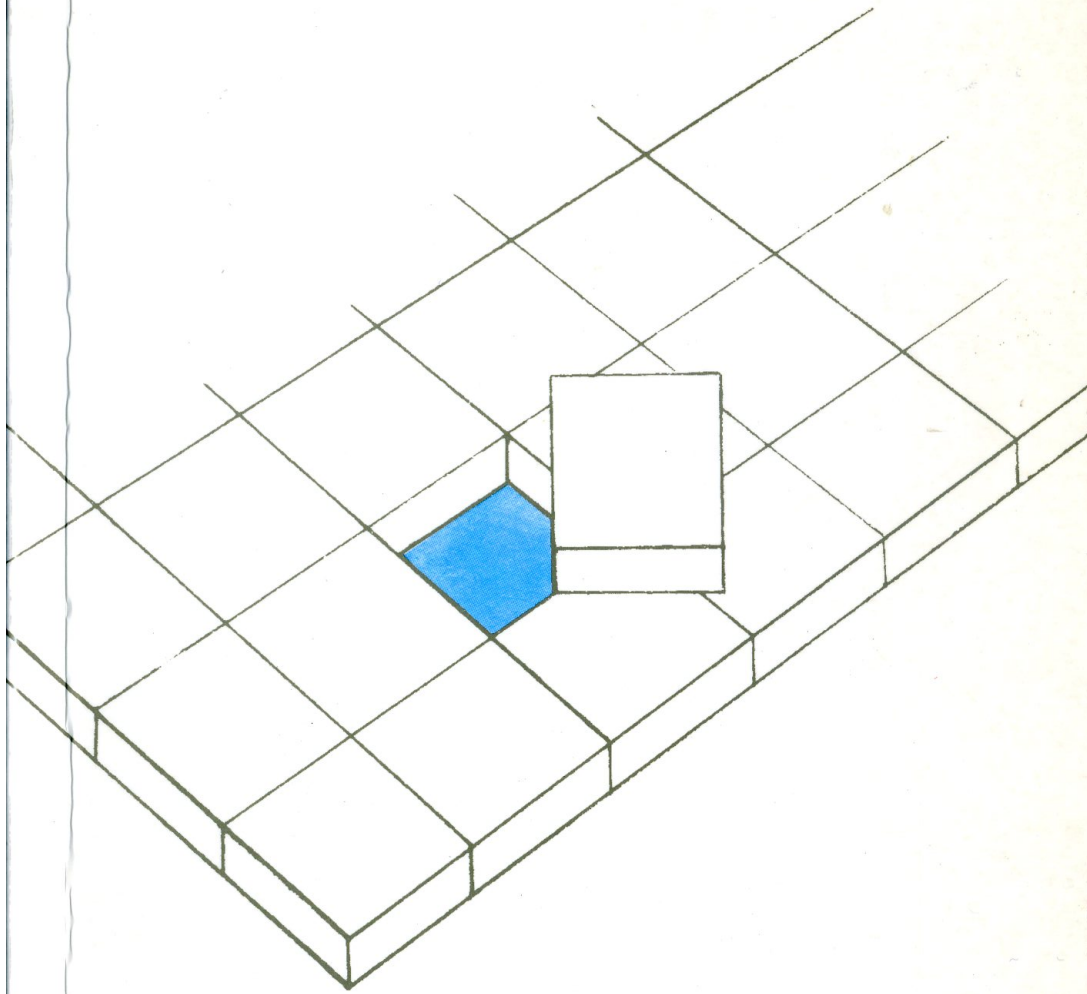


Italo Scardovi

**il tempo e il caso**



Martello / Libreria

Italo Scàrdovi

(versione corretta)

# Il tempo e il caso

*Una endiadi statistica*

Martello/Libreria

In copertina: *Senza titolo*, 1981 di Giuliano Della Casa

© 1999 — Proprietà dell'Autore — Edizione riservata

Edizioni Martello / Libreria  
20129 Milano, Corso Plebisciti 12

*Dedico ad Aldo Martello, editore illuminato e spirito libero, generoso e leale, queste pagine in cui è riprodotta, in più parti integrata, la prolusione che lessi alla cerimonia d'inaugurazione dell'anno accademico novecentesimo sesto dell'ateneo bolognese. Egli voleva aprire con questo scritto una collana di saggi brevi a contenuto interdisciplinare, e soltanto la repentina scomparsa di quell'originale promotore di cultura poté fermarne il progetto. È con il sentimento di un dovere adempiuto, seppur con ritardo, che ho affidato alla fine sensibilità di Francesco Martello, figlio e collaboratore di Aldo, queste riflessioni di 'uomo del pallottoliere' sul tema del tempo e del caso: un tema quanto mai coinvolgente. Per il pallottoliere e per l'uomo.*

*I.S.*

## I

*Ibis redibis non morieris in bello* - rispondeva l'oracolo antico al guerriero ansioso di sapere. Un responso non univoco e non confutabile, e tuttavia certo nella sua essenziale ambiguità: bastava una piccola pausa (prima o dopo il fatidico *non*) per sciogliere il dilemma. Così voleva il rito; il rito eterno dell'uomo che cerca nel magico una risposta al suo dubitare dell'ignoto, al suo interrogarsi sull'avvenire che l'aspetta.

Se alle sibille si chiedeva di svelare un futuro già deciso, se dai profeti si attendeva il disegno recondito della predestinazione, è invece ai dati del mondo che l'uomo ha poi imparato a rivolgersi per trarre gli indizi di ciò che sarà. L' 'abitudine al prevedere' - come David Hume l'ha chiamata - è andata così sostituendo alle antiche pratiche divinatorie l'osservazione del reale nel suo divenire. Ne è prova anche il mutare degli atteggiamenti nei confronti del concludersi dei millenni dell'era cristiana. Si è andati incontro al compiersi del secondo millennio liberi dai terrori che segnarono, in qualche contrada, l'attesa della fine del primo millennio. Non ci si è più interrogati su certe oscure premonizioni, non si sono più sfogliate le pagine dell'*Apocalisse*, o non lo si è fatto con la disperazione di allora. E tuttavia si è guardato avanti nel segno di un diffuso ritorno all'irrazionalismo, con il sentimento inquieto di tante perdute certezze.

Al compiersi del primo millennio era agli interpreti delle Sacre Scritture che più si chiedeva. Passati dieci secoli, urgenti domande sono state rivolte anzitutto a un altro sapere, che è la più grande conquista umana dell'età moderna, e ha profondamente cambiato il nostro modo di vivere e di pensare: il sapere scientifico.

Sorta, con Galileo, sul finire del Rinascimento, dall'incontro metodico della ragion critica con la ragion sperimentale, la scienza moderna è andata sostituendo nuove coerenti verità alle credenze di una lunga tradizione, e ancora poco più di cent'anni or sono offriva una rassicurante immagine del mondo. Un mondo razionale e armonico, governato dalla grande legge newtoniana<sup>1</sup>: la legge del muoversi della Luna e del cadere di una mela, della traiettoria di un sasso lanciato e dell'orbita di un pianeta attorno alla propria stella. E se Isaac Newton, agli albori del Settecento<sup>2</sup>, aveva pensato che, di quando in quando, l' 'artefice dell'universo' dovesse provvedere a ristabilire la disciplina geometrica qua e là violata, Pierre-Simon de

<sup>1</sup> I. Newton, *Philosophiae naturalis principia mathematica*, London, 1687.

<sup>2</sup> I. Newton, *Philosophiae naturalis principia mathematica*, Editio secunda auctior et emendatior, Cambridge, 1713.

Laplace<sup>3</sup>, un secolo più tardi, escludeva questa necessità. L'ordine sapeva mantenersi da sé, immutato e immutabile. Così doveva essere anche per i fenomeni della vita. Come il cielo di Newton, la specie di Linneo<sup>4</sup> non ha storia: se i pianeti percorrono ellissi inderogabili, le forme viventi si riproducono sempre uguali.

Di quell'ordine, unificando meccanica celeste e meccanica terrestre, astronomia kepleriana e dinamica galileiana, il sistema newtoniano dava le coordinate istantanee, così da raffigurare lo stato dell'universo in un qualunque passato o in un qualunque futuro. Un futuro necessario, tutto contenuto nel passato. Non era soltanto un sublime modello formale e un coerente canone metodologico: era una concezione del mondo, un sistema di valori. Che appagava l'ansia di certezza, il bisogno di assoluto, la ricerca di verità permanenti: i tratti intellettuali e spirituali di un sapere giunto, verso la metà dell'Ottocento, al suo apogeo culturale.

## II

Nel suo celebre 'atto di fede' in quel determinismo universale - una visione che non sembrava lasciare spazio nemmeno al libero arbitrio - Laplace<sup>5</sup> si figurava "una intelligenza" dotata di illimitate capacità di informazione e di calcolo, e perciò in grado di trarre dalla conoscenza dello stato presente la conoscenza dello stato dell'universo in ogni altro momento. Dall'età di Laplace, le capacità di calcolo e di informazione sono avanzate enormemente, grazie a sempre nuovi strumenti automatici. Ma proprio le simulazioni al calcolatore ci hanno portato via qualche illusione. La deduzione del futuro dai dati del presente non può andare oltre certi limiti: basta una minima accidentalità, una irrisoria imprecisione nelle condizioni iniziali - così il lieve spostamento della virgola nella profezia sibillina - a cambiare il futuro, a suscitare differenze rilevanti nel volgere del tempo, a rendere imprevedibile il più determinato e deterministico dei fenomeni.

L'aveva intuito Henri Poincaré<sup>6</sup>, cent'anni or sono, ponendo il 'problema dei tre corpi' e cogliendo la difficoltà del calcolo esatto dell'assetto, a distanza di tempo, di un sistema composto da più di due gravi che si attraggono per effetto di una forza direttamente proporzionale al prodotto delle masse e inversamente proporzionale al quadrato delle distanze, in obbedienza alla gravitazione newtoniana; e Jacques Hadamard<sup>7</sup> ne aveva tratto una prova matematica dal flusso

<sup>3</sup> P. S. de Laplace, *Mécanique céleste*, Paris, 1798.

<sup>4</sup> C. Linnaei, *Systema naturae*, Holmiae, 1758.

<sup>5</sup> "Dobbiamo dunque raffigurare lo stato presente dell'universo come l'effetto del suo stato anteriore e come la causa di quello che seguirà. Una intelligenza che per un dato istante conoscesse tutte le forze da cui la natura è animata e la situazione rispettiva degli esseri che la compongono, se d'altra parte fosse così vasta da sottoporre questi dati all'analisi, abbraccerebbe in una medesima formula i movimenti dei più grandi corpi dell'universo e quelli dell'atomo più leggero: niente sarebbe incerto per essa, e l'avvenire, come il passato, sarebbe presente ai suoi occhi." (P. S. de Laplace, *Essai philosophique sur les probabilités*, Paris, 1814; ed. it. *Saggio filosofico sulle probabilità*, Bari, 1951).

<sup>6</sup> H. Poincaré, *Théorie des tourbillons*, Paris, 1892; - *Les méthodes nouvelles de la mécanique céleste*, Paris, 1893.

<sup>7</sup> J. Hadamard, *Les surfaces à courbures opposées et leurs lignes géodésiques*, "Journal de mathématiques pures et appliquées", 4, 1898.

geodetico di una superficie a curvatura negativa. È l'atto di nascita della 'teoria dei sistemi dinamici', donde si dedurrà l'amplificazione esponenziale, nel tempo, degli effetti di accidentalità remote e l'allontanamento inevitabile di un sistema dinamico non lineare dal proprio stato iniziale: il così detto 'caos deterministico'.

“Perché molte persone trovano del tutto naturale pregare per avere la pioggia o il sereno, mentre giudicherebbero ridicolo invocare un'eclisse con la preghiera?” - domandava Poincaré<sup>8</sup> sul far del ventesimo secolo. È questione di misura del tempo: lo stato caotico dell'atmosfera si produce in tempi brevi, quello del sistema solare in tempi lunghissimi rispetto alla metrica umana. La metrica che aveva indotto a ritenere invariante ciò che non cambiava nell'unità di misura degli osservatori. “A memoria di rosa non s'è mai visto morire un giardiniere” - recita un aforisma di Bernard de Fontenelle, che Denis Diderot<sup>9</sup> amava ricordare a chi non volesse accorgersi di tutta una realtà in divenire. Dove i suoi tempi erano quelli del giardiniere, il pensiero umano si era dato infatti alla storia; dove erano quelli della rosa, alla scienza di una natura immutabile.

### III

Ma presto l'idea del divenire, nell'universo e sul nostro piccolo pianeta, avrebbe cominciato a insinuarsi nel pensiero scientifico assieme alla crescente consapevolezza della non riducibilità di tanti fenomeni naturali al rigido determinismo meccanicistico. Accostando a una fisica di corpi che cadono nello spazio di Newton, attratti dalla gravità, una fisica di eventi che cadono nel tempo di Boltzmann<sup>10</sup>, spinti dalla probabilità, la dinamica del calore avrebbe offerto l'immagine di un andamento irreversibile, indipendente dallo stato iniziale, soggetto alle stesse regole che intervengono quando si mischia un mazzo di carte da gioco. La biologia evoluzionistica vi avrebbe aggiunto, anch'essa giocando col caso, un'irriducibile imprevedibilità. Il tempo dell'evoluzione della vita, il tempo di Darwin,<sup>11</sup> è il tempo di una natura che diventa storia, di un'immanenza che si fa contingenza.

Dalle particelle elementari alle galassie, dai nucleotidi all'uomo, entrava così, nei fenomeni, con la dimensione del tempo, l'insidia del caso: i costituenti essenziali di un nuovo sapere. Il caso non aveva ragion d'essere in un mondo ridotto a una sorta di eterno 'meccano', in cui il passato è immagine del futuro e l'incertezza soltanto difetto di informazione, approssimazione nella misura; e il tempo una variabile esterna, indipendente. Il tempo di una natura senza storia: lo sfondo immobile della scena dove si svolge la vicenda umana; questa sì diveniente, questa sì irreversibile.

<sup>8</sup> H. Poincaré, *Science et méthode*, Paris, 1908.

<sup>9</sup> D. Diderot, *Le rêve de d'Alembert*, Paris, 1769.

<sup>10</sup> L. Boltzmann, *Vorlesungen über Gastheorie*, Wien, 1895.

<sup>11</sup> Ch. Darwin, *On the origin of species by means of natural selection*, London, 1859 (ed. it. *Sulla origine delle specie*, a cura di Giovanni Canestrini, Torino, 1875; - *L'origine delle specie*, prefazione di Giuseppe Montalenti, Torino, 1985; - *L'origine delle specie per selezione naturale*, Introduzione di Pietro Omodeo; tradotto dalla prima edizione originale del 1859 con le varianti della sesta edizione, Roma, 1973.

Non così nella nuova fisica, nella nuova biologia, dove il tempo è andato assumendo un valore intrinseco. Un tempo interno ai fenomeni, ai processi coinvolgenti 'popolazioni': di molecole come di viventi. Processi irreversibili. Cosa li fa irreversibili? La casualità immanente, l'immanente variabilità. Paradigmi concettuali di un sapere avviato a scoprire nella logica della natura la logica del probabile. Paradigmi che sembrano andare al di là dei fenomeni naturali. Essi non rappresentano soltanto momenti separati della ricerca del vero (dal tempo-geometria al tempo-storia, dal tempo della caduta dei gravi con accelerazione costante al tempo dei processi evolutivi): sono modelli formali e schemi linguistici ai quali può essere commisurata la rappresentazione razionale di svariate realtà.

L'irreversibilità, anzitutto, può assumere significati transdisciplinari, riavvicinare le diverse culture, offrire una falsariga metodologica alla conoscenza del mondo naturale e delle vicende dell'uomo. Un uomo che non soltanto tenta di intuire il proprio domani: vuole sceglierlo. E sempre più va interrogando la scienza per cercarvi i 'segni' del futuro; ma proprio la scienza gli svela i limiti di ogni previsione. È la caduta di un grande mito: il mito della certezza. Svanito l'ottimismo meccanicista, la prefigurazione di quelli che si è soliti denominare i prossimi scenari appare incerta e ambigua. Spingersi oltre il presente è avventurarsi in inferenze induttive aperte a una pluralità virtuale di immagini del futuro.

Ma quale futuro? Un futuro che è dato o che si darà? Un futuro necessario, già scritto, come un destino dovuto? O il futuro di un divenire non univoco, di un 'destino' che viene scritto nel momento in cui si compie? In questo assunto, ogni previsione è simulazione: esperimento sul presente, più che anticipazione di un avvenire sempre indeterminato.

