore (Einstein in questo caso⁴⁴) che costruisce tutta una costruzione matematica e operativa per arrivare a un «tempo» soddisfacente. Questi due aspetti sono perfettamente in linea con il pensiero fenomenotecnico di Bachelard. Sembra quindi chiaro che il tempo nella relatività speciale sia pienamente soggetto alla fenomenotecnica bachelardiana. Ma è davvero così? È così chiaro? Il tempo esiste solo grazie e a causa dei nostri strumenti di misura? Il tempo è «diventato scientifico solo nella misura in cui è diventato tecnico, nella misura in cui è accompagnato da una tecnica di realizzazione»⁴⁵? Einstein sarebbe probabilmente il primo ad essere contrario a una simile conclusione. Non dimentichiamo che è stata la relatività ristretta a unificare il tempo e lo spazio in un insieme che può essere visto come un insieme geometrico immutabile e deterministico, l'«universo a blocchi», che è ben lontano dalla concezione bachelardiana dei fenomeni scientifici la cui stessa esistenza è soggetta alla sperimentazione: «la scienza è meno di fatti che di effetti»⁴⁶. D'altra parte, il tempo (insieme allo spazio) sarebbe una matrice su cui si dispiegano gli effetti bachelardiani, perché la nozione stessa di «effetto» presuppone un tempo (e un luogo) in cui esso si verifica! Questo piccolo esempio mostra che non esiste una risposta ovvia alla domanda iniziale «il tempo può essere oggetto della fenomenotecnica bachelardiana?» e al relativo dilemma se sia vero o meno. Ma è utile, a nostro avviso, tenere a mente questa domanda nella lettura del volume.

⁴³ Abbiamo, quindi, due definizioni di tempo: una locale, data dal mio orologio (che oggi chiamiamo tempo proprio) e una non locale che Einstein ha chiamato «tempo dei sistemi stazionari», oggi spesso equiparato al tempo coordinato.

⁴⁴ Una piccola battuta: Einstein ha fatto solo esperimenti di pensiero (Gedankenexperiment). È sufficiente per un'analisi bachelardiana? Questo è un altro argomento interessante, ma non sarà affrontato qui.

⁴⁵ Bachelard, G., *La formazione dello spirito scientifico*, op. cit., p. 71 [*La formation de l'esprit scientifique*, op. cit., p. 61].

⁴⁶ Bachelard, G., *Noumène et microphysique*, op.cit., [« Études », 1970, p. 551-565].

Conclusione

Rileggere Bachelard può aiutarci a rispondere a queste domande. Il terzo periodo della filosofia bachelardiana si svolge tra il 1949 e il 1953. *Rationalisme appliqué* (1949), *l'Activité rationaliste de la physique contemporaine* (1951) e *Matérialisme rationnel* (1953) mettono insieme la dialettica della scienza che opera nella sua epistemologia e nella sua storia in modo disperso secondo le regioni del sapere. Bachelard individua un duplice movimento di razionalismo applicato e di materialismo razionale, che costituiscono i due aspetti di un'unica dialettica scientifica – epistemologica e storica – in grado di realizzare una sintesi storica tra ciò che prima sembrava contraddittorio. Nel 1951, nella conferenza “L'actualité de l'histoire des sciences”⁴⁷, Bachelard sottolinea l'effetto positivo della scienza sulla nostra mente: nel vero senso della parola, la scienza ci fa pensare. Il compito della filosofia della scienza è quello di spiegare questo pensiero attivo che sta alla base dell'attività scientifica. Per farlo, deve rileggere il percorso storico della conoscenza per cogliere il gesto scientifico di negare il passato e stabilire nuove conoscenze operative. Questo processo continua senza sosta e ci invita a tornare al progetto di Bachelard includendo la filosofia bachelardiana come un momento nel tempo. Per giudicare correttamente il passato, dobbiamo andare oltre e conoscere il presente. Per leggere correttamente Bachelard, non possiamo accontentarci di una lettura internalista della sua opera, ma dobbiamo metterla alla prova del suo futuro, che è anche il nostro contesto attuale. In altre parole, porre la questione dell'attualità di Bachelard alla luce degli sviluppi scientifici contemporanei non significa criticare Bachelard in modo anacronistico, ma verificare la pertinenza della matrice delle sue analisi e dei suoi concetti con il metro della scienza contemporanea. Per giudicare correttamente il passato, compreso Bachelard, è necessario conoscere il presente⁴⁸. Nel 2001, Pariente ci ha ricordato che «l'unico modo per essere fedeli a Bachelard (1884-1962) sarebbe quello di estendere la sua opera tenendosi al passo con gli ultimi sviluppi e le ultime domande del sapere»⁴⁹. La scienza non sta tornando indietro: al contrario, le sue apparenti rotture rafforzano la sua profonda continuità. «Lo storico delle scienze, mentre cammina lungo un passato oscuro, deve aiutare gli spiriti a prendere coscienza del valore profondamente umano della scienza»⁵⁰. La storia fa luce ricorrente⁵¹ nel senso che ci insegna a individuare le serie ricorrenti che organizzano la storia del razionalismo, inteso come funzione che mette in contatto le nostre menti con la realtà⁵². Giudica quando conosce:

