

Lo strano Caso del Determinismo

*La nostra filosofia è dualistica; la natura è governata da una certa
mescolanza di leggi causali e di leggi casuali*

M. Born, 1949

Tutto ciò che esiste nell'universo è frutto del caso e della necessità

J. Monod, 1970

Alla fine si è deciso scegliendo tra due buste e il caso “ha determinato” un'opzione dalle conseguenze molto rilevanti. Si era pensato alla classica monetina ... Immaginiamo che la decisione si risolvesse a testa o croce, come si era pensato in un primo momento.

19 Novembre 1917, ore 18.10. Tensione emotiva paralizzante. Milano o Amsterdam saranno sede dell'Agenzia europea del farmaco. Si lancia in aria una moneta, ben bilanciata. Ne va del prestigio delle due città e molto denaro verrà riversato sull'una o sull'altra in base alla sorte. Il classico 50% di probabilità. Una botta di fortuna e la storia economico-scientifica di una città cambia per sempre.

É possibile conoscere anticipatamente l'esito? In linea teorica sì, ma siamo afflitti da quella che gli specialisti chiamano “*probabilità da ignoranza*”. Allora immaginiamo un colpo di scena, puro frutto della fantasia...

Prima del lancio un fisico calcola con rigorosa certezza se uscirà testa o croce. Lo scienziato dovrebbe conoscere una vasta serie di variabili che normalmente non si considerano: massa della moneta, velocità e velocità angolare, altezza del lancio, resistenza dell'aria, ecc. Pur trattandosi di calcoli molti complessi, in teoria è prevedibile il lato sul quale la moneta cadrà². Il determinismo sembra funzionare nella meccanica classica, quella di cui facciamo quotidianamente esperienza.

1 Docente di Filosofia e Storia al Liceo Scientifico “G. Ferraris”, pubblicista, già redattore e collaboratore della rivista di bioetica KOS.

2 K. Ford, *La fisica delle particelle*, Mondadori, 1980, p. 115 e segg., citato in C. Tamagnone, *Filosofia ontologica dell'indeterminismo: la sconnessione delle cause e la causalità intricata*, Diderotiana editrice, 2017, pp. 44-45.

La domanda intorno alla natura delle leggi deterministiche risale agli albori della filosofia. Epicuro è stato il primo pensatore a porre con chiarezza il problema: se gli atomi cadono tutti alla stessa velocità nel vuoto e parallelamente gli uni agli altri, come possono incontrarsi per generare gli enti? In un cosmo deterministico di tale genere, come si può ammettere la libertà umana che implica la novità, la scelta, un mutamento imprevedibile rispetto al corso della natura? Il filosofo introduce la nozione di “*clinamen*”, piano inclinato su cui gli atomi, cadendo e rimbalzando, possono aggregarsi e generare l'imprevedibile. Si tratta, ovviamente, di un'ipotesi bizzarra per salvare il libero arbitrio³. La certezza deterministica, tipicamente ottocentesca, trova la sua smentita, o meglio la sua integrazione, nella fisica subatomica che non procede secondo una consequenzialità causa-effetto, ma secondo i cosiddetti “salti quantistici”.

A livello subatomico non si dà determinismo, ma solo probabilismo. Le particelle sono davvero imprevedibili nel loro manifestarsi: decade la certezza circa il dove e il quando siano in un dato momento. Nemmeno si può sapere se, passando vicino ad un'altra, una particella sarà o no deflessa⁴. La fisica subatomica si fonda sulla nozione di probabilismo, non perché siamo viziati, a questo livello, dall’“*ignoranza della probabilità*”, ma perché non esiste una legge causa-effetto che determini il divenire della dimensione quantistica.

Noi, dotati di sano e robusto realismo, non percepiamo ovviamente nulla di tutto ciò perché viviamo un'esperienza “macroscopica” del mondo. Nella nostra quotidianità incontriamo solo oggetti che “sembrano” (dico sembrano!) soggiacere alle leggi deterministiche della fisica classica. La cosiddetta realtà, ad un esame più approfondito, è dominata da una certa qual componente di determinismo ma nel contempo è soggetta all'indeterminismo che rende la casualità sovrana non solo a livello subatomico, ma anche biologico soprattutto per le sue conseguenze sul piano neurale e cerebrale.