#### IV

Nuovi interrogativi, dunque, e nuove inquietudini. E spesso è ancora il mito a sostituirsi al pensiero, la superstizione a prevalere sulla ragione. Una ragione ancora esitante nell'accettare il linguaggio di una filosofia naturale in cui sembra tornare un poco dell'antica vaghezza oracolare - il linguaggio della probabilità - e che parla di 'tempo' e di 'caso'. Forse davvero due indefinibili, e tuttavia essenziali al sapere scientifico, dove hanno atteso a lungo un coerente assetto gnoseologico, reso difficile dalla loro remota estraneità. Un assetto non privo di riflessi emotivi, nelle intuizioni dei poeti non meno che negli schemi degli scienziati. 'Giudici ciechi' li chiamava Thomas Hardy, nel suo opporsi alle orgogliose certezze dell'età vittoriana, e ne rendeva l'intreccio profondo in due bellissimi versi: "Il Caso balordo s'oppone al sole e alla pioggia, / e il Tempo biscazziere getta per allegria il dado di un lamento."<sup>12</sup>

<sup>12</sup> "Crass Casualty obstructs the sun and rain / And dicing Time for gladness casts a moan..." (*Hap*, vv. 11-12)



A chi gli domandava cosa fosse il tempo, Sant'Agostino rispondeva: "Se nessuno me lo chiede lo so; se volessi spiegarlo a chi me lo chiede, non lo so"<sup>13</sup>. Già Aristotele aveva posto il dilemma se il tempo sia proprietà della natura o illusione della mente. Un interrogativo destinato a durare nei secoli, che le scienze naturali risolveranno, scoprendo un tempo della *phýsis* non meno irreversibile del tempo della *pólis*. Un tempo fenomenico, nella varietà dei suoi ordini di grandezza: il tempo dell'universo che si espande, il tempo della vita che si trasforma sul nostro pianeta. Non il tempo dell'oscillare isocrono del pendolo, del riapparire regolare del Sole, il tempo ricondotto da Immanuel Kant all'ordine causale, cui la relatività einsteiniana avrebbe tolto ogni assolutezza; bensì un tempo dettato dai processi, dal loro convergere entropico verso lo stato più probabile o dal loro caotico divergere.

Ed è il caso, il 'caso statistico', a rompere la simmetria del tempo, a dare una direzione al divenire: dal tempo dei fenomeni termodinamici o della disintegrazione radioattiva, al tempo dell'evolvere delle forme viventi per selezione dei varianti: quella 'variabilità individuale' dovuta a un'accidentalità immanente, che ha liberato il pensiero scientifico dai lacci di una filosofia naturale intenta a codificare l'evento singolo<sup>14</sup>, la sua necessità causale, la sua prevedibile ripetitività<sup>15</sup>. Una fenomenologia non più rigidamente deterministica. Essa ha fatto della matematica del caso, il calcolo delle probabilità, una metodologia universale: canone di lettura di tutta una realtà fisica, linguaggio dei fenomeni del vivente, concezione della natura.

Di quella strana matematica il pensiero razionale ha trovato le prime regole tentando la sorte, lanciando dadi; per accorgersi, poi, che anche in natura opera il caso: nella struttura della materia e nei costituenti della vita. Come se in quegli eventi una mano misteriosa lanciasse, da sempre, ineffabili dadi. E così si sono venuti svelando, nei processi profondi della natura, gli algoritmi formali della probabilità, intesa come misura dell'avverabilità di un evento e come espressione di un'immanente casualità fenomenica. Cresciuto attorno ai tavoli da gioco, il calcolo delle probabilità entrava nelle scienze positive sostituendo ai necessari i possibili, agli assoluti i probabili.

## V

Essenziale all'assunto di casualità fenomenica è la condizione di indipendenza tra i singoli eventi costituenti. Senza il rispetto di tale condizione, senza l'equilibrio distributivo che ne consegue nei 'grandi numeri', cosa rispondere alla domanda: Come fanno gli atomi di un frammento di uranio a disintegrarsi nel tempo così da

<sup>13</sup> "Quid est ergo tempus? Si nemo ex me quaerat scio; si quaerenti explicare velim, nescio" (*Confessioni*, XI, 14)

<sup>14</sup> Scriveva Goethe: "Che cos'è l'universale? Il singolo caso. Che cos'è il particolare? Milioni di casi". (W. Goethe, *Maximen und Reflexionen*, "Goethes Werke", Stuttgart, 1827).

<sup>15</sup> Scriveva Immanuel Kant: "Un fenomeno di natura che si ripete regolarmente è vero; se è privo di sistematicità, è falso: è sogno". (I. Kant, *Kritik der reinen Vernunft*, Riga, 1781; ed. it. *Critica della ragion pura*, Bari, 1949).

modellare il progressivo ridursi dell'aggregato iniziale sulla bella curva discendente asintoticamente sull'ascissa? O, in altro contesto, a una domanda assai più ricorrente: "Come fa la pallina della roulette a sapere che a lungo andare lo zero deve uscire una volta su trentasette, se il casinò deve andare avanti?" (Sono parole di Arthur Koestler)<sup>16</sup>. Una sola risposta è possibile: la pallina non lo sa, provvede il caso. È il caso, il caso statistico, a far sì che la casa da gioco non vada in malora.<sup>17</sup> Esso non comporta disordine, irregolarità, imprevedibilità, più di quanto non comporti ordine, regolarità, prevedibilità. Ha esito convergente e stabilizzante nei grandi insiemi (è il caso del secondo principio della termodinamica, il caso delle ibridazioni mendeliane ...), divergente ed erratico nei piccoli insiemi: è il caso della deriva genetica, un caso innovativo. Più che a esorcizzarlo, le scienze naturali hanno imparato a trattarne razionalmente gli effetti: il caso non evoca, di per sé, assenza di leggi, violazione dei canoni della scienza. Scienza è sempre ricerca di invarianti e gli invarianti di questa scienza sono partizioni di probabilità: strumenti intellettuali di una metodologia scientifica cresciuta astraendo dall'individuale, formalizzando leggi statistiche, proprietà d'insiemi

Eppure, si continua a fraintendere evocando il caso, anche nel parlar comune, all'avverarsi di eventi di piccola probabilità e non degli eventi altamente probabili. Questi, li si dà per necessari, dovuti, attesi; quelli, per accidentali, fortuiti, inaspettati. Sono, invece, momenti di una medesima realtà. Se v'è un'ombra di casualità nell'urto fra due molecole dell'aria in cui viviamo immersi, nel decadimento del nucleo di un atomo radioattivo, nella mutazione di un nucleotide o nell'incontro di due alleli recessivi, essa è pure nell'esito collettivo di quelle accidentalità individuali: l'aumento di entropia, il periodo di dimezzamento, la variabilità genetica. La regolarità statistica risultante - la prevedibilità macroscopica - si regge sul concorso di tanti microeventi individualmente imprevedibili. È quanto accade nella 'cinetica dei gas': gli urti tra le singole molecole rispondono alle leggi meccaniche del moto, reversibili e invarianti rispetto al tempo, mentre una moltitudine di urti tra quelle stesse molecole diventa un processo irreversibile, nella direzione dell'assetto più probabile, in un tempo che non ritorna. Davvero un affascinante paradosso.

Per coglierne il senso, Ludwig Boltzmann<sup>18</sup>, intorno agli anni settanta del secolo XIX immaginò di enumerare i 'microstati' compatibili con ciascun 'macrostato' - come aveva fatto Galileo<sup>19</sup>, da più di due secoli, per rispondere a un quesito sul 'gioco del passadieci' - e di attribuire a ogni microstato un medesimo grado di avverabilità, ossia una uguale probabilità statistica. Se, così calcolando, il fondatore della scienza sperimentale aveva potuto spiegare perché nel lancio

<sup>16</sup> A. Koestler, *The roots of coincidence*, London, 1972 (ed.it. *Le radici del caso*, Roma, 1972).

<sup>17</sup> Fatta salva, naturalmente, l'onestà del casinò.

<sup>18</sup>

L. Boltzmann, *Weitere Studien über das Wärmegleichgewicht unter Gasmolekülen*, "Wiener Berichte", LXVI, Wien, 1872.

<sup>19</sup> G. Galilei, *Sopra le scoperte dei dadi*, Firenze, circa 1620.

ripetuto di tre dadi l'undici tenda a uscire più volte del dodici<sup>20</sup>, il fondatore della meccanica statistica poteva legare il disordine, ossia la quantità di caso - in una parola: l'entropia - del sistema, alla probabilità di un suo macrostato, espressa in ragione del numero di microstati compatabili con esso.

È l'immanente casualità naturale a determinare l'esito statistico di fenomeni che si avverano nel tempo andando irreversibilmente dallo stato meno probabile allo stato più probabile: a rendere uniforme l'azzurro del cielo regolando la densità dell'atmosfera, a diffondere equamente l'aria che ci circonda: evento immensamente più probabile di qualunque distribuzione ineguale delle particelle, che la casualità naturale rende trascurabile nella nostra dimensione del tempo, consentendoci di respirare tranquillamente, ignari di correre un impercettibile rischio di asfissia da ... improbabilità. In termodinamica, un evento del genere viene ritenuto 'praticamente impossibile', tanto è irrisorio il suo grado di avverabilità negli ordini finiti di grandezza della nostra esperienza. E in quel 'praticamente' è implicita una misura del tempo e del caso.

Del caso, a dir vero, non ci si avvede quando governa la normalità. Anche negli avvenimenti più usuali. C'è caso - sia consentita una lieve stravaganza - pure nell'acqua della caffettiera messa a bollire sul fuoco. Non abbiamo incertezze circa l'esito di quella semplice operazione quotidiana, e non ci confonde più di tanto sentirci dire che non è uguale a zero la probabilità che quell'acqua possa invece raffreddarsi, ad onta della fiamma divampante: un evento di probabilità estremamente piccola, ancora più piccola della probabilità di trovare le carte da poker perfettamente ordinate, dall'asso di cuori al re di picche, dopo averle mischiate. Ma chi non griderebbe al sortilegio, o al miracolo, vedendo l'acqua congelarsi?

Si dovrebbe invece gridare al caso: lo stesso che, entro quel sistema molecolare virtualmente capace di innumerevoli configurazioni, tiene lontana una siffatta eventualità e la nasconde dietro i grandi numeri. Ancora un condizionamento dell'abitudine: l'abitudine che suggerisce l'idea di una necessità causale, come Hume<sup>21</sup> insinuava. "È caso - scriveva il filosofo scettico - quando non v'è ripetizione costante a suggerire l'idea di causa". Annoterà Max Planck<sup>22</sup>: "Se abbiamo a che fare per la prima volta con un fenomeno insolito, ne siamo altamente stupiti; se lo vediamo per la decima volta lo troviamo naturale; se lo vediamo per la centesima volta non sentiamo nemmeno più il bisogno di spiegarlo e cerchiamo forse di dimostrarne la necessità". Recita, sillabando, un personaggio di Pirandello<sup>23</sup>: "... tutta la nostra conoscenza del mondo è sospesa a questo filo sottilissimo: la re-go-la-ri-tà delle nostre esperienze".

<sup>20</sup> Tre essendo i dadi, al macrostato 'undici' corrispondono ventisette terne di numeri (i microstati) e al macrostato dodici venticinque microstati.

<sup>21</sup> D. Hume, *A treatise of human nature*, London, 1739 (ed. it. *Trattato sulla natura umana*, Bari, 1958); - *Enquiry concerning human understanding*, London, 1758 (ed. it. *Ricerche sull'intelletto umano*, Bari, 1968).

<sup>22</sup> M. Planck, *Wege zur physikalischen Erkenntnis*, Leipzig, 1933 (ed. it. *La conoscenza del mondo fisico*, Torino, 1954).

<sup>23</sup> L. Pirandello, *Il piacere dell'onestà* (atto primo), 1918.

È la regolarità, suggeriva René Descartes, a farci distinguere la realtà dal sogno, a porre una linea di separazione tra il possibile e l'impossibile, tra l'esistente e l'immaginario. Se l'attività onirica fosse anch'essa ordinata e coordinata, come sapremmo riconoscerla? "Se un artigiano fosse sicuro di sognare tutte le notti, per dodici ore filate, di essere re (...) sarebbe felice quasi come un re che sognasse, ogni notte, per dodici ore, di essere un artigiano" - si legge in un 'pensiero' di Blaise Pascal<sup>24</sup>. E se nel mondo sognato, una sorta di antimondo ideale dietro lo specchio di Alice, si avverassero comunemente i fenomeni che al di qua dello specchio si avverano raramente?

## VI

È una casualità intrinseca a portare verso l'equilibrio una nuvola di molecole gassose, a dar luogo alla varietà genotipica e alla conseguente variabilità fenotipica in una pluralità omogenea di viventi; a comporre l'imprevedibilità dell'evento individuale in una sorta di determinismo statistico che lo trascende. La casualità naturale che Charles Darwin aveva intravisto dietro il differire delle tartarughe e dei fringuelli tra le isole Galàpagos, che Gregor Mendel aveva svelato traendo successive genealogie da piante selezionate di *Pisum sativum*, con esiti individualmente disordinati e imprevedibili, e tuttavia tendenti a risolversi, nell'insieme, in tendenziali regolarità statistiche; che Boltzmann<sup>25</sup> aveva colto nel 'secondo principio', traendo la non reversibilità di una pluralità di particelle dalle loro combinazioni possibili (e così Josiah Willard Gibbs<sup>26</sup>); che Adolphe Quételet<sup>27</sup> aveva trovato nella variabilità dei perimetri toracici tra i coscritti scozzesi, conforme all'elegante simmetria distributiva delle replicate misure strumentali dell'ascensione retta della stella polare: la curva alla quale James Clerk Maxwell vedeva approssimarsi la distribuzione unidimensionale delle velocità molecolari. La casualità, ancora, che Wladyslaw von Bortkiewicz<sup>28</sup> era andato addirittura a scovare nelle morti per calcio di cavallo fra le armate prussiane; eventi, questi, dovuti a una volontà, a un'intenzione. Sul finire del secolo diciannovesimo aveva destato sorpresa la regolarità empirica, di stretta osservanza poissoniana, dei calci fatali sferrati da quei baldi destrieri. Allo stesso modo, in data più recente, un emulo<sup>29</sup> di Quételet s'è divertito a osservare la relativa invarianza nel tempo del distribuirsi dei ricoveri per morsicature da cani nei centri di pronto soccorso della città di New York. Forse che la morte da zoccoli di imperial cavallo o la ferita da denti di cane newyorkese obbedivano a numeri prefissati entro un'urna segreta, in cui sarebbero ripartiti, nelle dovute proporzioni, i ruoli da attribuire ai singoli per sorteggio? Fuor di scherzo, viene spontaneo domandarsi - come si è fatto e si fa -

<sup>24</sup> B. Pascal, *Pensées*, Paris, 1670.

<sup>25</sup> L. Boltzmann, *Weitere Studien*, cit.; - *Populäre Schriften*, Leipzig, 1905.

<sup>26</sup> J. W. Gibbs, *Elementary principles in statistical mechanics*, Yale, 1902.

<sup>27</sup> A. Quételet, *Recherches statistiques*, Bruxelles, 1844.

<sup>28</sup> W. von Bortkiewicz, *Das Gesetz der kleinen Zahlen*, Leipzig, 1898.

<sup>29</sup> W. Weaver, *Lady Luck and the theory of probability*, New York, 1963.

chi mai provvedesse a far sapere a quei vivaci quadrupedi quando le rispettive razioni quotidiane di interventi sull'uomo s'erano esaurite, per non compromettere il bel modello matematico realizzato dall'opera loro?

La risposta della metodologia statistica è chiara. Quelle regolarità collettive si sono avverate per il sussistere di una precisa condizione: l'indipendenza tra gli eventi (come suggeriva il conformarsi alla curva di Poisson). Era l'indipendenza reciproca a garantirne l'essenziale casualità e la tendenziale stabilità d'insieme. Ciò non significa che ogni evento fosse, in sé, immotivato (ogni cane, ogni cavallo, avrà avuto le sue buone o men buone ragioni per mordere, per scalciare): significa soltanto che i singoli eventi avvenivano senza influenzarsi l'un l'altro.

Eppure, più lo si stringe da presso per dargli una parvenza reale, più il caso sembra nascondersi. Ora dentro il nulla (così nel salto quantico di un elettrone, così nel decadimento di un nucleo atomico, così in un errore puntiforme alla duplicazione di un filamento dell'acido deossiribonucleico: eventi spontanei per definizione), ora dietro una molteplicità di fattori, ciascuno di per sé esprimibile causalmente. E può essere, a sua volta, generatore di determinismo: un determinismo statistico, collettivo<sup>30</sup>. Così nel moto browniano: ogni singolo corpuscolo ha un comportamento imprevedibile; non l'insieme dei corpuscoli; così in uno 'sciame' di fotoni all'impatto con una lastra di vetro, che in piccola parte potranno essere riflessi: un'accidentalità alla radice dei fenomeni della luce, anche di quelli di più comune osservazione. È il caso a sospingere verso la stabilità i processi di cui la legge dell'entropia, intesa come tendenza a un disordine crescente (il disordine delle carte mischiate), offre un paradigma generale: processi che tendono, in probabilità, verso uno stato di equilibrio<sup>31</sup>. Ogni singolo costituente dinamico del sistema è invariante rispetto a un'inversione del tempo, ma l'insieme dei costituenti non lo è. È la componente statistica a legare microeventi e macroeventi, a offrire un'immagine della natura in cui s'intrecciano ordine e disordine, certezza e incertezza, causalità e casualità: momenti, più che alternativi, complementari.

Simulando un esemplare modellino probabilistico, agli inizi del ventesimo secolo il pensiero fisico ha spiegato, grazie a Paul e Tatiana Ehrenfest<sup>32</sup>, l'immanenza statistico-probabilistica dei processi che convergono verso un tendenziale equilibrio distributivo: lo schema combinatorio e accidentale di fenomeni irreversibili dovuti al concorso di innumerevoli eventi elementari reversibili (il problema di Boltzmann). Se ne è data pure una divertente immagine - così Heinz Pagels<sup>33</sup> - in termini di bipartizione aleatoria di cento solerti pulci tra due pazientissimi cani. Un ordinamento governato dall'accidentalità di tanti eventi

<sup>30</sup> È il caso che il teorico dei frattali, Benoit B. Mandelbrot, chiama "benigno". (B. Mandelbrot, *Formes nouvelles du hasard dans les sciences*; "Economie Appliquée", XXVI, 1973).