⁴⁷ Bachelard, G., *L'attualità della storia delle scienze*, in *L'impegno razionalista*, tr. it. di E. Sergio, Milano, JacaBook, 2003 [*L'actualité de l'histoire des sciences*, Paris, Vrin, 1967, p. 136-150].

⁴⁸ Ivi, p. 140.

⁴⁹ Pariente, J.C., *Le Vocabulaire de Bachelard*, Paris, Ellipses, 2001, p. 3.

⁵⁰ Bachelard, G., *L'attualità della storia delle scienze*, op. cit., p. 151 [*L'actualité de l'histoire des sciences*, op. cit., p. 150].

⁵¹ Bachelard, G., *L'attualità della storia delle scienze*, op. cit., p. 152 [*L'actualité de l'histoire des sciences*, op. cit., p. 141].

⁵² Canguilhem ha sottolineato la necessità di fare buon uso della ricorrenza, Canguilhem, G., *Ideologia e razionalità nella storia delle scienze della vita*, tr. it. di Jervis, P., Scandicci, La nuova

normalizza⁵³, nella misura in cui incorpora necessariamente giudizi, norme e valori. Questo processo trasforma la verità di un momento in un caso particolare di una teoria più generale; la storia rettifica costantemente il suo passato per farne il nostro presente. Questo doppio gesto di scadenza e sanzione esprime la nostra attualità, nel senso di un'evoluzione del nostro spirito scientifico, che non è altro che l'«atto epistemologico»⁵⁴ della «scienza attualmente attiva». Ogni nuova tappa permette di inglobare il passato recente in una logica più globale e di collocare più chiaramente il passato remoto in funzione del suo imprevedibile avvento. Questo movimento storico mette così in crisi ogni pretesa di storia definitiva e impone «la necessità di rifare la storia della scienza, uno sforzo per capire modernizzando»⁵⁵.

Questa necessità è tanto più urgente se si considera che la storia della scienza è anche la nostra. «I concetti e la concettualizzazione vanno di pari passo [...], si può affermare che il pensiero si modifica nella forma se si modifica nel proprio oggetto»⁵⁶. La nostra ontologia è in gioco attraverso il nostro sviluppo epistemologico e tecnico. Tracciando il percorso che porta al nostro presente, lo storico ci permette di capire noi stessi e la nostra società. La storia della scienza non è solo storia della cultura⁵⁷, ma anche storia dello spirito scientifico, la nostra storia: «la storia della scienza è divenuta, nel tempo, storia di una città scientifica. Nel periodo contemporaneo, la città scientifica ha una coerenza razionale e tecnica che esclude qualsiasi ritorno al passato»⁵⁸. La scienza si sta rivelando un «potenza di trasformazione»⁵⁹; organizza la nostra forma di vita concreta e dà origine a una cultura come momento di ciò che siamo.

Questo numero di Bachelard Studies è il prosieguo di un progetto di ricerca finanziato dalla Mission pour les initiatives transverses et interdisciplinaires (MITI), dal Labex FIRST TF, dalla Maison des sciences de l'homme et de l'environnement e dall'Université de Franche-Comté.

Sarah Carvalho
Université Claude Bernard Lyon 1
sarah.carvalho@univ-lyon1.fr

Italia, 1992 [*Idéologie et Rationalité dans l'histoire des sciences de la vie*, « Etudes d'histoire et de philosophie des sciences », p.24].