Una tale constatazione ci risulta incomprensibile o inaccettabile. Come sosteneva K. Popper, per il buon senso comune “ogni evento è causato da qualche evento precedente, cosicché ogni evento si può spiegare o prevedere”⁵. D'altro canto, noi crediamo di poter “decidere”, nel senso etimologico di “tagliare” il corso “naturale”, deterministico, degli eventi, mediante un atto di libertà. Siamo in presenza di una delle questioni più complesse della filosofia e dell'etica, quella che W. James chiamava “*dilemma del determinismo*”⁶. Perché proprio l'uomo dovrebbe godere di un privilegio che, secondo le leggi classiche della fisica, non è concesso a nessun altro ente o fenomeno?

Caso e necessità convivono, si integrano a vicenda. Il cosmo non sarebbe mai esistito quale lo conosciamo senza caso. Le mitologie antiche parlavano di un caos originario a cui sarebbe seguito l'ordine. Oggi si ritiene che il caos sia presente nella trama stessa dell'ordine.

3 Si veda I. Prigogine, *La fine delle certezze. Il tempo, il caos e le leggi della natura*, Bollati Boringhieri, I ed. it. 2016, p. 17 e segg.

4 Si ha deflessione quando un campo elettromagnetico, magnetico o elettrico provocano una modificazione della traiettoria di un fascio di particelle cariche.

5 K. Popper, *Postula alla logica della scoperta scientifica. L'universo aperto*, tr. it. Il Saggiatore, Milano 1984, p. 14.

6 W. James, *The dilemma of determinism*, tr. it. Principato, Milano, 1969. James e Popper (vedi nota precedente) sono anche citati in I. Prigogine, *La fine delle certezze. Il tempo, il caos e le leggi della natura*, Bollati Boringhieri, I ed. it. 2016, p. 11.

LE TIPOLOGIE DI CASUALITÀ

Fondamentale è la distinzione tra un caso primario, un caso secondario e addirittura un caso terziario, o “percezionale”, vale a dire inerente alla nostra dimensione mentale e psichica. Quest’ultimo sarà particolarmente approfondito, poiché strettamente connesso alla nostra percezione del mondo che si fonda sul nostro complesso sistema nervoso e percettivo e che è spesso soggetto al caso⁷.

Nota lo studioso C. Tamagnone:

*Noi abbiamo indeterminismo strutturale nella materia elementare, ne abbiamo meno in quella aggregata, ne abbiamo di nuovo molto negli esseri viventi*⁸.

La necessità conserva mentre il caso innova. Per questo tutto il cosmo non è altro che il frutto di una ricombinazione infinita delle fondamentali particelle subatomiche che incessantemente danno origine a tutti gli enti, in virtù di necessità e caso. L'indeterminismo non riguarda solo la fisica subatomica, ma anche la genetica come fondamento degli organismi viventi.

IL CAOS DETERMINISTICO

Il problema prospettato è ancora più complesso e articolato, stando alle definizioni dei matematici e dei fisici. Esistono accadimenti aleatori all'interno di fenomeni deterministici. Si definiscono “caotici” tutti quei sistemi in cui differenze poco significative nelle condizioni iniziali generano progressivamente evoluzioni diverse. Si ha il caos quando cause di piccola entità producono grandi effetti. Ovviamente si tratta di sistemi non lineari di tipo dinamico o divergenti. Si pensi al famoso “effetto farfalla” per cui, metaforicamente, una farfalla che batte le ali in Giappone può scatenare un uragano in California⁹. L'aspetto più curioso è che in termini rigorosi non è corretto parlare di caso puro, come se quest'ultimo fosse svincolato da qualsivoglia casualità in senso assoluto. A questo proposito gli scienziati introducono una sorta di ossimoro (inusuale nel discorso scientifico), parlando di “caos deterministico”, oggetto ormai di una vera e propria scienza, basata sulla “teoria della complessità”, di cui G. Cowan e M. Waldrop sono due dei massimi esponenti¹⁰.

Semplificando, proprio laddove non vi è nulla da semplificare, tentiamo di comprendere in modo accessibile le implicazioni di una tale teoria. Ogni sistema dinamico evolve verso il caos, in virtù della legge del moto. I matematici su una mappa individuano dei “punti di equilibrio”, che

7 Precisa C. Tamagnone che “vi è un caso primario identificabile con la perturbazione energetica all'origine del big-bang e un caso secondario nell'universo formato. Sia il primario che il secondario agiscono sull'essere come motori del divenire, ma mentre il primario è causa dell'universo, il secondario produce “variazioni” e “differenziazione” in ecosistemi grandi o piccoli” (Tamagnone, *Filosofia ontologica...*, op. cit. pp. 18-19).