<sup>31</sup> È la tendenza che ha suggerito a Karl R. Popper l'idea di una probabilità espressa dalla 'propensione fisica' degli eventi. Un'idea già adombrata da Simeon Denis Poisson e ripresa poi da Mario Bunge. In essa sembra di riconoscere la "propension naturelle de'corpi", in cui Galileo identificava la tendenza dei gravi a cadere. (K. R. Popper, *The propensity interpretation of the calculus probability and the quantum theory*, "Observation and interpretation", London, 1957; - M. Bunge, *Possibility and probability*, "Foundations of probability theory", III, Dordrecht-Boston, 1976; - S. D. Poisson, *Recherches sur la probabilité des jugements*, Paris, 1837).

<sup>32</sup> P. und T. Ehrenfest, *Über zwei bekannte Einwände gegen das Boltzmannsche H-Theorem*, "Physikalische Zeitschrift", 8, 1907.

<sup>33</sup> H. R. Pagels, *The cosmic code*, 1982 (ed. it. *Il codice cosmico*, Torino, 1984).

elementari indipendenti ed equiprobabili. Siano i due cani,  $A$  e  $B$ , entrambi capaci di offrire confortevole soggiorno a quelle pulci, e ciascuna di esse sia contrassegnata da un numero in corrispondenza biunivoca con i primi cento numeri successivi allo zero della serie naturale. Ogni pulce, espressamente ammaestrata, conosce il numero che le è attribuito e sa che quando (e solo quando) tale numero è chiamato, essa deve cambiar dimora: saltare sull'altro cane. Ammesso che nello stato iniziale del sistema le cento pulci siano tutte addosso al cane  $A$ , si immagini di estrarre a sorte una pallina da un sacchetto contenente cento palline indistinguibili al tatto, anch'esse numerate da uno a cento, e di chiamare il numero uscito: una pulce salterà allora sul cane  $B$ . Rimessa la pallina nel sacchetto (il sorteggio è quindi 'bernoulliano'), a una seconda estrazione potrà uscire ancora il numero precedentemente apparso, e, in tale ipotesi, la pulce che aveva traslocato tornerà sul cane  $A$ ; ma è istintivo aspettarsi - e un semplice conteggio avverte che è evento novantanove volte più probabile - l'uscita di un numero diverso e il passaggio in  $B$  di una seconda pulce, a far compagnia alla prima. Ad una terza estrazione, la probabilità di uscita di un numero tale da far tornare indietro una di quelle due pulci è raddoppiata, ma è sempre molto piccola rispetto alla probabilità dell'apparire di un numero corrispondente a una qualsiasi delle altre novantotto. E' dunque più 'facile' che sia una di queste a traslocare.

Col proseguire dei sorteggi, e dei passaggi, aumenta ancora la probabilità di ritorni all'indietro, fino a che i salti da  $A$  a  $B$  e da  $B$  ad  $A$  tenderanno press'a poco a equivalersi e le pulci risulteranno, che si sospendano o si continuino le estrazioni, all'incirca ugualmente ripartite fra i due cani. Questa tendenza all'equilibrio è resa possibile dall'accidentalità e dall'indipendenza reciproca degli eventi elementari, tutti ugualmente probabili. Ossia dal caso. È il caso, soltanto il caso, a regolare i salti delle pulci avanti e indietro, da un cane all'altro. L'imprevedibilità della posizione finale di una singola pulce e la prevedibilità della partizione complessiva, dopo un congruo numero di sorteggi, definiscono la natura statistica del fenomeno. Un fenomeno in cui il comportamento di un singolo costituente, ancorché conoscibile, è inessenziale.

Lo spostamento di ogni pulce (il movimento di ogni particella) non è irreversibile; lo diventa l'effetto d'insieme di quella curiosa lotteria. Quanto più l'insieme è numeroso, tanto più tende ad avverarsi attraverso sorteggi casuali, qualunque sia lo stato iniziale, la partizione più probabile nei grandi numeri. Nei grandi numeri, un nuovo evento elementare che si aggiunga all'osservato (l'esito di una ulteriore estrazione) non ne altera le proprietà statistiche; può avere invece effetti devianti nei piccoli numeri. Sono appunto le tante accidentalità individuali a produrre, nel succedersi delle estrazioni, il tendenziale equilibrio collettivo: un risultato praticamente certo, come è praticamente certo il 'disordine' di un mazzo di carte da gioco dopo una mischiata. Anch'esso un macrostato compatibile con un numero grandissimo di microstati.

È dunque il caso, il caso statistico, a distinguere il futuro dal passato, a volgere la reversibilità microscopica in irreversibilità macroscopica, a far sì che le pulci tendano più spesso a saltare dal cane che ne ha di più su quello che ne ha di meno, ancorché ciascuna pulce, a ogni sorteggio, conservi un'uguale probabilità di essere estratta. Così Ludwig Boltzmann addusse l'aumentare dell'entropia, enunciato da Rudolf Clausius, come una proprietà statistico-combinatoria di sistemi isolati tendenti spontaneamente verso lo stato più probabile, con oscillazioni tanto più contenute e con esito tanto meno incerto quanto più elevato è il numero delle unità elementari coinvolte. Eppure, i movimenti delle singole molecole rispondono sempre alle leggi dinamiche classiche. Come l'orbitare di un pianeta, come il saltellare di un dado.

In generale, se  $n$  è il numero dei costituenti elementari sono possibili  $n+1$  assetti distributivi (i macrostati), ciascuno con una propria probabilità calcolata in ragione del numero dei rispettivi microstati, tutti ugualmente probabili. Un numero  $n$  di unità elementari si può suddividere in due gruppi rispettivamente composti da  $n_1$  e  $n_2$  costituenti in  $W = (n!)/(n_1!)(n_2!)$  modi: un numero che è massimo per  $n_1=n_2$ . E infatti, dopo una congrua serie di sorteggi, il numero di unità attribuite ai due gruppi si approssima a  $n_1=n_2=(n/2)$ . È la più probabile bipartizione, a caso, delle  $n$  unità elementari. Nessuna partizione ha probabilità uguale a zero. Dunque, anche uno stato finale con tutte le pulci finite casualmente addosso a un medesimo cane, vale a dire con tutte le molecole andate spontaneamente da una parte sola, non è impossibile. È soltanto il meno probabile fra tutti, perché realizzato dal più piccolo numero di microstati; ed è tanto meno probabile quanto più è grande il numero delle unità elementari coinvolte. Sospinto dal caso, il processo tende a convergere verso l'assetto più probabile, l'equilibrio distributivo, indipendentemente dalle condizioni iniziali: il sistema ne perde memoria, le dimentica; e la possibilità che il processo vada all'indietro, invertendo la freccia stocastica del tempo, diventa sempre più lontana con l'aumentare dei costituenti elementari. Tuttavia, in una serie di prove, non è impossibile l'avverarsi, a caso, fra i tanti, dell'esito più raro, della partizione più improbabile<sup>34</sup>. Tale è appunto l'assetto al tempo zero (tutte le pulci su un solo cane) e appena il caso interviene il sistema se ne allontana.

Il processo si svolge in un tempo scandito dai successivi sorteggi. A ogni sorteggio il sistema tende, in probabilità, ad abbandonare l'ordine iniziale, in ragione di una grandezza  $S$  - l'entropia, appunto - proporzionale al logaritmo naturale del numero  $W$  dei microstati compatibili con lo stesso macrostato del sistema. È la celebre formula di Boltzmann, incisa così sulla sua lapide, a Vienna<sup>35</sup>:  $S=k \log W$ . Essa misura la quantità di caso intervenuta nel sistema (termodinamico o 'pulcesco'), nel suo andare irreversibile (in probabilità) verso lo stato più probabile. L'entropia tende ad aumentare per effetto di quello che Boltzmann chiamava 'caos molecolare', ponendo la casualità - una casualità oggettiva,

<sup>34</sup> Il sistema tende virtualmente a passare per tutte le configurazioni possibili, come vuole il "principio ergodico" proposto da Boltzmann.

<sup>35</sup> Il simbolo  $\log$  è da intendersi come logaritmo naturale.

intrinseca - alle origini della strana antinomia alla quale il suo controverso 'teorema  $H$ ' dava una insolita risposta<sup>36</sup>. È la probabilità che dirige il tempo, avvertiva Boltzmann; è il tempo che genera la probabilità, soggiungerà Prigogine<sup>37</sup>. È dunque il caso, un caso operatore, a mediare il passaggio dalla immagine della dinamica classica, la dinamica dei sistemi reversibili, alla intuizione termodinamica dei fenomeni che s'avverano nel tempo: un tempo operatore. L'intreccio di tempo e caso, di divenire e accidentalità, si stringe, così, in ragione del numero dei costituenti elementari. Una endiadi, dunque, di tempo e caso: le coordinate intellettuali di un sapere irriducibilmente statistico. Una endiadi nel significato autentico della parola<sup>38</sup>.

Determinismo, atemporalità, reversibilità restano pur sempre i sublimi attributi di tutta una scienza fisica, fondamentali nei rispettivi domini di validità. Attributi che si fondano sulle equazioni differenziali della meccanica newtoniana, sulle equazioni differenziali dell'elettrodinamica maxwelliana, sulle equazioni tensoriali della relatività einsteiniana, e sulla stessa equazione fondamentale d'onda della meccanica quantistica (l'equazione di Schrödinger). Una meccanica che tuttavia ha finito per avvalersi di distribuzioni di probabilità dandosi a una lettura statistica e rinunciando alle tradizionali certezze di un universo indifferente al tempo e al caso, nel quale, se la probabilità aveva luogo, l'aveva come espressione di incertezza soggettiva, non di oggettiva indeterminatezza. Nulla più che un soccorso epistemico - rassicurava Laplace<sup>39</sup> - alla "ignoranza delle vere cause".

Rappresentando un sistema dinamico o un insieme statistico come un punto in un iperspazio definito da tante coordinate quanti sono i suoi costituenti, il punto si muove percorrendo tracciati più o meno regolari, a seconda del numero di coordinate indipendenti: i 'gradi di libertà'. Al crescere di tale numero, diminuisce la probabilità della ripetizione di un tratto, comunque ampio, del percorso. È l'irreversibilità. I diversi paradigmi possono quindi configurarsi come altrettanti modi di essere di un modello logico-formale che simula 'sistemi' e 'insiemi', processi caotici e processi entropici. Se il caos deterministico ha effetti divergenti quanto più numerose sono le coordinate libere di un sistema instabile, il caso entropico guida l'andare verso lo stato più probabile di un insieme statistico con l'aumentare dei costituenti. Entrambi introducono il tempo, un tempo fenomenico, con un passato e un futuro.<sup>40</sup>

Sintassi, queste, che attraversano una varietà di campi semantici e possono forse offrire uno spunto di metodo alla lettura di fenomeni non naturali. In essi, l'analogia con la turbolenza prodotta da una minima fluttuazione (un accadimento

<sup>36</sup> Insolita perché 'statistica' e non 'dinamica'. Se ne discute ancora. Così in: M. Ageno, *Le origini della irreversibilità*, Torino, 1992.

<sup>37</sup> I. Prigogine, *Non-equilibrium statistical mechanics*, New York, 1962.

<sup>38</sup> Il vocabolo viene dal tardo latino *hendiadys*, una figura retorica tratta dall'etimo greco: *hèn dià dyoîn* ("una cosa per mezzo di due").

<sup>39</sup> P. S. de Laplace, *Essai philosophique sur les probabilités*, cit.

<sup>40</sup> Nella cinetica dei gas, l'equilibrio entropico è l'effetto collettivo degli urti reciproci tra le molecole. Nessuna interazione si avvera, invece, tra le ibridazioni mendeliane: la loro tendenziale stabilità è un puro fatto statistico, ossia la semplice accumulazione di esiti tra loro indipendenti purché in numero sufficiente a realizzare uno stato di 'equilibrio statistico'.



singolare inizialmente trascurabile che diventa rilevante nella dimensione plurale) può apprestare un modello formale. La teoria dell'evoluzione e la teoria del caos offrono, così, paradigmi concettuali distinti alle scienze dell'uomo, quando non le si stravolga in metafisica del progresso storico, di leggi della fatale ascesa dell'umanità. Ma è pur vero che un sistema sociale, qualunque sistema sociale, ha in genere più gradi di libertà di un sistema fisico, la 'variabile umana' essendo carica di instabilità e di imprevedibilità. "L'inevitabile non accade mai, l'inatteso sempre" - commentava John Maynard Keynes dopo la crisi economica del 'ventinove'. E gli improvvisi e imprevisi rivolgimenti storici degli anni di poi non hanno mancato di offrirne ulteriori conferme.

## VIII

Come per i salti delle pulci, davanti a un aggregato di atomi di un elemento chimico radioattivo non si può sapere quale si disintegrerà per primo; né, avvenuta una disintegrazione, si può spiegare perché sia decaduto il nucleo di quell'atomo e non quello di un altro. Si può tuttavia definire - ciò che è rilevante in questa scienza - la legge statistico-matematica del degradare, nel tempo, di quell'aggregato. Né si può predire quale, tra più geni, potrà mutare, e quando; o quale genotipo uscirà da un incrocio tra due eterozigoti; ma si può prevedere - ed è legge statistica - una distribuzione di probabilità nello spazio degli esiti possibili. A condizione, naturalmente, che i costituenti elementari siano sufficientemente numerosi, affinché la tendenza si avveri. Annotava Erwin Schrödinger<sup>41</sup>: "... una legge naturale (...) perde tanto più la sua validità quanto più piccolo diventa il numero degli eventi partecipanti". E Johann Ludwig von Neumann: "L'ordine causale apparente del mondo macroscopico non ha altra origine che nella legge dei grandi numeri".<sup>42</sup> Così nei fenomeni unidirezionali non teleologici, la cui risultante empirica, nei grandi numeri, è una regolarità statistica. Una sorta di fatalità stocastica convergente. Ha scritto François Jacob: "Se si assumono come oggetto di studio i grandi numeri, non è perché le singole unità si sottraggano alla conoscenza umana, ma perché i comportamenti individuali non presentano alcun interesse"<sup>43</sup>

Non così nei processi che non convergono, dal divenire caotico dei sistemi dinamici non lineari al divenire evolutivo delle forme viventi. Nel tempo, due strutture dinamiche possono rendersi sempre più divergenti:<sup>44</sup> due traiettorie vicinissime, obbedienti a leggi rigorosamente deterministiche, possono allontanarsi con ritmo esponenziale, avviandosi verso un futuro imprevedibile al di là di un 'orizzonte temporale' che confonde ogni prospettiva. Allo stesso modo, due

<sup>41</sup> E. Schrödinger, *Was ist ein Naturgesetz?*, (Zürich, 1922), "Die Naturwissenschaften", XVII, 1, 1929 (ed. it. *L'immagine del mondo*, Torino, 1953).

<sup>42</sup> J. L. Neumann, *Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik*, Springer, Berlin, 1955.

<sup>43</sup> F. Jacob, *La logique du vivant. Une histoire de l'hérédité*, Paris, 1970; (ed. it. *La logica del vivente. Storia dell'ereditarietà*, Torino, 1971).

<sup>44</sup> Basta un sistema di tre equazioni differenziali ordinarie a dar luogo alla irregolarità caotica.

popolazioni di una medesima specie vivente dotate di un identico genoma, viventi in ambienti uniformi ma non comunicanti tra loro, tendono a seguire nel tempo evoluzioni non coincidenti per effetto della casualità combinatoria essenziale al fenomeno riproduttivo. Evoluzioni imprevedibili per intrinseca indeterminatezza. Quand'anche fossero individuate causalità specifiche, resterebbe pur sempre contingente il rapporto tra i singoli eventi e le loro conseguenze macrodimensionali, anche in termini di idoneità adattativa del vivente all'ambiente in cui si trova. Così, ammessa una causa specifica di una mutazione allelica o della sostituzione di un aminoacido in una proteina, non è teoricamente impossibile prefigurarne gli effetti. Resta però accidentale il nesso episodico tra l'accadimento iniziale e il suo esito nel vivente.

Mentre nelle popolazioni poco numerose la sensibilità alle condizioni iniziali può suscitare rapide diversioni per l'effetto erratico dell'accidentalità combinatoria (è appunto la deriva genetica casuale), nelle grandi popolazioni il cambiamento evolutivo, a meno di improvvisi rivolgimenti nei fattori extragenetici (le 'condizioni al contorno'), tende a prodursi in tempi assai più lunghi. Il caso può esser quindi artefice di instabilità o di stabilità a seconda del numero dei costituenti indipendenti del sistema. Quanto più un sistema è complesso, tanto più lungo è il tempo necessario al riproporsi, in probabilità, di una configurazione preesistente<sup>45</sup>: è la 'ricorrenza' di Poincaré, adombrata nell' 'eterno ritorno' di Nietzsche.