⁵³ Bachelard, G., *Il razionalismo applicato*, tr. it. di Giannuzzi, M., Semerari, L., Bari, Dedalo edizioni, 1975 [*Le rationalisme appliqué*, Paris, PUF, 1949, p. 59].

⁵⁴ Bachelard, G., *L'attività razionalista della fisica contemporanea*, op. cit. [*L'activité rationaliste de la physique contemporaine*, Paris, PUF, 1951, p. 25].

⁵⁵ Ivi, p. 145.

⁵⁶ Bachelard, G., *Il nuovo spirito scientifico*, op. cit., p. 98 [*Le nouvel esprit scientifique*, Paris, PUF, [1934] 1968, p. 44].

⁵⁷ Bachelard, G., *Il razionalismo applicato*, tr. it. di M. Giannuzzi, L. Semerari, Bari, Dedalo edizioni, 1975 [*Le rationalisme appliqué*, Paris, PUF, [1949] 1966, p. 38].

⁵⁸ Bachelard, G., *L'attualità della storia delle scienze*, in *L'impegno razionalista*, tr. it. di E. Sergio, Milano, JacaBook, 2003, pp. 147-160 [*L'actualité de l'histoire des sciences*, op. cit., p. 150].

⁵⁹ Bachelard, G., *Sulla natura del razionalismo*, in *L'impegno razionalista*, op. cit., p. 63 [*De la nature du rationalisme in L'engagement rationaliste*, op. cit., p. 45].

François Vernotte
FEMTO-ST, Université de Franche-Comté
francois.vernotte@femto-st.fr

Peter Wolf
SYRTE, Observatoire de Paris-PSL, CNRS, Sorbonne Université, LNE
peter.wolf@obspm.fr

Références

- Alunni, Ch., *Spectres de Bachelard*, Paris, Hermann, 2019 ;
- Bachelard, G., *Sulla natura del razionalismo*, in *L'impegno razionalista*, tr. it. di E. Sergio, Milano, JacaBook, 2003 [*De la nature du rationalisme*, in *L'engagement rationaliste*, Paris, PUF, 1972] ;
- Bachelard, G., *Il nuovo spirito scientifico*, tr. it. di L. Geymonat, P. Redondi, Bari, Laterza, 1978 [*Le nouvel esprit scientifique*, PUF, 2013] ;
- Bachelard, G., *Il razionalismo applicato*, tr. it. di Giannuzzi, M., Semerari, L., Bari, Dedalo edizioni, 1975 [*Le rationalisme appliqué*, Paris, PUF, 1949; *Le rationalisme appliqué*, Paris, PUF, [1949] 1966] ;
- Bachelard, G., *Il valore induttivo della relatività*, tr. it. di A. Alison, Milano, Mimesis, 2022 [*La valeur inductive de la relativité*, Paris, Vrin, 2014] ;
- Bachelard, G., *L'attività razionalista della fisica contemporanea*, tr. it. di C. Maggioni, Milano, JacaBook, 2020 [*L'activité rationaliste de la physique contemporaine*, Paris, PUF, 1951] ;
- Bachelard, G., *La filosofia del non*, tr. it. di A. Vio, Catania, Pellicanolibri, 1978 [*La philosophie du non. Essai d'une philosophie du Nouvel esprit scientifique*, Paris, PUF, 1940] ;
- Bachelard, G., *La formazione dello spirito scientifico*, tr. it. di E. Castelli Gattinara, Milano, Cortina, 1996 [*La formation de l'esprit scientifique*, Paris, Vrin, 1967] ;
- Bachelard, G., *L'impegno razionalista*, tr. it. di E. Sergio, Milano, JacaBook, 2003 [*L'actualité de l'histoire des sciences*, Paris, Vrin, 1967 ; *L'engagement rationaliste*, Paris, PUF, 1972] ;
- Bachelard, G., *Noumène et microphysique*, tr.it. di M.Chiappini, *La ragione scientifica*, Bertani, Verona 1974 [*Noumène et microphysique*, « Études », p. 11-24 in *Recherches philosophiques*, 1931, p. 551-565 ; *Noumène et microphysique*, « Koyré », Puech et Spaier, vol. 1, Paris, Boivin & Cie, 1931-1932, p. 55-65] ;
- BIPM et al., *The international vocabulary of metrology – VIM*, 3rd edn, 2012, <http://www.bipm.org/vim> ;
- Bouton, Ch., Huneman, Ph., *Temps de la nature, nature du temps*, Paris, CNRS éditions, 2018 ;
- Bouton, Ch., *Le temps de l'urgence*, Lormont : Le bord de l'eau, 2013 ;
- Bouton, Ch., *Le futur est-il déjà présent ?* in Bouton, C., Huneman, P., *Temps de la nature, nature du temps. Études philosophiques sur le temps dans les sciences naturelles*, Paris, CNRS éditions, 2018 ;
- Canguilhem, G., *Ideologia e razionalità nella storia delle scienze della vita*, tr. it. di Jervis, P., Scandicci, La nuova Italia, 1992 [*Idéologie et Rationalité dans l'histoire des sciences de la vie*, « Études d'histoire et de philosophie des sciences »] ;
- Einstein, A., *Lettere à la famille de Michele Besso (1955)* in *Corrispondenza con Michele Besso (1903-1955)*, tr. it. di G. Gembillo, Napoli, Guida, 1995 [*Œuvres choisies*, t. 5, Seuil, 1991] ;
- Einstein, A., *Sull'elettrodinamica dei corpi in movimento* in *Opere scelte*, tr. it. di E. Bellone, Torino, Bollati Boringhieri, 1988, pp. 148-177 [*Zur Elektrodynamik bewegter Körper*, « *Annalen der Physik* », vol. 322, n° 10, 26 settembre 1905, pp. 891-92] ;
- Fabry, L., *Phénoménotechnique: Bachelard's Critical Inheritance of Conventionalism*. « *Studies in History and Philosophy of Science* », Part A, Elsevier, 2019 ;
- Feyerabend, P., *Il realismo scientifico e l'autorità della scienza*, tr. it. di Artosi, A., Milano, Il Saggiatore, 1983 [*Realism and the historicity of knowledge*, "Journal of Philosophy", 86, 1989, 393-406] ;