8 *Ivi*, p. 107.

9 Una curiosità letteraria. Tale intuizione fu in qualche modo anticipata genialmente da E. Gadda nel racconto “L'egoista” del 1953. Parlando di una libellula che, volando a Tokyo, «*innesca una catena di reazioni che raggiungono me*».

10 L'Istituto di Santa Fè fu fondato all'interno di un ex convento nel Nuovo Messico. Noti scienziati e specialisti di diverso ambito (fisici, matematici, chimici, neuroscienziati, ecc.) diedero vita alla scuola che avrebbe dovuto tentare

rappresentano stati stazionari e costanti. Studiando tutte le possibili traiettorie, si scopre che superata una determinata “soglia” raggiunta in un sistema dinamico salta l'equilibrio, si perde stabilità e si pongono le condizioni di possibilità della biforcazione (tale soglia è detta appunto “valore di biforcazione”). Nel momento in cui tale fenomeno è reiterato più volte, si arriva ad un valore oltrepassato il quale i punti riempiono densamente uno o più intervalli del diagramma¹¹. Discorsi per matematici certamente, ma che insegnano qualcosa di illuminante anche ai profani: esiste un punto preciso di transizione dall'ordine al caos! Quando il fisico e matematico M. J. Feigenbaum scoprì nel 1975 tale valore di transizione, si aprì una vastissimo dibattito tra gli specialisti e si realizzarono molti esperimenti per verificarne la fondatezza. Alla fine si scoprì che questo numero fa la sua comparsa, ad esempio, nella transizione di un fluido ordinato ad un moto turbolento. Funziona persino quando banalmente cadono le gocce da un rubinetto. Se si apre poco il flusso dell'acqua le gocce sono relativamente ordinate. Se progressivamente si apre il rubinetto si passa ad una caduta caotica. Calcolando le traiettorie si determina quel punto esatto di “biforcazione” che fa sparire le gocce in modo disordinato. Quel punto è proprio lo stupefacente numero di Feigenbaum (circa 2.502907875). Tale approccio vive oggi uno sviluppo impressionante e trova applicazione nei più disparati campi, dalla meteorologia all'economia, dalla studio dei flussi della viabilità ai frattali.

Si è scoperto che esistono sistemi che, variando le condizioni a cui sono sottoposti, si trovano ad un certo momento in una situazione intermedia, quasi potremmo dire, sospesa tra il rispetto delle leggi deterministiche e la caoticità di un processo imprevedibile. Su questo punto intermedio, tra caos e ordine, si possono verificare talvolta delle regolarità inaspettate che potrebbero dare luogo all'auto-organizzazione.

DAL CAOS ALL'ORDINE E DALL'ORDINE AL CAOS

Improvvisiamoci fisici sperimentatori con un banale e illuminante esperimento, davvero poco costoso. Su una superficie piatta versiamo un po' di sale. All'inizio si forma un piccolo cumulo che diventa inizialmente sempre più ripido. A poco a poco cominciano a scivolare piccole quantità di sale lungo le pendici. Ad un certo punto la pendenza delle pendici della montagnetta inizia a non aumentare più, anche se si aggiunge altro sale. Pur ingrossandosi il cumulo, la forma rimane regolare.

l'unificazione delle differenti scienze, ricercando le leggi elementari che spiegano molti fenomeni apparentemente incomprensibili come l'estinzione di massa dei dinosauri, il crollo improvviso della Borsa, la formazione di organi complessi come l'occhio o il cervello. Un testo di riferimento è M. Mitchell Waldrop *Complessità. Uomini e idee al confine tra ordine e caos*, Instar Libri, Torino, 1995. Un interessante articolo sul caos deterministico si trova in <https://www.scienzainrete.it/contenuto/articolo/pietro-greco/ricerca-della-complessita-caos/aprile-2013>. Cowan (1920-2012) fu un chimico che contribuì a costruire la prima bomba nucleare e ottenne numerosi riconoscimenti per la sua eccezionale attività scientifica.

11 Il punto di “accumulazione” è il numero di Feigenbaum che indica la soglia oltre cui avviene la biforcazione nei sistemi dinamici. Il fisico e matematico Mitchell Jay Feigenbaum scoprì tal valore nel 1975. Lo fece casualmente, giocando con la sua calcolatrice. Ironicamente si potrebbe dire che scoprì la legge del caso per caso. Un testo affascinante è M. Livio, *Dio è un matematico. La scoperta delle formule nascoste dell'universo*, Rizzoli. tr. it. 2009. Si veda al proposito P. Odifreddi "La mappa logistica" in *Le Scienze*, n. 447, Novembre 2005, pag. 129.