L'imprevedibilità degli assetti futuri non è dunque soltanto espressione di insufficiente conoscenza. Mentre, in una visione deterministica, due popolazioni a riproduzione sessuale, geneticamente identiche, viventi in ambienti non dissimili, ma non comunicanti tra loro, devono evolvere parallelamente, nella visione statistica esse non possono rimanere identiche perché la casualità genetica le differenzierà inevitabilmente nel divenire aleatorio e combinatorio delle generazioni: dalla replicazione non invariante degli acidi nucleici allo scambio di segmenti cromatidici durante la meiosi, all'assortimento indipendente dei cromosomi, all'esito diploide, nello zigote, dell'incontro dei due corredi genetici complementari; fattori, tutti, di variabilità individuale, ossia del differire sincronico tra individui omogenei di cui s'avvale l'evoluzione<sup>46</sup> nel suo divenire non lineare e non teleologico: l'esito di un *bricolage* – come dice François Jacob<sup>47</sup> – che assembla frammenti foggianti per scopi non pertinenti. Un *bricolage* stocastico, la cui indeterminatezza fa della vita, secondo Ilya Prigogine<sup>48</sup>, un evento statistico essenziale ad una storia tessuta dalla necessità delle leggi e dalla casualità delle fluttuazioni: le fluttuazioni che possono violare le tendenze medie nei punti di biforcazione.

<sup>45</sup> Un esito tanto più improbabile quanto più il sistema è complesso. Ma sempre meno improbabile con l'allungarsi del tempo.

<sup>46</sup> E tuttavia il determinista dogmatico può sempre osservare che, se le popolazioni divergono, è per il sussistere di diversità nascoste nelle condizioni iniziali, amplificate nel tempo. La diversità subentrerebbe ugualmente - è pronto a replicare l'indeterminista scettico. Gnoseologie inconciliabili.

<sup>47</sup> F. Jacob, *Le jeu des possibles*, 1981 (ed. it. *Il gioco dei possibili*, Milano, 1983).

<sup>48</sup> I. Prigogine, *From being to becoming*, 1978 (ed. it. *Dall'essere al divenire*, Torino, 1986).

Nel divenire della vita, il giocare del caso con la necessità tocca un elevato grado di aleatorietà e di incertezza. Nell'ordine macroscopico di grandezza la novità di un evento elementare può restare 'mediata' dalla inerzialità empirica dell'insieme. Ma può accadere che un microevento fortuito superi la barriera degli altri microprocessi e il sistema ne accolga e ne esalti il salto innovativo casuale. Così emergendo, gli effetti di quel mutamento elementare interrompono la sequenza del divenire e ne avviano una nuova. Ancora la 'fatalità statistica', ma non più convergente. La grande catena deterministica dell'essere, che Laplace estendeva dal grande al piccolo, dal passato al futuro, si rompe così in segmenti finiti, ognuno dei quali può essere inteso deterministicamente nei propri limiti temporali<sup>49</sup>. Se non nelle storie dell'uomo, questo canone di lettura è entrato nella storia naturale delle specie; essa non segue un cammino univoco e necessario, implicito nei dati iniziali. Altrimenti, la variabilità individuale non avrebbe alcun senso, e non si capirebbe il perché della grande riserva inadempita di diversità latente racchiusa nel genoma di una specie, di cui la specie realizza, ancora a caso, una minima parte, giocando fra le alternative combinatorie di polimeri lineari<sup>50</sup> comprendenti un numero elevatissimo di esiti virtualmente possibili. Non si capirebbe perché il numero di differenti individui che possono avverarsi sia immensamente più grande di quello che in concreto si avvera. Ancora un giocare del caso, nel tempo.

## IX

Per tutta una linea di pensiero, da Leibniz ad Einstein e ad altri ancora, il tempo esiste solo nella nostra mente. E così il caso, quando sia declinato in termini psicologico-soggettivistici. Ritorna l'antico dilemma: \_ categoria ontica o categoria epistemica, gioco della natura o gioco della scienza? Pensiero delle cose; come suggeriscono i fenomeni del micromondo fisico e sanciscono senz'ombra di dubbio gli eventi profondi del divenire della vita, o soltanto pensiero dell'uomo, come da più parti ancora si pretende? "Il caso sbuca a ogni angolo di strada del senso" - scriveva Charles Sanders Peirce<sup>51</sup> sul finire dell'Ottocento, affermando la tesi di un mondo irriducibilmente stocastico. Ma cos'è il caso? È "un vero camaleonte che prende tutti i colori" - ha scritto Ernst Cassirer<sup>52</sup>. Viene inteso, ora come assenza di cause, ora, all'opposto, come molteplicità indiscernibile di cause indipendenti: dal caso combinatorio di Boltzmann che volge la freccia termodinamica del tempo, al caso di Heisenberg, che insorge a livello quantico nel momento dell'osservazione, della misura, al caso di Monod, che turba un ordine ripetitivo e genera variabilità salvando le specie, al caso essenziale che ispira la

<sup>49</sup> L'argomento è trattato in profondità e con acutezza dal biofisico Mario Ageno. (M.Ageno, *Punti di contatto tra fisica e biologia*, Accademia Nazionale dei Lincei, Quaderno 174, Roma, 1972).

<sup>50</sup> Lineari in senso topologico.

<sup>51</sup> C. S. Peirce, *Reply to the necessitarians*, "The Monist", 3, 1893.

<sup>52</sup> E. Cassirer, *Determinismus und Indeterminismus in der modernen Physik*, Göteborg, 1937, (ed. it. *Determinismo e indeterminismo nella fisica moderna*, Firenze, 1970).

combinatoria naturale di Jacob; al caso di Prigogine<sup>53</sup>, che scatena il caos creatore e sembra intessere una ‘nuova alleanza’ tra uomo e natura. E sempre ritorna il dubbio di Poincaré<sup>54</sup>: il dilemma tra incertezza soggettiva e oggettiva indeterminatezza. La risposta della scienza è il calcolo delle probabilità: teoria matematica e metafora del gioco. Una metafora radicatasi a tal punto che è denominato ‘metodo MonteCarlo’ - con allusione al casinò - un raffinato strumento metodologico che simula la casualità giocando sul computer in una varietà illimitata di situazioni aleatorie. Una nuova sintassi per una semantica nuova. “Ogni pensiero esprime un lancio di dadi” - recita un passo di Mallarmé. Sono stati i dadi, a dir vero, a suscitare il pensiero. Dalla ‘riscoperta’ delle leggi di Mendel, diventate paradigmi di processi del mondo vivente, i metodi e i risultati di quel geniale dilettante hanno segnato l’irreversibile svolta stocastica della biologia darwiniana in tutti i suoi meravigliosi sviluppi.

Una versione ricorrente nella storia del pensiero - da Spinoza a Cournot, da Bergson a Monod - vede il caso, il “caso essenziale”, nell’intersezione di due sequenze causali indipendenti. Una intersezione tanto accidentale quanto inesorabile. E si tramanda l’esempio della tegola che cade innocente dal tetto sull’ignaro passante, o dell’urto fatale tra il martello sfuggito al carpentiere Dubois e la testa del medico Dupont. Già Aristotele aveva tratto l’accidentalità dall’incontro di due catene di eventi l’un l’altra estranee, e addotto l’esempio di chi, scavando un terreno per piantarvi un albero, vi trovi un tesoro, o di chi giunga all’isola di Egina senza intenzione perché sospintovi dalla tempesta o dai pirati. C’è caso, allora, caso essenziale, anche nell’impatto tra un oggetto cosmico e il nostro pianeta (come nella catastrofe di Tunguska), o nell’imbattersi di Orazio nel rompicatole della satira nona: “*Ibam forte via sacra, sicut meus est mos, / nescio quid meditans nugarum, totus in illis: occurrit quidam...*”. E nell’avverbio - *forte* - è resa icasticamente tutta l’accidentalità di quell’incontro non gradito.

Ma nemmeno tali coincidenze, in cui s’usa riconoscere il requisito dell’indipendenza, se non quello dell’imprevedibilità teorica, sembrano del tutto escludersi a una lettura deterministica, se non addirittura finalistica: il caso come fato. E si potrebbe configurare un contesto comprendente entrambi i tracciati causali, in modo da intenderli come non indipendenti entro un sistema che li integri. Ecco l’interferire di due traiettorie deterministiche disgiunte assumere ora i tratti dell’accidentalità, ora quelli della necessità, a seconda dello schema ideale sottinteso. Dove taluno vede casualità essenziale, irriducibile contingenza, altri può vedere causalità nascoste, mascherate da un’evidenza aleatoria.

Cosa sono allora gli schemi di riferimento, se non allegorie formali non sempre sottratte alle componenti di suggestione interne al rapporto tra l’uomo e il fortuito? Se sorteggiamo una pallina da un’urna che ne racchiude centomila, numerate in corrispondenza biunivoca con i primi centomila numeri della serie naturale, qualunque sia il numero uscito, fra i possibili, restiamo del tutto indifferenti. Ma se, a sorteggio avvenuto, apprendiamo che quella pallina era l’unica di colore rosso

<sup>53</sup>I. Prigogine, I. Stengers, *La nouvelle alliance*, Paris, 1979 (ed. it. *La nuova alleanza*, Torino, 1981).

<sup>54</sup>H. Poincaré, *Science et méthode*, cit.

contenuta nell'urna, tutte le altre essendo bianche, non possiamo nascondere la nostra sorpresa per l'avverarsi di un evento al quale tutte le scuole di probabilità e il senso comune attribuiscono una sola possibilità fra centomila. Eppure, è sempre quella pallina, il medesimo oggetto: quello stesso che, prima, non aveva suscitato in noi reazione alcuna. Un fatto del mondo assume dunque diverso valore epistemico perché è diverso il nostro canone di lettura. "Nel descrivere il mondo la soggettività è un vizio"- ammoniva Bertrand Russell<sup>55</sup>.

Un dado è lanciato. Il suo cadere e ricadere è scomponibile in una successione di eventi causalmente determinati. È un corpo di forma cubica, dotato di massa, soggetto alle leggi classiche della gravità, dell'elasticità, dell'attrito, dell'inerzia. Basta una minima variazione in un angolo di incidenza per avviare una diversa catena causale e spesso un diverso esito. 'Caos deterministico', allora? Ma caos non divergente: in una lunga serie di lanci di quell'oggetto esaedrico, se il centro di simmetria coincide con il centro di gravità, le frequenze degli esiti di ciascuna delle sei facce tendono di fatto a convergere verso un medesimo valore di probabilità statistica.

Dov'è il caso nel dado che ruzzola? È l'insorgenza aleatoria che insidia un sistema deterministico - nei termini della teoria del caos (dell' 'effetto farfalla', per dirla con Edward Lorenz)<sup>56</sup> - rompendo un ordine, intaccandone la predicibilità (individuale)? O è il costituente essenziale di un sistema non deterministico, all'interno del quale apporta, nelle dovute dimensioni empiriche, regolarità e prevedibilità (collettiva)? Al cambiare del modello formale, cambia la risposta. Una prova, questa, dell'ambiguità del quesito? Non necessariamente. Alla domanda: 'Come fa Plutone a sapere che il Sole è là?', o alla domanda: 'Come fa la particella a lasciar credere di essere passata per entrambe le fenditure?', la fisica teorica<sup>57</sup> dei nostri giorni non sembra dare risposte univoche.

## X

L'antinomia tra 'causa' e 'caso', tra la presunta dignità ontologica dell'una e la pretesa\_\_precarietà epistemologica dell'altro, trova una prima ragione nell'incombere del sapere comune sul sapere scientifico, della consuetudine sulla razionalità. Eppure, come l'idea di caso, anche idea di causa sembra confondersi e tanto più svanire quanto più circostanziata è la definizione degli antecedenti di un evento. Un fatto del mondo è sempre un *unicum* irripetibile; ed è la non riproducibilità delle condizioni in cui essi accadono singolarmente a dare al concetto di causa un significato convenzionale. Senza astrazioni classificatorie, è altrettanto indefinito del concetto di caso. È la formale ripetitività che ne consegue

<sup>55</sup> B. Russell, *Human knowledge. Its scope and limits*, New York, 1948; (ed.it. *La conoscenza umana. Le sue possibilità e i suoi limiti*, Milano, 1963).

<sup>56</sup> E.N. Lorenz, *Deterministic nonperiodic flow*, "Journal of Atmospheric Sciences", 20, 1963.

<sup>57</sup> Essa s'avvale delle teorie con la consapevolezza della loro essenziale strumentalità: considera l'elettrone ora come onda ora come particella; è 'deterministica' quando tratta il macrocosmo nella geometria della relatività generale, è 'indeterministica' quando tratta il microcosmo nell'algebra della meccanica quantistica.

a farne un'abitudine affinata dalla selezione naturale, dall'opportunismo adattativo della specie, di ogni specie vivente. Un'attitudine mentale - asseriva Hume - assunta a *regula philosophandi*. E forse la si carica di valori ontici perché più antropomorfa: quasi una 'verità familiare', alla Mill, suggerita dalla regolarità di certe ricorrenze. Regolarità classificatorie, e, in quanto tali, conoscenza. Come identificare altrimenti, evitando la trappola dell'irripetibilità, eventi-causa ed eventi-effetto, senza intenderli quali classi di enti empirici, eguali eppur diversi? Se tutti gli antecedenti di un accadimento fossero rigorosamente definiti, senza idealizzazioni semplificanti, come postulare il riprodursi immodificato di una data combinazione di fattori?<sup>58</sup>

Altrettanto può dirsi del concetto di caso, quand'esso sia inteso come concorso di molteplici fattori causali, ogni molteplicità essendo per se stessa irripetibile. La ripetibilità attiene ai macroeventi, viene dal sussistere di più microeventi compatibili con un medesimo macroevento. Così nell'esito del lancio di un dado, sotto l'aspetto del presentarsi di una certa faccia: un risultato riproducibile; non altrettanto facilmente la particolare sequenza causale a cui esso consegua. "Non puoi entrare due volte nello stesso fiume" - avvertiva Eraclito. "Due cose in tutto identiche non possono esistere nel reale" - riprendeva Leibniz. È il pensiero a farle identiche, è il linguaggio. Donde il nome comune, il numero naturale, le classi sulle quali la scienza fonda le proprie leggi, riducendo gli oggetti concreti in oggetti astratti. Nessun evento si ripete senza ridurre fatti a simboli, cose a idee, pluralità a tipologie. Ed è in tali contesti che la probabilità assume un valore euristico. "Qualsiasi conoscenza noi abbiamo - ha scritto Bertrand Russell - o è conoscenza di fatti particolari, o è conoscenza scientifica"<sup>59</sup>. Ebbene, l'artefatto galileano idealizzato nell'esperimento e l'evento statistico tipizzato nelle popolazioni non sono 'fatti particolari'.

Le spiegazioni causali sono tuttavia le più appaganti, come vuole l'antico *scire per causas*. È certamente più immediato ricondurre un fatto a un altro fatto, riconoscere, categorizzando, antecedenti fenomenici (ancora una regola della tradizione: *omne quod movetur ab alio movetur*). La causa, in altre parole, ha una sua rassicurante fisicità di superficie. Non così il caso, più indefinibile nei suoi contenuti, più insensibile alla nostra pretesa di certezza, alla nostra ricerca di una necessità sconosciuta. Ed è vero che molti tentativi di dare un contenuto alla casualità sconfinano malamente nella metafisica. Ma non avviene altrettanto quando si vuol definire coerentemente la causalità? Limitarsi alla dimensione epistemologica è forse il miglior partito. Ma per entrambi i concetti.

Tra le posizioni di chi fa del caso una convenzione provvisoria, in attesa di decifrare le cause soggiacenti, e di chi ne fa un punto intellettuale di non ritorno, si colloca un enunciato di senso comune quasi nascosto in una pagina dei *Secondi Analitici* aristotelici: "Nulla di ciò che avviene a caso si presenta in vista di qualcosa". Casualità, dunque, come assenza di finalità. Ma certo era lontana dal

<sup>58</sup>Ha scritto Bertrand Russell: "La legge di causalità, come molto di ciò che viene apprezzato dai filosofi, è il relitto di un'età tramontata e sopravvive, come la monarchia, perché si ritiene erroneamente che non rechi danno". (B. Russell, *On the concept of cause*, "Proceedings of the Aristotelian Society", I, 1912).

<sup>59</sup>B. Russell, *The scientific outlook*, London, 1931; (ed. it. *La visione scientifica del mondo*, Roma-Bari.

logico di Stagira l'idea di una cadenza empirica dell'evento casuale, di un insospettato ordine naturale nelle risultanti di ciò che accade senza finalità.