- Grange, J., *L'invention technique et théorique : la philosophie des sciences de G. Bachelard. Imaginaire, Industrie et innovation*, Centre culturel de Cerisy, Sep 2015, Cerisy-la-Salle, France. pp.90. halshs-01336345 ;
- Harmut, R., *Accelerazione e alienazione: Per una teoria critica del tempo nella tarda modernità*, tr. it. di Leonzio, E., Torino, Einaudi, 2015;
- Declos, A. ; Tiercelin, Cl., eds. *La métaphysique du temps. Perspectives contemporaines*, Paris, Collège de France, 202 ;
- Lecourt, D., *L'epistemologia di Gaston Bachelard*, tr. it. di R. Lanza, M. Magni, Milano, JacaBook, 1997;
- McTaggart, J.M.E., *L'irrealtà del tempo*, tr. it. di L. Cimmino, Milano, Rizzoli, 2006 [*The Unreality of Time*, "Mind", vol. 17, pp. 457-73, 1908];
- Michelson, A.A.; Morley, E. W., *On the relative motion of the Earth and the luminiferous ether*, « American Journal of Science », vol. s3-34, no 203, 1 novembre 1887, p. 333-345;
- Minkowski, H., *Die Grundgleichungen für die elektromagnetischen Vorgänge in bewegten Körpern*, «Nachrichten der k. Gesellschaft der Wissenschaft zu Göttingen», mathematisch-physikalische Klasse, 1908;
- Musso, P., *Imaginaire, Industrie et innovation*, Centre culturel de Cerisy, Sep 2015, Cerisy-la-Salle, France. pp.90. halshs-01336345 ;
- Pariente, J.C., *Le Vocabulaire de Bachelard*, Paris, Ellipses, 2001 ;
- Rheiberger, Hans Jörg, *Gaston Bachelard and the notion of « phénoménotechnique »*, « Perspectives on science », 13/3, 2005 ;
- Rovelli, C., *Che cos'è il tempo? Che cos'è lo spazio?*, Roma, Di Renzo, 2014.
- Verbale del 13° CGPM (1967), 1969 ;
- Vigoureux, J.M., *L'univers en perspective*, Paris, Ellipses, 2006 ;
- Wolff, F., *Le temps du Monde*, Paris, Le Seuil, 2023.