Che cosa ci insegna l'esperimento? Una continua caduta caotica di sale (con traiettorie del tutto casuali) finisce per generare un ordine perfetto¹².

Il celebre fisico e matematico J. D. Barrow scrive al proposito:

Una piccola variazione nel modo in cui sono fatti cadere (i granelli) darà luogo a un significativo cambiamento nei loro successivi movimenti: alla fine si fermeranno in posti molto diversi nel cumulo. Quando vengono fatti cadere sul mucchio i primi granelli, essi tendono a perturbare soltanto i granelli a loro vicini. Ma a mano a mano che il cumulo si fa più ripido, nuove aggiunte daranno luogo a valanghe di granelli i cui effetti si estenderanno su una zona sempre più ampia delle pendici del mucchio. Quando l'inclinazione critica è raggiunta, una valanga può estendersi sull'intera superficie laterale del cumulo¹³.

Il primo che studiò questo straordinario fenomeno fu il fisico danese Per Bak: lo chiamò “criticità che si auto-organizza” (*self-organizing critically*, SOC). La natura presenta innumerevoli manifestazioni di questo tipo a tutti i livelli. Pur nella caoticità dei fenomeni, alla fine si realizza una stabilità che sarà poi destinata a rompersi per dare luogo a nuove caoticità e successive stabilità. Caso e legge si intersecano e si alternano in natura, così come avviene nel mucchietto di sale.

LA CAUSALITÀ NELL'APPARENTE

Negli ultimissimi decenni la scienza ha intrapreso una strada ancora più ardita che, nei suoi esiti più raffinati, mette in discussione lo stesso determinismo della realtà macroscopica che si è ritenuto fino ad oggi indiscutibile. Mi riferisco alla rivoluzione propugnata da uno scienziato di fama mondiale come il belga di origini russe Ilya Prigogine, premio Nobel per la chimica nel 1977 e sostenitore della teoria della complessità¹⁴. L'entropia è il cuore della sua visione del cosmo: ogni processo naturale è irreversibile e tende ad aumentare la sua entropia.

Scrivono lo scienziato:

Secondo il punto di vista classico la natura sarebbe un automa. Tuttavia, oggi scopriamo ovunque instabilità, biforcazioni, evoluzione. Ciò richiede una diversa formulazione delle leggi di natura che includa la probabilità e la rottura della simmetria temporale¹⁵.

Ormai si parla di una scienza nuova, la “fisica del non-equilibrio” che interessa ambiti disparati, come la biologia, la chimica, ma anche l'ecologia o le scienze sociali. Il tempo è “unidirezionale”. Tutti i processi, anche i più complessi, sono irreversibili. Prigogine ha posto al centro delle sue ricerche la nozione di “*freccia del tempo irreversibile*” tale per cui il cosmo è il frutto di processi che non possono prevedere la simmetria temporale, come si riteneva nella teoria fisica classica. Pertanto l'imprevedibilità dei fenomeni naturali, anche a livello macroscopico, è oggi considerata strutturale, nel senso che nemmeno ipotizzando una perfetta conoscenza delle cause di un certo fenomeno se ne potrebbero prevedere con certezza gli esiti.

12 Questo famoso esperimento è presentato e spiegato in J. D. Barrow, *Dall'io al cosmo. Arte, scienza filosofia*, Raffaello Cortina Editore, tr. it. a cura di S. Gattei, I ed. 2000, p. 186.

13 J. D. Barrow, *Dall'io al cosmo...*, op. cit., p. 186

14 I. Prigogine (1917-2003), è nato a Mosca, ma è naturalizzato belga.

15 I. Prigogine, *Il futuro è già determinato?*, Di Renzo Editore, 2007, p. 28.

Prigogine scrive:

Tutti questi fenomeni (le formazioni dei vortici, le oscillazioni chimiche o del raggio laser) illustrano il ruolo costruttivo fondamentale della freccia del tempo. L'irreversibilità non può più essere considerata una semplice apparenza destinata a sparire qualora potessimo accedere ad una conoscenza perfetta. Essa è una condizione essenziale alla coerenza del comportamento di popolazioni di miliardi e miliardi di molecole¹⁶.