Sono passati ventiquattro secoli, e il concetto di caso suscita ancora perplessità. E quante dispute, passate e recenti, giunte a coinvolgere il calcolo, a suscitare una varietà di orientamenti e di schieramenti. Che dibattono intorno a una medesima parola - 'probabilità' - intendendola in accezioni diverse, in contesti diversi e con diversi intenti. E perciò fraintendendosi. Donde le tante scuole di pensiero. Ha scritto Werner Heisenberg<sup>60</sup>: "La funzione di probabilità contiene l'elemento oggettivo della tendenza e quello soggettivo della conoscenza incompleta". È quell'elemento soggettivo a suscitare problemi e contrasti; ed è quell'elemento oggettivo a dettare l'irreversibilità e la prevedibilità di fenomeni dovuti a innumerevoli eventi elementari reversibili e imprevedibili. "La descrizione statistica - ha scritto Ilya Prigogine<sup>61</sup> - introduce i processi irreversibili e la crescita dell'entropia; essa però non deve nulla alla nostra ignoranza o a un qualunque altro elemento antropocentrico, ma riflette semplicemente la natura dei processi dinamici". "Sostenendo la casualità della sequenza degli aminoacidi in un polipeptide - ha scritto Jacques Monod<sup>62</sup> - non si confessa la propria ignoranza, ma si esprime una constatazione di fatto". Altrettanto esplicito Ernst Cassirer: "La conferma positiva dei risultati del calcolo della probabilità dall'esperienza prova che il caso è cosa del tutto indipendente dall'uomo e dal suo sapere; che esso dev'essere qualcosa di dato oggettivamente nella natura".<sup>63</sup>

## XI

Ad Andrej Nicolaevic Kolmogorov<sup>64</sup>, l'ideatore di una coerente teoria assiomatica della probabilità capace di evitare, nel suo ridursi a sintassi, i troppi dubbi semantici, e a Gregory J. Chaitin<sup>65</sup>, si deve un tentativo di definizione aritmetica della casualità intesa come 'incomprimibilità algoritmica', come irregolarità strutturale di una sequenza di numeri naturali. Una sequenza in cui, se la numerazione è decimale, nota una qualunque cifra, la misura della probabilità di indovinare la cifra immediatamente successiva non è superiore a  $p=0,1$ ; se la numerazione è binaria, non è superiore a  $p=0,5$ . Casualità, nel senso di non riducibilità a un ordine convenzionale, a una regola di successione espressa da un numero di vincoli inferiore al numero dei termini.

Un messaggio è aleatorio, questo l'enunciato, quando non è riducibile a un numero di vincoli minore del numero dei dati. La casualità di una successione di elementi, questa la conclusione, non può essere dimostrata. Una conclusione alla Gödel.

<sup>60</sup> W. Heisenberg, *Physics and philosophy*, London, 1958 (ed. it. *Fisica e filosofia*, Milano, 1961).

<sup>61</sup> I. Prigogine, *La fin des certitudes. Temps chaos et lois de la nature*, Paris, 1996.

<sup>62</sup> J. Monod; *Le hasard et la nécessité. Essai sur la philosophie naturelle de la biologie moderne*, Paris, 1970 (ed. it. *Il caso e la necessità. Saggio sulla filosofia naturale della biologia contemporanea*, Milano, 1970).

<sup>63</sup> E. Cassirer, *Determinismus und indeterminismus in der modernen Physik*, Go'teborg, 1937.

<sup>64</sup> A. N. Kolmogorov, *Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitsrechnung*, Berlin, 1933.

<sup>65</sup> G. J. Chaitin, *Randomness and mathematical proof*, "Scientific American", 5, 1975.

“Dio talvolta gioca a dadi con i numeri interi” - sarà il commento di Chaitin<sup>66</sup>. Forse un contributo alla teoria dei numeri, non alla definizione della casualità. Identificata, appunto, nell’assenza di un ordinamento, come nelle tavole di ‘numeri aleatori’: quelle tavole, ha scritto argutamente Marc Kac<sup>67</sup>, che non necessitano di *errata corrige*.

La domanda è se l’accidentalità sia da ricercarsi nella struttura formale o nel procedimento donde proviene; se un evento, un dato, una successione, debbano dirsi casuali per il loro aspetto o per la loro genesi. Le cifre, a destra della virgola, del numero  $\pi$ , o di altri numeri irrazionali, quali la radice quadrata di 2, o il numero  $e$ , sono irriducibili, e quindi da ritenersi casuali nel significato premesso, sino a che non vi si riconoscano gli algoritmi donde hanno origine, così da riassumerle in una sola informazione. Il caso, ancora, come incapacità di scoprire regolarità nascoste. Lanciando dieci volte una moneta non truccata, il numero delle possibili uscite di una delle due facce, ad esempio ‘testa’, descrive una variabile aleatoria discreta costituita dai numeri naturali da zero a dieci. Fra gli undici esiti possibili, ciascuno dotato di una propria probabilità  $p > 0$ , v’è pure l’apparizione di ‘testa’ in tutti i lanci: una successione perfettamente ordinata e riducibile a una regola molto semplice, a un solo vincolo. Ancorché dovuta a una procedura aleatoria, tale successione sarebbe allora da ritenersi assolutamente non casuale.

Così pure sul pallottoliere statistico, dove la prassi di certe inferenze ipotetico-deduttive suggerirebbe di sospettare la non completa casualità di quell’esito considerandone l’irrisoria probabilità: nell’ipotesi di un ugual grado di avverabilità degli eventi elementari (‘testa’, ‘croce’), essa vale, infatti, un milleventicquattresimo. Un criterio empirico, è ovvio, non definitorio. Ma non sussisterebbe motivo di dubitare, ad esempio, dell’accidentalità del risultato ‘cinque volte testa e cinque volte croce’, la cui probabilità è duecentocinquanta due volte maggiore di quella; e può presentarsi, nel succedersi dei lanci, in altrettante permutazioni possibili: microstati tutti compatibili con quel macrostato combinatorio. Indicando con 0 croce e con 1 testa, alcune successioni di tali cifre sono perfettamente comprimibili, ossia riducibili a una regola; non così le altre.

L’identificazione della casualità nella ‘irregolarità’, intesa come non riconoscibilità di uno schema, introduce dunque un’ambiguità irresolubile. E non è la sola. Perché si allude alla casualità per intendere imprevedibilità: imprevedibilità di un ignoto non univocamente determinato. Un ulteriore equivoco. Esistono infatti fenomeni deterministici imprevedibili, e fenomeni indeterministici prevedibili: resi prevedibili dalla loro casualità intrinseca. È quanto accade nei processi irreversibili che trovano nel secondo principio della termodinamica una traccia unificante. Il passaggio del calore, lo scambio di energia cinetica tra le molecole, ha la stessa irreversibilità statistica del disordine delle carte da gioco quando siano mischiate. Casualità non è sempre sinonimo di imprevedibilità. Per contro, causalità non comporta necessariamente prevedibilità. Un sistema dinamico perfettamente determinato e deterministico può risultare imprevedibile nella proiezione

<sup>66</sup> G. J. Chaitin, *Algorithmic information theory*, Cambridge, 1987.

<sup>67</sup> M. Kac, *Enigmas of chance*, New York, 1985 (ed. it. *Gli enigmi del caso*, Torino, 1986).



temporale; tanto più imprevedibile quanto più è sensibile alle condizioni iniziali, a ogni minima variazione in qualche coordinata del sistema.

Dalla chimica dei processi alla dinamica dei fluidi, dalla meteorologia all'astrofisica, sono osservabili fenomeni soggetti, nel tempo, a una crescente complessità caotica. All'origine di complessità di tal genere Henri Poincaré vedeva celarsi il caso e i conseguenti fattori di imprevedibilità a lungo termine dell'evolversi di sistemi dinamici non lineari. Un caso che si annida nelle condizioni iniziali. E così, mezzo secolo più tardi, David Ruelle<sup>68</sup>. "Nei fenomeni caotici - sono sue parole - l'ordine deterministico crea dunque il disordine del caso". Il caso che Ruelle vede svolgere "... un ruolo centrale nella comprensione della natura delle cose". Si deve allora distinguere. C'è l'indeterminatezza dell'evento individuale, che la casualità immanente traduce in regolarità statistiche per il comporsi inerziale di innumerevoli eventi individuali: così nell'agitazione termica. C'è l'indeterminatezza dei sistemi dinamici, il caos innescato da un piccolo accadimento, amplificato dalla catena deterministica, nelle nuvole come nelle stelle: ovunque una microscopica fluttuazione può generare una macroscopica turbolenza. E c'è, infine, l'indeterminatezza degli insiemi statistici: è la fattispecie dell'evoluzione biologica, che trae la premessa del divenire diacronico dalla immanente variabilità individuale, ossia dal differire sincronico tra i viventi.

In tale variabilità - nella sua genesi, che affonda nel caso, nella sua funzione, che s'impronta alla necessità - si è rivelata una nuova immagine della natura. Un'immagine che tuttavia ha tardato a darsi una coerente spiegazione. Se Clausius<sup>69</sup> e Maxwell<sup>70</sup> trattavano l'energia cinetica di una popolazione molecolare introducendo i concetti di velocità media e di libero cammino medio, e raffigurando il profilo distributivo dei valori individuali alla stregua del modello formale di Laplace-Gauss, così da aprire la via a una fisica non più deterministica, Quételet<sup>71</sup> riduceva allo stesso modello la variabilità individuale di taluni caratteri antropometrici, per riannodare i fili ormai spezzati di un determinismo sempre più vago e sfuggente. In quanto conformi alla distribuzione delle replicate misure strumentali di una grandezza unica, le differenze quantitative tra gli uomini apparivano errori di approssimazione, scarti da un valore ideale: "*maladresses*" di una natura intenta a realizzare il prototipo in cui si perpetuerebbe, immutata e immutabile, la specie umana: l'"uomo medio". Il credente Quételet ne era esaltato: quel valor medio azzerava gli errori commessi dalla natura nell'attuare il disegno divino. Grazie alla media aritmetica, il creazionismo era dunque salvo! Altra sarà l'interpretazione razionale di quel profilo distributivo, quando le scienze naturali vedranno inverarsi nella variabilità individuale di quei caratteri il 'teorema fondamentale della convergenza stocastica': la risultante asintotica

<sup>68</sup>D. Ruelle, *Deterministic chaos: the science and the fiction*, "Proceedings of the Royal Society", 427, London, 1990.

<sup>69</sup>R. Clausius, *Abhandlungen über die mechanische Wärmetheorie*, "Annalen der Physik", 125, Leipzig, 1865.

<sup>70</sup>J. C. Maxwell, *Illustration of the dynamical theory of gases*, London, 1860, "Philosophical Transactions of Royal Society of London", X, London, 1890.

<sup>71</sup>A. L. Quételet, *Recherches statistiques*, cit.

dell'assommarsi degli effetti di molteplici fattori indipendenti di variabilità, genetici e ambientali.

Nelle popolazioni umane, nella loro latente variabilità biologica e sociale, Quételet vedeva le tracce di un superiore equilibrio, che ristabilisce nella pluralità l'ordine individualmente violato. La probabilità statistica diventava in tal modo la logica e l'etica di un trascendente fato collettivo intento a decidere le categorie, ma indifferente ai destini dei singoli, lasciati al caso. Dunque, un provvidenziale determinismo statistico, che riportava la stabilità dell'insieme in avvenimenti senza regola apparente. Se Maxwell<sup>72</sup>, aveva tratto la conclusione che "... la logica per questo mondo è il calcolo delle probabilità", Quételet aveva fatto della probabilità lo strumento per domare la variabilità ed estendere al fenomeno umano il canone classico della scienza, Il canone che Laplace aveva creduto di salvare adducendo le probabilità come ripiego epistemico.

---

<sup>72</sup> J. C. Maxwell, *Dynamical theory of gases*, cit.

## XII

La disputa circa l'oggettività del caso imbarazza ancora la cultura, non meno di quella sull'oggettività del tempo. Una lunga tradizione di pensiero ha preteso di escludere il casuale dal contesto del razionale. Le figurazioni atomistiche\_ di Democrito ("...che 'l mondo a caso pone", dice il verso dantesco) e le fantasie accidentalistiche di Empedocle si spensero come faville isolate; e così le intuizioni di Epicuro; le sue *Epistole* (a Erodoto, a Pitocle, a Meneceo) sono cosparse di pur vaghe illuminazioni: dal dualismo caso-necessità a quella suggestiva *parenklisis*, che Lucrezio volgerà, poi, in *clinamen*<sup>73</sup> rendendone in sublime poesia l'arcana indeterminatezza: "...*id facit exiguum clinamen principiorum /nec regione loci certa nec tempore certo*"<sup>74</sup>. Altrettanto avverrà nell'età (e nella terra) dei Lumi. Eppure i calcoli di probabilità in genealogie che brillano in taluni scritti anonimi (e contrastati) di Pierre-Louis de Maupertuis, o gli azzardi filosofici che valsero a Denis Diderot un non breve soggiorno alla 'Bastille', anticipavano le future svolte eversive di un nuovo sapere: i fermenti indeterministici di un suo audace *Entretien*<sup>75</sup> fioriranno assai più tardi. Bagliori, anch'essi, rimasti nascosti nell'ombra di una monumentale teosofia pronta a respingere l'idea che la realtà non è l'unica possibile, che evento è ciò che può non accadere, che non si può prevedere l'evento, bensì la sua probabilità.

Se a taluni filosofi naturali il presente poteva apparire l'unico - quando non, panglossianamente, il migliore - dei mondi possibili, se Buffon era giunto a suggerire: "tutto ciò che è possibile, è", Diderot lasciava intendere un assunto assai eversivo per l'epoca: tutto ciò che è, poteva non essere. Non più cedimenti al fissismo, non più finalismo alcuno: l'immenso, continuo, mai concluso gioco combinatorio di una natura sempre in via di cambiamento, seppure in tempi così lunghi da offrire all'uomo l'ingannevole aspetto della stabilità. Come la rosa di Fontenelle. Dunque, una concezione non deterministica della natura: una natura non preordinata e non finalizzata. "*Par hasard*"- osava Diderot<sup>76</sup>. E per sfidare gli incanti di certo compiaciuto antropocentrismo azzardava la metafora del *clavecin sensible*, che in un momento di delirio pensa di essere l'unico clavicembalo esistente, l'unico depositario di tutta l'armonia dell'universo.

Sul fronte avverso alla tesi di una casualità immanente si sono trovate affiancate, in ogni epoca, ideologie di segno opposto, nella filosofia e nella scienza. Una natura che si trastulla col caso e una cultura che adduce probabilità riescono ugualmente sgradite al provvidenzialismo deterministico e al determinismo meccanicistico.

<sup>73</sup> Il vocabolo greco *parenklisis* (Epicuro) e il vocabolo latino *clinamen* (Lucrezio) stanno per 'inclinazione da un lato' nel senso del deviare di un corpuscolo dal proprio percorso rettilineo verso il basso e nell'urtare improvviso altri corpuscoli: unioni casuali dei costituenti della materia (gli *atomoï* di Leucippo e Democrito) capaci di formare le cose, i corpi... *Clinamen* è vocabolo spesso rievocato, in questi ultimi tempi, soprattutto dai filosofi della scienza.

<sup>74</sup> Lucrezio, *De rerum natura* (II, 291-292).

<sup>75</sup> D. Diderot, *Entretien entre D'Alembert et Diderot*, cit.

<sup>76</sup> D. Diderot, *Le rêve*, cit.

Anche nell'età dei Lumi, l'ipotesi di una casualità naturale era rifiutata con pari fermezza dall'enciclopedista Jean-Baptiste d'Alembert ("la natura ignora il caso" - era il suo assunto) e dall'anti-illuminista Joseph de Maistre ("non si parli mai di caso" - era il suo monito). Ora come allora il distinguo tra scienza e mitologia non è nei contenuti: è nel metodo. E il metodo di molte scienze positive parla ormai il linguaggio della probabilità.

Le leggi di queste scienze non prevedono l'evento singolo. Non codificano la traiettoria di una particella: traggono la risultante collettiva dei movimenti di un insieme di particelle; non anticipano il nucleo atomico che sta per decadere: definiscono i tempi del ridursi di un aggregato di atomi radioattivi; non indovinano il prossimo genotipo: determinano la distribuzione di probabilità dei genotipi possibili; non presagiscono una linea evolutiva: identificano gli algoritmi del tramandarsi e del rinnovarsi della vita lungo le generazioni di una specie. Non predicono il nucleotide che muterà, l'elettrone che cambierà orbita: colgono la cadenza statistica di una mutazione, di un salto quantico. Anche se fossero perfettamente conosciute, a un dato istante, tutte le coordinate di quei sistemi, non sarebbe possibile dedurne lo stato in un istante diverso. Null'altro si può inferire che le probabilità dei possibili stati, quando siano prefigurabili. Ha scritto Einstein<sup>77</sup> "Le leggi della fisica quantistica non governano le vicende nel tempo di oggetti singoli; esse governano le variazioni della probabilità nel tempo".

E l'evento individuale, allora? Come prevedere la sorte di un fotone, il destino di un allele, il salto di una pulce? Domande estranee a questi saperi. E tuttavia senza risposta teoretica al di fuori di una logica statistica; senza soluzione empirica al di là della probabilità statistica, intesa come riduzione all'individuale di una proprietà d'insieme: un numero reale, nell'intervallo da zero a uno, atto a graduare la tendenziale avverabilità del singolo accadimento. Forse, la razionalizzazione di una rinuncia. Ma una rinuncia che è una scelta: l'intuizione statistica della natura. Senza questa grande intuizione le scienze naturali non avrebbero saputo andare oltre l'evento singolo, che non è la fattispecie del sapere scientifico; non avrebbero potuto conquistare idee tanto importanti: l'idea di irreversibilità, l'idea di evoluzione. Intuizioni venute con la biologia evoluzionistica, con la genetica di popolazioni: scienze intente a trattare pluralità (di nucleotidi, di geni, di cromosomi, di viventi.) e a coglierne le proprietà statistiche.

A sua volta, la fisica ha imparato a leggere i fenomeni del calore e quelli della radioattività nei termini di una nuova grammatica, popolazionistica e accidentalistica: in una parola, statistica; e dalla fenomenologia cresciuta sui *quanta*, adottati da Planck per decifrare lo spettro di emissione del corpo nero, ha appreso la sintassi di una nuova meccanica<sup>78</sup>: una meccanica - sanciva Max Born<sup>79</sup>

<sup>77</sup>A. Einstein, L. Infeld, *The evolution of physics*, Princeton, 1951 (ed. it. *L'evoluzione della fisica*, Torino, 1953).

<sup>78</sup>È significativo che, trattando di meccanica quantistica nel terzo volume del *Postscript to the logic of scientific discovery*, Karl Raymund Popper ricorra, sin dal titolo, alla parola 'scisma', per renderne tutta l'eversiva novità (K. R. Popper, *Quantum theory and the schism of physics*, 1982; ed. it. *Poscritto alla logica della scoperta scientifica*, III, Milano, 1984).

<sup>79</sup>M. Born, *Natural philosophy of cause and chance*, Oxford, 1949 (ed. it. *Filosofia naturale della causalità e del caso*, Torino, 1961).

- "... che non ha pregiudizi deterministici ed è completamente statistica". Una scienza di cui Albert Einstein riconosceva senza grande entusiasmo: "essa tratta unicamente di aggregati e le sue leggi valgono per le moltitudini, non per gli individui"<sup>80</sup>. Così nell'interpretazione quantistica di Copenhagen, dettata da Niels Bohr, nell'indeterminazione di principio formulata da Heisenberg, nella traduzione, con Born, della funzione d'onda in una distribuzione di probabilità; la materia si traduce in 'campo' (inteso come insieme di valori) e l'intensità del campo - il modulo quadrato della funzione d'onda *psi* - misura una probabilità; che è la probabilità di trovare, entro un certo spazio, il costituente osservabile dell' 'onda di probabilità': la particella quantica. "Ormai - argomentava Max Born - l'ordine delle idee si è capovolto: il caso è diventato la nozione principale, la meccanica un'espressione delle sue leggi quantitative, e la schiacciante evidenza della causalità con tutti i suoi attributi nell'ambito dell'esperienza ordinaria viene spiegata in modo convincente dalle leggi statistiche dei grandi numeri". Ed Erwin Schrödinger<sup>81</sup> "La ricerca fisica ha dimostrato inequivocabilmente che la grande maggioranza dei fenomeni, il cui svolgimento regolare e invariabile aveva indotto a stabilire il postulato della causalità generale, ha per radice comune di ogni rigida regolarità osservata il caso". A sua volta, Arthur Eddington metteva opportuni paletti: "Qualunque significato possa avere la probabilità in altri campi del pensiero, in fisica la probabilità è essenzialmente un concetto statistico; vale a dire, è definita da una frequenza in una classe di eventi". E aggiungeva: "Probabilità è termine spesso usato senza che implichi un concetto statistico, rispetto a una nostra aspettativa o a una nostra credenza: quando è usato in questo senso, non può far parte di una asserzione scientifica". Dove per 'fisica' si può intendere 'natura' (secondo l'etimo *physis*), così da non escludere il pensiero biologico, in cui il sovvertimento culturale suscitato dalla scoperta dei fattori della variabilità naturale e della irriducibile indeterminatezza dell'evolversi delle specie non ammette ritorni. È stato l'evoluzionismo darwiniano<sup>82</sup> a guardare alla variabilità individuale nelle popolazioni viventi come a una condizione statistica essenziale al divenire; ad abbattere lo steccato idealistico tra uomo e natura, a intendere il cambiare delle forme viventi come un processo non deterministico, senza tipologie prefissate; a ridurre ai suoi limiti convenzionali la grandiosa visione del mondo, di cui Laplace aveva scritto l'apologia non sospettando di dettarne l'epitaffio. È stato il probabilismo mendeliano a trovare l'algoritmo per decifrare, poi, la 'stele di Rosetta' dell'alfabeto in cui è scritto il segreto della memoria biochimica che lega le generazioni di una specie e ne trasmette il messaggio come in un lancio di dadi, così da apprestare il linguaggio di una nuova razionalità. Il linguaggio di una cultura bionaturalistica che aveva a lungo sofferto dell'incapacità di darsi paradigmi quantitativi e formali.

<sup>80</sup> A. Einstein, L. Infeld, *The evolution of physics*, cit.

<sup>81</sup> E. Schrödinger, *Was ist ein Naturgesetz?*, cit.

<sup>82</sup> Ha scritto François Jacob: "Prima di Boltzmann e di Gibbs, Darwin aveva già adottato il punto di vista che la meccanica statistica farà proprio (...). Tutta la teoria dell'evoluzione si fonda sulla legge dei grandi numeri (...). Anche se non utilizza l'analisi statistica, Darwin ha una concezione chiaramente statistica della popolazione" (F. Jacob, *La logique du vivant*, cit.).

“Resta affidato interamente al caso – scriveva, senza esitazione alcuna, Gregor Mendel<sup>83</sup>, a commento delle sue lunghe esperienze nell’ibridazione di papilionacee - quale dei due tipi di polline si unirà con ciascuna cellula uovo. Tuttavia, per la legge delle probabilità, nella media di molti casi avverrà sempre che ogni forma di polline, *A* e *a*, si unirà con ugual frequenza a ciascuna delle forme, *A* e *a*, di cellule uovo. (...) I veri rapporti numerici possono risultare soltanto da una media tratta dal maggior numero possibile di casi individuali...”<sup>84</sup>. Dalle frequenze empiriche dei caratteri osservati, padre Mendel aveva tratto valori di probabilità statistiche, intese alla stregua dei principi e dei teoremi codificati da Jacob Bernoulli<sup>85</sup>, da Abraham De Moivre<sup>86</sup>, da Pierre-Simon Laplace<sup>87</sup>, e ne aveva dato le limpide leggi; le leggi statistiche di una scienza d’avanguardia che avrebbe esteso il paradigma mendeliano a tutte le specie sessuate, vegetali e animali. Fra questi, l’uomo. Mentre la filosofia si interrogava sulla natura della probabilità, la scienza, questa scienza, andava trovando la probabilità nella natura. Ma suscitava turbamenti; e sempre nuove reazioni alla perdita di certezza seguita al tramonto del grande sistema deterministico che aveva ispirato tre gloriosi secoli di scienza. La scienza delle cause necessarie e degli effetti inesorabili.

### XIII

Il ripudio di una casualità immanente attraversa tutta una linea dominante di pensiero<sup>88</sup>, scientifico e non scientifico. “Il caso, in definitiva, è Dio”- scriveva Anatole France quasi imitando un pensatore tanto lontano da lui, nella storia e nelle idee, quale era Bossuet (“Ciò che è caso per gli uomini è disegno per Dio”); un ritornare agli assunti di Leibniz (“All’uomo sembra caso ciò che è armonia prestabilita dalla Provvidenza”) e di Spinoza (“La natura, opera del divino, non ammette contingenza”). Ha scritto Jean Guitton, un vero *maître à penser* della cultura cattolica: “Quello che chiamiamo caso non è altro che la nostra incapacità

<sup>83</sup>G. Mendel, *Versuche über Pflanzenhybriden*, *Verhandlungen des Naturforschenden vereins in Brünn*, IV, 1866.

<sup>84</sup> Con lettere maiuscole Mendel indicava la caratteristica (allele) ‘dominante’ di un gene, con la minuscola la caratteristica (allele) ‘recessiva’. Simboli e vocaboli usati tuttora.

<sup>85</sup>J. Bernoulli, *Ars conjectandi*, Basilea, 1713 (postumo).

<sup>86</sup>A. De Moivre, *De mensura sortis*, *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 27, 1711.

<sup>87</sup>P.S. de Laplace, *Théorie analytique des probabilités*, Paris, 1812.

<sup>88</sup>Anche la folle persecuzione abbattutasi, nell’Unione Sovietica, durante gli anni quaranta e cinquanta del secolo XX, sui genetisti mendeliani - un rinnovarsi, passati trecent’anni, in modi non meno indegni e non meno tragici, del dramma di Galileo (e di non pochi altri) al cospetto della Santa Inquisizione - aveva il marchio del determinismo dogmatico. A Kolmogorov, insorto a difesa di un Vavilov, di un Cetverikov e di altre figure eroiche di scienziati, che pagarono assai cara la loro libera ricerca, si intimò il silenzio. Nessuna casualità naturale era ammessa, nell’ideologia di quello Stato assoluto, e le probabilità mendeliane erano rifiutate dalla dottrina dominante, che pretendeva si attribuissero i caratteri delle forme viventi, dal frumento all’uomo, alle sole circostanze ambientali. Il famigerato Lysenko dileggiava i principi della genetica del frate Mendel, fondati su calcoli di probabilità, e decretava: “La scienza è nemica del caso”. Come ha raccontato Zores A. Medvedev, “il dibattito sulla genetica uscì dell’ambito della discussione scientifica per divenire una discussione di carattere politico, una lotta contro immaginari nemici del popolo”. (Z.A. Medvedev, *The rise and fall of T.D. Lysenko*, Columbia, 1969; ed. it. *L’ascesa e la caduta di T. D. Lysenko*, Introduzione di A. Buzzati Traverso, Milano, 1971). Ha scritto Jean Rostand: “Il fanatismo è sempre al servizio del falso; ma anche al servizio del vero sarebbe detestabile” (J. Rostand, *Aux frontières du surhumain*, 1962; ed. it. *I miracoli della biologia*, Milano, 1970).

di capire un ordine superiore”. Un’idea diffusa. Al cospetto dell’evidente casualità combinatoria alle origini della variabilità sincronica nelle popolazioni, alcuni biologi molecolari hanno espresso in tre parole il processo da cui deriva: *Generator of diversity*, per trarne l’acronimo: *God*, Dio.

È significativo che Max Planck<sup>89</sup> - lontano dal sospettare che quel suo metodo approssimativo, dedito alle pluralità, pago di valori medi, fosse qualcosa di più di un utile espediente - dichiarasse di ripiegare su probabilità nell’attesa di rinvenire leggi capaci di ricondurre ai principi della fisica classica “fenomeni il cui decorso - scriveva - appare in balia del caso”. Ed è ancor più significativo che lo stesso Einstein, che più di tutti aveva contribuito alla lettura probabilistica della meccanica cresciuta sull’interpretazione planckiana del propagarsi non continuo dell’energia, continuasse a sperare nel rivelarsi delle ‘vere leggi causali’ celate al fondo degli enunciati statistici, e andasse perciò alla ricerca delle ‘variabili nascoste’. “Nuovi mondi si schiuderanno ai nostri occhi - ammoniva - quando avremo capito come la natura ha preparato il suo mazzo di carte”.

È un fatto che, quanto più si è cominciato a intendere qualcosa di quel mazzo di carte, con l’irrompere del caso e del tempo, tanto più si sono scompaginate le carte della metodologia scientifica e sovvertite le regole di un intero sistema di pensiero. Una rivoluzione scientifica alla quale tutta una cultura ha resistito e resiste. A cominciare da Albert Einstein<sup>90</sup>, che riteneva il tempo “...un’illusione, un’impressione soggettiva, benché ostinata”, e diffidava di ogni visione realistica del caso. (Un ritorno a Laplace, al suo vedere nel caso una “causa immaginaria” dovuta all’ignoranza delle “vere cause” considerate dalla “sana filosofia”). “Tuttavia non posso addurre - scriveva all’amico Max Born - nessun argomento logico, ma solo la testimonianza del mio dito mignolo, e cioè di un’autorità che non può incutere il minimo rispetto fuori dell’ambito della mia mano”. Born<sup>91</sup> rispondeva proclamando il suo laico convincimento nell’indeterminismo accidentalistico. Ma riconosceva a sua volta: “Questo è in me un sentimento innato”. Posizioni etiche (ed estetiche), dunque, prima e più che razionali: ciò che per Albert era, e restava, un ripiego (epistemico)<sup>92</sup> per Max era ormai un punto (ontico) di non ritorno.

Forse non può essere altrimenti quando i grandi temi della scienza vanno a toccare i grandi problemi dell’esistenza: i problemi in cui il sapere confina con il credere, la ragione con il sentimento, la gnoseologia con l’ideologia. L’antitesi tra causalità e casualità e quella tra scelta ontologica e scelta epistemologica - che spingono l’argomento ai confini del sapere scientifico - hanno suscitato battute immortali in

<sup>89</sup>M. Planck, *Wege zur physikalischen Erkenntnis*, cit.

<sup>90</sup> Egli era giunto a introdurre una “costante cosmologica” ( $\lambda$ ) nel proprio geniale sistema relativistico per impedire al sistema stesso di raffigurare un universo in espansione. Dopo le osservazioni spettroscopiche di Hubble sull’allontanamento delle galassie, definirà questa scelta “il più grave errore della mia vita”.

<sup>91</sup>A. Einstein, M. Born, *Briefwechsel, 1916-1955*, München, 1969 (cd. it. *Scienza e vita. Lettere 1916-1955*, Torino, 1973).

<sup>92</sup> La diffidenza einsteiniana verso la teoria quantistica era prima di tutto motivata dalla raffigurazione epistemico-soggettivistica datane dai più. La sua domanda “Tu davvero credi che la Luna non esista quando non la guardi?” spiega i motivi di quel deciso rifiuto. Ma se si ammette il ‘caso’ come realtà naturale, l’intuizione stocastica della natura non comporta necessariamente l’abbandono di un canone di lettura oggettivistico.

quel famoso carteggio tra giganti: una contrapposizione di canoni di pensiero che sono, prima di tutto, stati dell'animo. Dilemmi che toccano la filosofia della coscienza prima e più che la filosofia della scienza; che dicono la difficoltà di sottrarsi alla suggestione dei grandi sistemi ideali. Là, dove il distinguo tra *lógos* e *mýthos* si fa più sottile.

Ancora oggi insorgono forme di aspro rifiuto<sup>93</sup>. Un nome per tutti: René Thom<sup>94</sup>, l'ideatore della teoria matematica delle catastrofi, il quale taccia di apostasia, di diserzione, chiunque intenda sottrarsi al postulato deterministico. E scaglia anatemi contro ogni "oltraggiosa glorificazione del caso": null'altro che un abile tentativo di sopperire alle limitazioni della mente umana, il riflesso soggettivo e strumentale di una sottostante struttura deterministica, che non ammette accidentalità di sorta. Un atteggiamento diffuso in certa fisica protesa a dimostrare l'irrealtà del caso, così come certa metafisica aveva cercato di dimostrare l'irrealtà del tempo. Ma senza un tempo oggettivo e un caso oggettivo sembrano restare senza risposta gli insidiosi interrogativi alle origini della meccanica statistica. Altre e più insidiose domande non trovano risposta deterministica in ambito biogenetico. Le domande di un sapere che ha incrinato i capisaldi di una cultura preoccupata di verificare la necessità dell'esistente, e prima di tutto dell'uomo: unico soggetto in un mondo di oggetti.<sup>95</sup>

#### XIV

Se un giorno - superando la dimostrazione di Johann Ludwig von Neumann<sup>96</sup> e la disuguaglianza di John Stewart Bell<sup>97</sup>, per tacer d'altre ingegnose proposte - l'ardua scoperta di risolutivi parametri sottostanti dovesse aver luogo, e la lettura statistica di tutta una fisica (la fisica quantistica) dovesse restare una felice scelta epistemologica, non più che la scorciatoia formale di una ritrovata rappresentazione meccanicistica dei costituenti elementari della materia, tutto ciò non toccherebbe in alcun modo l'impianto stocastico di altre scienze della natura; a cominciare appunto dalla biologia, dove l'immanente spontaneità indeterministica alle origini della variabilità naturale, essenziale all'evoluzione, appare irriducibile. E dove il tempo e il caso hanno un ruolo costitutivo.

L'hanno anzitutto nei fenomeni dell'ereditarietà, nell'interminabile lotteria delle specie viventi, intente a trasmettere, rinnovandolo, il proprio messaggio genetico di generazione in generazione. Le regole formali di quel gioco, venute alla luce poco

<sup>93</sup> Rivelatrici, a questo proposito, le quindici interviste di Emile Noël ad altrettanti studiosi di un vasto arco culturale, molti dei quali orientati verso la negazione di una oggettività dell'aleatorio. Dell'idea di caso e della matematica del caso si riconosce l'utilità, senza però nascondere un certo disagio esistenziale. (E. Noël, *Le hasard aujourd'hui*, Paris, 1991; ed. it. *Aggiornamenti sull'idea di caso*, Torino, 1992).

<sup>94</sup> R. Thom, *Halt au hasard, silence au bruit*, "Le débat", 3, 1980.

<sup>95</sup> Un soggetto che non si rassegna a essere entità probabile, evento accidentale, realtà contingente. E che nel proprio anelito antropocentrico trova appagamento al di fuori del sapere scientifico. E tanto più da quando la scienza che lo coinvolge più direttamente, la biologia, ha preso le distanze da ogni finalismo e da ogni meccanicismo.

<sup>96</sup> J. von Neumann, *Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik*, Berlin, 1932 (ed. it. *I fondamenti matematici della meccanica quantistica*, Padova, 1988).

<sup>97</sup> J. S. Bell, *On the problem of hidden variables in quantum mechanics*, "Reviews of modern physics", 38, 1966.



oltre la metà del secolo diciannovesimo nell'orto di un monastero moravo, parlano di accidentalità combinatoria; le ragioni profonde di quel gioco, intuite, da oltre vent'anni, durante il viaggio di un brigantino inglese intorno al mondo, rivelano l'irriducibile casualità del divenire delle forme viventi. E le conoscenze venute al seguito di quelle scoperte traendo a unità concettuale entrambe le linee di pensiero - mendelismo e darwinismo - ne hanno reso esplicito il significato metodologico e fenomenologico<sup>98</sup>. Nessuna 'variabile nascosta' da scoprire, nessun parametro segreto da identificare: i costituenti sono noti, gli algoritmi definiti; tutti nella loro irriducibile aleatorietà. Nell'evolvere delle forme viventi il giocare del caso con la necessità in un tempo scandito dal succedersi delle generazioni tocca il più elevato grado di indeterminatezza: dice l'imprevedibilità del divenire, l'accidentalità del divenuto, la nessuna necessità dell'esistente.

Di qui il dubbio esistenziale dell'età nostra, di qui il vario reagire di tutta una cultura<sup>99</sup>, di qui la domanda angosciata: se la vita non attua un progetto, se il sapere scientifico non dà se non probabilità nei confronti di una realtà contingente, quale è allora il posto della scienza nell'avventura umana, e quale il posto dell'uomo nella natura?

Nuovi totem e nuovi tabù sopravvivono. Quanto più il mondo appare indeterminato, tanto più il nostro rapporto con "quello che chiamiamo caso" si fa non scientifico, si rifugia nella cabala. Dove è l'aleatorio, deve esservi allora mito? I miti sono meccanismi per sopprimere il tempo, insinua Lévi-Strauss. Sembrano pure espedienti per sottrarsi al caso, per aggirarlo. Ancora il sentimento panico dell'imprevedibilità come inconoscibilità dei disegni degli dèi; da indovinare attraverso complesse ritualità, quando non da scongiurare, rivestendo la casualità di sacralità. Così, in antico, l'estrazione a sorte del capo, la spartizione aleatoria dei beni: il caso come rivelatore di una intenzione trascendente o come mediatore imparziale di socialità, sottratto alle scelte dell'uomo. Un caso affidato al trasfigurarsi di una nuvola, al ruzzolare di un astràgalo, di un dado. O ad altri riti apotropaici.

L'attenzione all'aleatorio è certamente nello spirito ludico di questa nostra epoca. Ma più come sfida irrazionale che come riflessione razionale. Del caso si ha ancora una visione magica, piuttosto che logica. Perché, al tavolo di una roulette, dove è uscito quattro volte di seguito il rosso, si è tentati di puntare sul nero, quando il calcolo assegna un ugual valore di aspettativa combinatoria all'evento 'quattro

<sup>98</sup> Dall'incontro critico tra i due corpi di dottrina, avvenuto in prossimità degli anni Trenta del secolo XX, (e dovuto a Ronald A. Fisher, John B. Haldane, Sewall Wright. Una 'teoria sintetica' che aveva avuto significativi antecedenti negli studi di Sergeij Cetverikov. Essa, si è fondata anzitutto sul recupero del 'principio di equilibrio' enunciato nel 1908 da G.F. Hardy e W. Weinberg.

<sup>99</sup> Ne sono un sintomo anche le raffinate riproposizioni decisionistiche della probabilità, oggi di gran voga: un trasporre la conoscenza in convenienza, la ricerca in strategia, che ha trovato nella concezione soggettivistica della probabilità e nel pragmatismo filosofico, alla Dewey, un'opportuna matrice concettuale. E già Pascal e i logici di Port Royal, traendo dalla ragione delle scommesse le scommesse della ragione, alle origini del calcolo probabilistico avevano proposto il famoso *pari* sulla trascendenza in termini di utilità, non di verità. Una linea metodologica che dal Seicento è venuta avanzando sino a diventare un coerente e utile corpo di dottrina: la teoria delle decisioni in condizioni di incertezza. Ma una cosa è decisione (strategica), altra cosa è conoscenza (scientifica). Ha scritto Ruelle: "La scienza risponde alle domande (almeno ogni tanto), ma non prende decisioni. Sono gli uomini a prendere decisioni (almeno ogni tanto)." (D. Ruelle, *Hasard et chaos*. cit.).

rossi consecutivi seguiti da un nero' e all'evento 'cinque rossi consecutivi'? E quale razionalità ispira certe scommesse al gioco del lotto? Proprio il gioco del lotto offre uno spunto critico per distinguere tra diversi atteggiamenti verso un medesimo evento fortuito. Si immagini - se è permessa una piccola irriverenza - un ameno 'dialoghetto sopra i minimi sistemi' (sistemi per vincere, ovviamente) fra i tre protagonisti del grande *Dialogo* galileiano<sup>100</sup>. Tutti e tre intenti a strologare intorno al futuro, a interrogare l'urna che ne racchiude il mistero e ne fissa le condizioni. Uno (forse Salviati) a sostenere che l' "urna non ha né coscienza, né memoria" e perciò, prima di ogni estrazione, ciascun numero, dei novanta possibili, ha una uguale probabilità di uscire: donde il classico principio di indifferenza. Un altro (forse Sagredo) pronto a contrapporre frequenze attese a frequenze osservate e ad affermare l'utilità di puntare sui numeri 'in ritardo' (ciò che in genere fanno gli scommettitori abituali). Il terzo (Simplicio, naturalmente), diffidente di ogni schema teorico, incapace di ammettere alcunché di diverso da ciò che ha visto avverarsi nel succedersi delle estrazioni (numeri apparsi più volte di altri) e disposto a questa sola argomentazione: 'Non so perché codesti numeri siano usciti più degli altri e più volte dell'atteso dalle vostre regole. Un motivo l'avranno. Non lo conosco, eppure ci vedo una certa qual propensione. *Ergo*, io non punto su un numero in ritardo, bensì su un numero in vantaggio'. E questa scelta ingenua, qui maliziosamente attribuita all'elemento debole del terzetto, è sempre la più immotivata? Quando si assume una frequenza relativa come stima di una probabilità, quando, estrapolando, si proietta direttamente un dato numerico al di là del conosciuto, non è così che si fa? Non è, questo, uno dei più immediati criteri induttivi del metodo statistico nell'ambito di realtà naturali e non naturali?

## XV

In quale misura i principi statistico-probabilistici divenuti paradigmi formali di tutto un sapere, principi che parlano di variabilità e di accidentalità, di irreversibilità e di evoluzione, possono offrire un canone di lettura degli eventi umani, eventi di per sé collettivi, di per sé cangianti in un proprio tempo? Se l'osservare pluralità, sempre essenziale alla conoscenza della realtà sociale, è diventato altrettanto essenziale alla conoscenza della realtà naturale, sembra lecito domandarsi quali idee possa suggerire alla ricerca sulla società umana<sup>101</sup> una filosofia naturale evoluzionistica e accidentalistica. Se le leggi meccanicistiche, assolute e inderogabili, escludevano dal pensiero scientifico le discipline sociali (e queste, tuttavia, nulla lasciavano di intentato per imitare tali gnoseologie), la scienza sottrattasi a quello che Karl Raymund Popper ha chiamato "l'incubo del

<sup>100</sup> G. Galilei, *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo, tolemaico e copernicano*, Firenze, 1632.

<sup>101</sup> I tentativi in questo senso non sono mancati, a cominciare dall'opera di Herbert Spencer. Spencer, a dir vero, ha più frainteso che inteso il significato autentico dell'evoluzionismo darwiniano. E dietro di lui tutta una cultura intrisa di ottimismo storicistico. Evoluzione, in biologia, significa soltanto cambiamento: cambiamento delle frequenze statistiche di geni e genotipi nelle popolazioni.

determinismo” sembra andare incontro alla ricerca sull’umano: una scienza di popolazioni, di cui si possono addurre anzitutto le tendenze statistiche.

Ridotto il tradizionale divario tra scienze della materia e scienze della vita - tant’è che Boltzmann era giunto a definire l’Ottocento “il secolo di Darwin”<sup>102</sup>- questa linea di pensiero sembra avviarsi ad apprestare i primi fondamenti di un’unità epistemologica delle scienze positive. L’avvicinarsi e il confrontarsi, nell’intreccio evoluzionistico di natura e storia, della ricerca sull’individuo naturale e sull’individuo sociale, lasciano intravedere qualche premessa di una possibile *koiné* metodologica, sul tema dell’uomo, capace di attenuare certa separatezza tra le culture, certa incomunicabilità tra gli addetti ai diversi settori del sapere. Essi sono storicamente passati da fasi di forte attrazione a fasi di sdegnosa repulsione, alla maniera dei porcospini di un gustoso aneddoto rievocato da Arthur Schopenhauer: sospinti dal freddo ad avvicinarsi l’un l’altro e subito costretti ad allontanarsi per non pungersi a vicenda; e perciò condannati all’eterna ricerca di un equilibrio impossibile.

Spogliando i fatti di ogni contingenza e astrattizzandoli in artefatti nomotetici il pensiero fisico ha saputo trarre, entro limiti assegnati, leggi storiche e proprietà invarianti. Le leggi di un universo inteso come immortale giardiniere. Non altrettanto le scienze sociali, sempre inceppate dalla difficoltà di andare oltre il contingente. E perciò incapaci - è l’accusa di Schopenhauer - di predire una rivolta di popolo con l’esattezza della previsione di una prossima eclisse.

In una realtà non tradotta in sistema nomologico, passato e futuro non sono riducibili ad alcuna simmetria. La società umana è un divenire, come lo sono, nell’ordine di grandezza dei rispettivi tempi, l’universo e la vita<sup>103</sup>. Anche nel sociale la previsione è un’induzione che si avventura nel tempo dandosi criteri euristici diversi a seconda che si assumano processi causali ininterrotti, deterministicamente configurabili, o che invece si adotti un’immagine non deterministica del reale. Nel primo assunto, prevedere è cercare di anticipare il futuro che dovrà accadere; nel secondo, è identificare uno spazio di alternative possibili. Uno spazio probabilizzato. Questo spazio, o parte di esso, è tutto ciò che si può razionalmente rappresentare. Cadute le illusioni dell’età aurea di Laplace, questa è la filosofia della previsione in tutti i settori della conoscenza: diversa, da settore a settore, è la sproporzione fra i tempi dell’attesa umana e i tempi dello svolgersi dei fatti del mondo. Ed è sempre attuale la domanda di Skinner<sup>104</sup>: “Perché è tanto difficile trattare scientificamente del comportamento umano? ”

<sup>102</sup> E Schroedinger, a sua volta, denominerà l’Ottocento “il secolo di Darwin e Boltzmann”. Entrambi dovettero sopportare grandi amarezze, ma Darwin arrivò a vedere riconosciuti i suoi meriti. Non così Boltzmann, il quale non sopportò l’accusa di aver tradito la fisica e pose fine ai suoi giorni. Scriverà David Ruelle: “Egli si suicidò per essere, in certo senso, un fallito. E tuttavia oggi lo consideriamo uno dei grandi scienziati del suo tempo, ben maggiore di quelli che furono i suoi oppositori scientifici. Egli vide chiaro prima degli altri, ed ebbe ragione troppo presto. (D. Ruelle, *Hasard et chaos*, cit.).

<sup>103</sup> Ma su scale di tempo assai differenziate. Di qui la difficoltà di evincere, dalle società umane, sistemi isolati, stazionari, ricorrenti (tale è il sistema solare, se si prescinde dall’espandersi dell’universo; tale è il ciclo biologico degli organismi, se si prescinde dal divenire evolutivo delle specie).

<sup>104</sup> B. F. Skinner, *Problems of scientific revolution*, London, 1975 (ed. it. *Rivoluzioni scientifiche e rivoluzioni ideologiche*, Roma, 1977).

Nessuna pretesa di rispondere proponendo banali trasposizioni di schemi concettuali naturalistici, nell'illusione di una facile sintesi transdisciplinare che ha un senso solo se è intersezione ragionata di modelli, confronto critico di strumenti, di ipotesi di lavoro. Se l'irreversibilità e la complessità dei processi possono offrire un'indicazione di metodo alla conoscenza delle vicende dell'uomo - è la tesi di Prigogine<sup>105</sup> - è pur sempre da evitare ogni facile illusione 'riduzionistica', ogni superficiale sovrapposizione di paradigmi tra loro incommensurabili, e non soltanto per la diversa scala temporale: nel contesto umano, i quadri etici di sfondo, sempre incombenti sul pensiero scientifico, sono ancora più coinvolgenti; e all'analisi dell' 'essere' spesso si sovrappone la pretesa di un 'dover essere'<sup>106</sup>. Non è senza significato che il sofferto passaggio da una visione statica a una visione dinamica delle società organizzate si sia subito tradotto nella ricerca di nuove certezze: ora di una fatalità della storia, ora di una sua rigida causalità interna<sup>107</sup>.

Non sono tuttavia da trascurare alcuni interessanti spunti culturali diretti a una visione unitaria, o almeno interdisciplinare, di tutti i fenomeni, naturali e sociali, che si trasformano nel tempo: dalle aperture di Ervin Laszlo<sup>108</sup> verso "una teoria sistemica generale dell'evoluzione che valga tanto per gli atomi e le molecole del cosmo quanto per gli organismi viventi e le società umane della biosfera" alle teorie di Ilya Prigogine<sup>109</sup> circa i 'sistemi lontani dall'equilibrio': sistemi che divengono su una scala plurivoca di possibilità, tra momenti evolutivi e momenti autocorrettivi, attuando e superando la complessità. Ciò che invita alla ricerca delle regole del gioco comuni ai diversi modelli formali. Se Laszlo intende l'evoluzione biologica e l'evoluzione sociale quali "...aspetti di uno stesso processo fondamentale", Prigogine vede nelle equazioni che governano lo sviluppo delle popolazioni naturali i presupposti di una "...nuova interdisciplinarietà tra scienze naturali e scienze sociali". Ipotesi suggestive. Anche nelle vicende umane l'insieme statistico può diventare un meccanismo inerzialmente stabilizzante o evolutivamente amplificante. Astrazioni? Certamente. Ma la scienza è sempre astrazione. Non sono forse astrazioni i corpi indeformabili, i moti senza attrito, i gas perfetti?

## XVI

<sup>105</sup> I. Prigogine, *La fin des certitudes*, Paris, 1996 (ed. it. *La fine delle certezze*, Torino, 1997).

<sup>106</sup> Scriveva Pareto: "Si possono facilmente considerare con l'indifferenza scettica della scienza sperimentale le formiche; è molto più difficile considerare allo stesso modo gli uomini". (V. Pareto, *Trattato di sociologia generale*, Firenze, 1816, vol. I).

<sup>107</sup> Ma i tentativi, ad esempio, di Arnold Joseph Toynbee, verso una spiegazione deterministica e finalistica del cammino dell'umanità, non sembrano aver avuto miglior sorte dell'interpretazione individualistica e deterministica data da Jean-Baptiste Lamarck all'adattamento evolutivo. L'identificazione di leggi scientifiche capaci di dare un ordine e un ritmo agli eventi sociali attraversa, come un imperativo metodologico, positivismo e storicismo, e rimbalza, pur nell'estrema varietà degli orientamenti, da Vico a Meyer, da Herder a Hegel, da Condorcet a Comte, a Saint Simon, da Mill a Dilthey, da Spencer a Marx, a Pareto, a von Mises, a Weber, a Hempel...

La sociologia era infatti proposta da Comte come scienza delle leggi della "catena necessaria di trasformazioni successive attraverso le quali l'umanità è progredita ininterrottamente" e da Spencer come la scienza del processo da cui "la società umana è condotta verso la perfezione". Un determinismo ottimistico, carico di necessità.

<sup>108</sup> E. Laszlo, *Evolution*, 1985 (ed. it. *Evoluzione*, Milano, 1986).

<sup>109</sup> I. Prigogine, *La fin des certitudes*, cit.

La ricerca di invarianti nel sociale è tentativo che ritorna nella storia del pensiero razionale. Così l'audace prospettiva culturale propugnata da Jean-Antoine de Condorcet, verso una "matematica sociale" con fondamenti statistici e probabilistici. Così l'idea comtiana di una 'fisica sociale', tradotta da Adolphe Quételet<sup>110</sup> nel riconoscere entro il "gran corpo sociale" di "leggi fisse altrettanto immutabili di quelle che reggono i corpi celesti (...); leggi indipendenti dal tempo e dal capriccio degli uomini ...". Sono i grandi numeri - precisava - a "... far rientrare i fenomeni morali, osservati per masse, nell'ordine del mondo fisico"<sup>111</sup>. Un ordine che subito s'è imbattuto nel problema dei nessi tra l'individuale e il collettivo, ossia nell'eterna questione del libero arbitrio. Risolta, nella visione queteletiana, entro un'urna segreta e immutabile che racchiuderebbe le parti previste nel grande copione della commedia umana, secondo le proporzioni numeriche dettate dal superiore disegno; e una misteriosa lotteria, affidata alle imperscrutabili fantasie del caso, le assegnerebbe ai singoli<sup>112</sup>.

"L'urna che interroghiamo è la natura"- affermava Quételet<sup>113</sup> per dare argomento a quel suo ricondurre a un medesimo codice interpretativo tutti i fenomeni ricorrenti osservabili: dalla luminosità stellare ai caratteri metrici dell'uomo, dai cicli della natalità alla cadenza dei delitti. È il tratto culturale dell'epoca: di un Comte, di un Mill. Auguste Comte<sup>114</sup> propugnava una sociologia positivista capace di cogliere "le invariabili leggi naturali della società" e John Stuart Mill<sup>115</sup> invitava alla ricerca, nella storia, delle "leggi empiriche del vivere sociale". Più tardi, Vilfredo Pareto<sup>116</sup> non esiterà a proporsi di "costruire una sociologia sul modello della meccanica celeste". Passerà qualche decennio e Bertrand Russell<sup>117</sup> auspicherà ancora "una scienza del sociale (...) fondata su leggi valide per grandi numeri". Ma l'assunto ha ormai un significato nuovo. Dai tempi di Quételet, di Comte, di Mill, la lettura della realtà naturale è profondamente cambiata. Ed è diventata irriducibilmente stocastica: alle regolarità statistiche si è ormai imparato a guardare in tutt'altro modo. Che è il rovescio del modo di Quételet. Il macrofenomeno è statisticamente regolare perché vi concorrono innumerevoli microfenomeni irregolari; non sono questi ad accadere per l'imperio di quello, è

<sup>110</sup> A. Quételet, *Physique sociale*, Bruxelles, 1869.

<sup>111</sup> Un fatalismo stocastico che avrebbe in vario modo influenzato anche certa storiografia.

<sup>112</sup> A metà Ottocento, una poesia di Tennyson diceva il disagio spirituale suscitato dalla nuova scienza emergente: "Sono dunque Dio e Natura in conflitto, / che la Natura concede siffatti sogni cattivi? / tanto curante della specie essa sembra. / tanto incurante dell'individuo...." Sogni ricorrenti. Basti pensare, cent'anni dopo, a un Pierre Teilhard de Chardin, al suo vedere nella variabilità individuale e nelle conseguenti regolarità empiriche una rivelazione del trascendente (P. Teilhard de Chardin, *La place de l'homme dans la nature*, Paris, 1956). Una sorta di accidentalità ispirata, intesa a conciliare evoluzionismo e rivelazione, leggi statistiche e destino individuale.

Ritorno ai miti, dunque, fuga nell'irrazionale? Ha scritto Cassirer: "Tutti i tentativi di opporsi alla disumanizzazione radicale della natura non soltanto sono naufragati, ma hanno compromesso la causa stessa che volevano difendere". Così è quando si vogliono attribuire significati e valori a eventi che il pensiero razionale tratta nel linguaggio delle probabilità statistiche: un pensiero che non appaga l'uomo nella sua pretesa di escludersi dalla natura.

<sup>113</sup> A. Quételet, *Lettres sur la théorie des probabilités appliquée aux sciences morales et politiques*, Bruxelles, 1846.

<sup>114</sup> A. Comte, *Cours de philosophie positive*, Paris, vol. I, 1830.

<sup>115</sup> J. Stuart Mill, *A system of logic ratiocinative and inductive*, London, 1843 (ed. it. *Sistema di logica razionalistica e induttiva*, Roma, 1968).

<sup>116</sup> V. Pareto, *Trattato di sociologia generale*, cit.

<sup>117</sup> B. Russell, *Human knowledge. Its scope and limits*, cit..

quello ad avverarsi per l'apporto di questi. L'ordine 'plurale' viene dal disordine 'singolare'; l'urna non è data *a priori*: è, semmai, il risultato di un concorso spontaneo di elementi in proporzioni non prefissate. Un guardare ancora oltre l'individuo, ma in una diversa prospettiva. Per aver saputo vedere al di là dell'individuo, per aver saputo intendere gli insiemi di individui come entità storiche evolutive per il tramite delle differenze individuali dovute all'intervento di innumerevoli eventi ribelli a ogni determinismo, si è fondata una nuova biologia, si è dimostrato che è attraverso le popolazioni che le specie evolvono.

Non in tutti i fenomeni le cui leggi - per dirla con Einstein - "valgono per le moltitudini e non per gli individui" la spontanea indeterminatezza dei comportamenti individuali si traduce - come s'illudeva Quételet - in un determinismo univoco d'insieme. S'avvera infatti, in natura, un vero e proprio indeterminismo collettivo. Così è appunto nell'evoluzione biologica, e un'elegante relazione formale tra probabilità - il 'principio d'equilibrio' di Hardy-Weinberg<sup>118</sup> - ne offre un modello razionale. Tale principio è divenuto il fondamento di una nuova scienza: la 'genetica di popolazioni'. Se oggi la biologia vede l'evoluzione come cambiamento nelle frequenze geniche di una popolazione, la selezione naturale come riproduttività differenziale dei genotipi, la deriva genetica come accidentalità innovativa, è perché essa è ormai irriducibilmente statistica<sup>119</sup>: è la biologia passata attraverso la catarsi darwiniana e mendeliana, e giunta a ricondurre la varietà delle forme viventi al combinarsi e ricombinarsi delle medesime strutture elementari.

L'evoluzione biologica è imprevedibile non tanto per i nostri limiti intellettuali, quanto perché gli eventi accidentali all'origine della variabilità non ammettono predestinazioni arcane, necessità determinate, finalità immanenti. E niente "magnifiche sorti e progressive": nessun progetto e nessuna meta. Nel suo etimo, 'evoluzione' è parola che evoca lo svolgimento di un papiro arrotolato: il papiro della storia, che si srotola nel tempo. La parte ancora nascosta del papiro è il futuro. In una visione finalistica, esso è tutto già scritto; in una visione deterministica, si va componendo sulla falsariga della necessità; in una visione indeterministica non è né prefigurato né prefigurabile: la storia, ogni storia, entra nel papiro al momento stesso in cui si avvera. "La teoria dell'evoluzione - ha scritto François Jacob - ha dato all'umanità non soltanto un avvenire, ma un avvenire indeterminato".

Spostando l'interesse conoscitivo dal singolare al plurale, dagli individui alle popolazioni, e portando nel pensiero scientifico l'immagine di una realtà contingente, l'intuizione statistica della natura ha insidiato l'illusione antropocentrica di un universo creato per l'uomo. "Tutto ciò che è necessario esiste", aveva potuto proclamare de Maistre, fondando certezze metafisiche sulla scienza meccanicistica. E la cosmologia di Laplace, la filosofia di Kant, la sociologia di Comte, l'antropologia di Quételet, la zoologia di Cuvier, la fisica di

<sup>118</sup> G. H. Hardy, *Mendelian proportion in a mixed population*, "Science", 28, 1908. W. Weinberg, *Über den Nachweis der Werbung beim Menschen*; "Naturkunde in Württemberg", 1908.

<sup>119</sup> Tant'è che la deriva genetica (*random genetic drift*) viene intesa come 'errore di campionamento': l'errore che incombe su ogni campione statistico casuale ed è tanto più incidente quanto più l'insieme empirico è ridotto.

Lord Kelvin sembravano cantare le lodi di quel confortante enunciato. L'indeterminismo naturalistico suggerisce un diverso assunto: ciò che esiste non attiene tanto al necessario, quanto al probabile. Anche la specie umana<sup>120</sup>. È anch'essa il prodotto di una storia: uno dei tanti momenti evolutivi possibili di una delle tante linee evolutive possibili. Una storia che non sembra iscriversi in un divenire inteso come adempimento dell'inevitabile.

Dopo avere rimosso la dimora dell'uomo dal centro fisico dell'universo, la ricerca scientifica ha immesso la storia naturale dell'uomo nella storia naturale di tutti gli esseri viventi sul pianeta Terra: una storia che è andata svelando un mondo sempre meno antropomorfo, sempre meno finalizzato al nostro quotidiano, sempre meno espressione di un progetto conforme ai nostri pur nobili desideri<sup>121</sup>. Se nelle pagine del *Timeo* platonico si dava un'anima e un fine anche ai pianeti<sup>122</sup>, nelle pagine degli odierni trattati si rivelano le fondamenta biochimiche e biogenetiche della grande intuizione accidentalistica che ha reso incompatibili evoluzionismo darwiniano e determinismo laplaciano. Per esorcizzare certi difficili assunti, si è andati ancora alla ricerca delle tracce epifenomeniche di un determinismo profondo e nascosto, quando non di un finalismo rivelato o da rivelarsi: il pensiero dominante che non aveva risparmiato, per tacer d'altri, scienziati sperimentali come l'embriologo Karl Ernst von Baer o letterati anticonformisti come George Bernard Shaw, anch'essi pronti a incolpare Darwin di aver osato pensare una natura senza morale e senza scopo (così come, due secoli addietro, si erano accusati Keplero e Newton di aver ucciso il paradiso incantevole di Dante).

Se i pochi distratti ascoltatori dell'abate Mendel, nelle fredde serate di Brünn, al cospetto di un'eredità biologica sorpresa a giocare a 'testa o croce', si chiedevano scettici cosa avesse a che fare il calcolo delle probabilità con gli amori dei piselli, cosa spiegassero mai quei vaghi numeretti dietro i quali non v'era che accidentalità bizzarra, incontro fortuito, indeterminismo senza speranza, cent'anni dopo, i lettori di Monod hanno posto, turbati, un più inquietante interrogativo: l'uomo è davvero un accidente insorto per caso in un universo che l'ignora?

Più dirette le domande della scienza e più immediate le risposte della metodologia. A chi è affidato, se non all'aleatorio, il compito di trarre, ad esempio, dalla mutazione spontanea di una base azotata che modifica un *locus* del *DNA* un qualche effetto sul vivente, sulla popolazione, sulla specie? E quell'oscuro disegno, se mai sussiste, può essere scritto in un linguaggio diverso da quello delle probabilità? È lo stesso ineffabile linguaggio che parla al dado che rimbalza, alla pallina che saltella sulla ruota numerata che gira. A tener per mano tutti questi avvenimenti, a determinarne l'esito, non può non essere una medesima 'entità'. La stessa che sceglie quale di due atomi radioattivi vicini si disintegrerà oggi e quale fra mille anni, che spinge un elettrone a cambiare orbita e attende alle conseguenze di quel salto quantico. Una provvida fata, un arcangelo buono, un diavolello

<sup>120</sup> F. Jacob, *La logique du vivant*, cit.

<sup>121</sup> È il sentimento espresso nella *Ginestra* leopardiana "Così ti spiagque il vero / dell'aspra sorte e del depresso loco / che natura ci diè".

<sup>122</sup> Simbolo mitico e mistico dell'alleanza (*sympátheia*) tra uomo e natura; l'alleanza che va da Platone all'idealismo romantico, quale espressione di un'armonia cosmica avente al centro l'uomo.

capriccioso? Nel suo dialetto di laboratorio, l'addetto al pallottoliere statistico preferisce parlare di 'caso'.

## XVII

Risalendo sul *Beagle* dopo la lunga sosta alle Galàpagos, dove aveva visto il caso insidiare la necessità nei tempi lunghi dell'evoluzione, Darwin ripeteva a se stesso tre versi di Shelley sulla natura: "Nessuno sa, tutto ora sembra eterno. / Parla il deserto un suo linguaggio arcano / che insegna dubbi spaventosi". È il linguaggio che suggerirà a Monod<sup>123</sup> la tesi disperata e disperante della inesorabile marginalità dell'uomo. A Darwin non era sfuggita la difficoltà di ricondurre la sua verità alla coerenza con i quadri etici dominanti<sup>124</sup>, con tutto un pensiero codificato che rifiuterà a lungo l'evoluzionismo, per darne infine una interpretazione. Gli atteggiamenti, nel secolo ventesimo, di un Pierre Teilhard de Chardin o, ancora più vicino a noi, di un Jean Guitton, sono assai significativi. Entrambi rassegnati al divenire erratico delle specie, entrambi impegnati a cercarvi le tracce di un significato: una visione ispirata dell'evoluzione, che subordina la casualità alla causalità, la necessità alla finalità, e detta l'uguale e il diverso nel gioco magico dei grandi numeri.

Il pensiero scientifico non ha e non può avere pretese così totalizzanti. Queste vanno lasciate alle ideologie, alle religioni: categorie piuttosto lontane dal sapere razionale, che hanno molto nuociuto alla dignità e alla libertà della ricerca quando hanno voluto interferirvi. Ha scritto Jean Guitton<sup>125</sup>: "È vero, le leggi dell'evoluzione enunciate da Darwin esistono, ed è vero che lasciano ampio spazio all'aleatorio; ma chi ha deciso quelle leggi?". La domanda va al di là della conoscenza scientifica. Chiunque abbia deciso quelle leggi, esse sono leggi statistiche: le leggi di fenomeni che divengono nel tempo, sospinti dal caso.

Se un *Deus sive natura* giochi davvero a dadi col mondo - è la domanda faticosa al centro dell'avvincente scambio di lettere tra Einstein e Born - la scienza non pretende di sapere. Sa, però, e le basta, che non può fare a meno di adoperare la matematica dei dadi, nell'avventura della ricerca, il fisico che spinga la propria indagine ai costituenti elementari della materia, il chimico che s'addentri nell'instabilità caotica, e, più ancora, il biologo che si cali nei fenomeni profondi del rinnovarsi della vita. E se i primi due possono forse aspettarsi un eventuale ritorno a un determinismo capace di mettere alla porta lo scomodo intruso, il caso, il terzo sa che il caso è alla radice, una radice irriducibilmente stocastica, dei fenomeni della vita. E sa pure che non gli è permesso, né di truccare i dadi, né di cambiare le regole del gioco. Le regole di un sapere cresciuto sulla riscoperta del tempo e del caso, enigmatici mediatori tra il possibile e il reale.

<sup>123</sup> "L'antica alleanza si è infranta; l'uomo finalmente sa di essere solo nell'immensità indifferente dell'Universo da cui è emerso per caso." J. Monod, *Le hasard et la nécessité*, cit.). Un ritornare della tesi di d'Holbach sulla 'sordità' della natura.

<sup>124</sup> "Ho come la sensazione di confessare un assassinio" - diceva agli amici naturalisti.

<sup>125</sup> J. Guitton et I. Bogdanov, *Dieu et la science*, Paris, 1991 (ed. it. *Dio e la scienza*, Milano, 1992).



*“Aìon paîs estí paízon pesseúon”*: “il tempo è un fanciullo che gioca coi dadi”. Sono passati più di venticinque secoli da quando questo frammento eracliteo suggellava, nella sintesi dell’aforisma, l’ intreccio arcano di ‘tempo’ e di ‘caso’. E la metafora in cui il filosofo del *pánta rheî* legava l’accidentalità al divenire è venuta assumendo significati sempre più profondi e universali.

*In queste riflessioni sono ripresi altri scritti dell'autore:*

*Statistica come metodologia delle scienze naturali*, pubblicazione n. 37 del Centro Linceo Interdisciplinare di Scienze Matematiche, fondato e diretto da Beniamino Segre, Accademia Nazionale dei Lincei, Roma, 1977.

*Necessità del caso. Appunti per una storia critica dell'indeterminismo statistico*, Statistica, XLII, 1, 1982.

*Uomo, natura, caso*, in: "Conoscenza e ideologie" a cura di Michele La Placa, Firenze, 1985.

*Chance and order in a statistical picture of life*, in :Epistemologia,VI, 1983.

*Inductive prevision*, in "Epistemologia e logica induttiva", Bologna,1986.

*Les usages ambigus de la probabilité*, Académie Internationale de Philosophie des Sciences, 1986; riprodotto come *Ambiguous uses of probability* nel libro: "Probability in the sciences", a cura di Evandro Agazzi, Kluwer Academic, Dordrecht - London, 1988.

*La casualità immanente*, Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna, Rendiconti, Bologna, 1989.

*Il vero e il falso: ossia il probabile*, Dibattito con René Thom (17 febbraio 1989), Biblioteca di Cattolica; parzialmente riprodotto in: Nuova civiltà delle macchine, 2, 1991.

*Pour une intuition statistique de la nature*, Relazione invitata al Seminario "Nouvelles frontières dans le domaine des sciences expérimentales", presieduto da François Jacob (7 ottobre 1988). Seminario malamente riprodotto in: "Atti della Natio Francorum", vol.II, Bologna, 1993.

*Certezza dell'incertezza*, in: "Il mondo incerto", a cura di Marcello Pera, Bari-Roma, 1994.

*Tracce di un'immagine probabilistica del mondo*, in "Lo studio bolognese", Forum Italicum, a cura di Leda Giannuzzi Jaworski, Rosemont College, University of New York, Supplement, 8, 1994.

*Le insidie del caso*, in "Formalismo matematico e realtà fisica" - Studi in memoria di Antonio Pignedoli, Accademia Nazionale di Scienze, Lettere e Arti, Modena, 1996.

*Tempo e caso*, "Atti della XXXVIII riunione scientifica della Società Italiana di Statistica", vol. I, Rimini, 1996.

*Previsione*, in: Enciclopedia delle scienze sociali, vol. VI, Istituto Treccani, Roma, 1996.

*Probabilità*, ibidem, vol. VII, Istituto Treccani, Roma, 1997.

*Statistical inference and inductive prevision*, in: “Advances in econometrics and scientific methodology: Essays in honor of Camilo Dagum” (Daniel J. Slottje, ed.), Springer-Verlag, Heidelberg-New York, 1999.

*“Nuovi mondi si schiuderanno ai nostri occhi quando avremo capito come la natura ha preparato il suo mazzo di carte” - scriveva Albert Einstein.*



*Intorno a quel mazzo di carte questo piccolo libro si interroga appena un poco inoltrandosi nella sterminata varietà delle soluzioni combinatorie: là, dove il tempo e il caso, enigmatici mediatori tra il possibile e il reale, svolgono il loro gioco ineffabile.*