La “freccia del tempo” in cui si generano fenomeni irreversibili e asimmetrici (a differenza che nella fisica classica, secondo cui i fenomeni della termodinamica sono simmetrici) non è un'illusione, ma è la caratteristica costitutiva del cosmo. La simmetria tra passato e futuro è rotta definitivamente. Non si può più predire il futuro sulla base di determinate cause. Analogamente non si può risalire alle cause, partendo da conseguenze date.

Un altro aspetto che ci allontana dalla concezione classica del cosmo è il fatto che oggi tutti i sistemi sono considerati dinamici e instabili. La scienza attuale indaga i fenomeni in termini di instabilità e fluttuazioni ad ogni livello. Nella visione tradizionale tutto era comunque sempre concepito in funzione della stabilità e dell'ordine. Le leggi della fisica sono ormai considerate delle semplici “possibilità” e non più certezze assolute.

Le implicazioni di una tale epistemologia in chimica e in biologica assumono un rilievo davvero fondamentale per quanto riguarda la natura dell'uomo, la possibilità della creatività e della stessa libertà. Le reti neurali si auto-organizzano, così come l'architettura cerebrale e l'intera complessità del nostro organismo. Ne va, dunque, della nostra specificità quanto a coscienza, pensiero, riflessione, capacità di simbolizzazione. Se fossimo totalmente determinati a livello genetico, saremmo automi. Se il caso non avesse avuto un ruolo di primaria importanza nella nostra evoluzione, tutto il nostro agire sarebbe il frutto di un arido meccanicismo. Tuttavia, il fatto che il caso sia tanto rilevante garantisce un'effettiva e consapevole libertà o rende solo reale l'imprevedibilità del nostro agire?

IL “CASO” DELLA BIOLOGIA

La complessità e il caos deterministico assumono un ruolo decisivo in chimica e biologia, dominio del nostro sviluppo cerebrale e, dunque, delle nostra intera attività creativa, mentale, ideativa. Almeno secondo le teorie delle concezioni evoluzioniste.

Per comprendere l'interazione che avviene a livello biologico tra caso e necessità, il riferimento più celebre è l'opera del biologo J. Monod, *Il caso e la necessità*, testo pubblicato nel 1970 e oggetto di interminabili discussioni tra gli specialisti. Sintetizzando le note conclusioni del premio Nobel per la Medicina (1965), la genetica mostra che gli organismi sono sì il prodotto delle leggi della fisica e della chimica, ma sono anche il risultato di un caso totalmente imprevedibile.

In termini semplificati, gli organismi sono dotati di un patrimonio genetico che si auto-organizza sulla base dell'interazione con l'ambiente e delle mutazioni casuali, ma nel rispetto della fondamentale legge della selezione darwiniana. In questo senso noi siamo il frutto di un intimo e

¹⁶ I Prigogine, *La fine delle certezze...*, op. cit., p. 13.

costante intrico di caso (le variazioni genetiche) e di necessità (la selezione naturale e la lotta per la sopravvivenza). Il caso assume nello studio della biologia una fondamentale rilevanza proprio a partire dall'opera di Monod. Secondo lo scienziato:

L'invarianza precede necessariamente la teleonomia. Per essere più espliciti, si tratta dell'idea darwiniana che la comparsa, l'evoluzione e il progressivo affinamento di strutture sempre più fortemente teleonomiche sono dovuti al sopraggiungere di perturbazioni in una struttura già dotata della proprietà di invarianza, e quindi capace di "conservare il caso" e di subordinarne gli effetti al gioco della selezione naturale¹⁷.

La selezione naturale, tutta orientata al rafforzamento delle funzioni fondamentali per la sopravvivenza, determina una sorta di apparente finalismo negli esseri viventi, perché questi si auto-organizzano (morfogenesi autonoma) in modo da essere sempre più e meglio adatti a sopportare l'interrelazione con l'ambiente. Tale auto-organizzazione è possibile in forza dell'invarianza genetica che consiste nel “potere di riprodurre e di trasmettere l'informazione corrispondente alla loro struttura”. Ogni organismo vivente si struttura in base a propri processi interni che sono autonomi e che non dipendono da interventi esterni. Dopo essersi auto-organizzato ed essere sopravvissuto, ogni vivente riproduce un proprio simile, conservando il proprio patrimonio genetico e la propria storia. Questo processo che ha portato, in milioni di anni di evoluzione, all'affermazione della vita nelle sue svariatissime forme, si attua nell'inestricabile interrelazione tra caso e necessità. Nessuna novità sarebbe mai comparsa, se non per il gioco cieco del puro caso. Scrive lo stesso Monod:

Le alterazioni nel DNA sono accidentali, avvengono a caso, e poiché esse rappresentano la sola fonte possibile di modificazione del testo genetico, a sua volta unico depositario delle strutture ereditarie dell'organismo, ne consegue necessariamente che soltanto il caso è all'origine di ogni novità, di ogni creazione nella biosfera. Il caso puro, il solo caso, libertà assoluta ma cieca, alla radice stessa del prodigioso edificio dell'evoluzione: oggi questa nozione centrale della Biologia non è più un'ipotesi fra le molte possibili o perlomeno concepibili, ma è la sola concepibile in quanto è l'unica compatibile con la realtà quale ce la mostrano l'osservazione e l'esperienza. Nulla lascia supporre (o sperare) che si dovranno, o anche solo potranno, rivedere le nostre idee in proposito.

La cosiddetta teleonomia (l'apparente progettualità che guida gli esseri viventi, o in termini filosofici il “finalismo”) non è inscritta in modo predeterminato negli organismi, ma è il frutto dell'auto-organizzazione e del rapporto con l'ambiente.

IN MILIARDI DI ANNI TUTTO PUÒ ACCADERE

La scienza dell'evoluzione propone un percorso di due miliardi di anni, durante il quale una sterminata rete di organismi unicellulari ha sovvertito lentissimamente, nei meandri più nascosti e ostili del pianeta, gli equilibri naturali per “riordinare” incessantemente gli elementi di una nuova chimica che ha reso possibile lo sviluppo delle cellule eucariote che hanno superato i limiti dei procarioti. Le successive ramificazioni evolutive sono intricatissime¹⁸. Anche il noto biochimico Ch. de Duve conclude, a proposito dell'affermazione della nostra specie sul pianeta, che:

17 J. Monod, *Il caso e la necessità*, cap. II, 1.

18 Per seguire l'affascinante sviluppo evolutivo delle diverse tappe degli organismi viventi sulla terra, si legga Ch. de Duve, *Come evolve la vita. Dalle molecole alla mente simbolica*, Raffaello Cortina Editore, 2003. Già il sottotitolo indica come la nostra “mente simbolica” non sia altro che il prodotto ultimo di un'impressionante metamorfosi naturale.

Per un certo numero di esperti, forse per la maggioranza, il messaggio della scienza è inequivocabile: si è trattato di un incredibile colpo di fortuna. La comparsa della specie umana ha rappresentato un evento estremamente improbabile, così improbabile da essere pressoché unico.

Il caso, dunque, anche per lo scienziato, come per altri illustri colleghi (G. Simpson, E. Mayr, S. J. Gould) ha giocato un ruolo decisivo. Proprio per l'estrema improbabilità che la vita si evolvesse fino alla forma umana per tale “incredibile colpo di fortuna”, alcuni scienziati ritengono impossibile (per le troppe variabili casuali) che ciò sia avvenuto senza un intervento esterno di un'intelligenza creatrice (il “progetto intelligente” del biochimico M. Behe) o di una causa per ora ignota (è la dottrina del misticismo evoluzionistico di uno scienziato come Teilhard de Chardin). Addirittura esistono posizioni di scienziati che ammettono la casualità come parte del piano di Dio per garantire il libero arbitrio e la libera adesione alle verità di fede (ad esempio il biologo statunitense Kenneth R. Miller).

Sul problema della casualità, de Duve prende una posizione condivisa dalla grande parte degli scienziati:

Dire caso non significa parlare di un numero illimitato di possibilità, ma significa semplicemente che la scelta tra le possibilità esistenti è regolata in modo rigoroso dalle loro probabilità. Le possibilità sono sempre finite... in conclusione il caso non esclude l'inevitabilità. La probabilità che un evento accada, per quanto improbabile, può avvicinarsi alla certezza se gli si forniscono sufficienti opportunità per verificarsi (come avviene nel gioco dell'evoluzione)¹⁹.

Peraltro, dopo un lungo argomentare sulle leggi dei grandi numeri, J. Masur nel suo ultimo libro conclude: “se esiste la benché minima probabilità che qualcosa accada, prima o poi, da qualche parte, è destinata ad accadere”²⁰.

Proprio la “teoria della complessità” di Prigogine afferma che ciò che è veramente originario ed eterno è il tempo. Tale constatazione avrebbe così garantito che qualche cosa di improbabile come la vita divenisse possibile o addirittura probabile. L'evoluzione ha avuto milioni o miliardi di anni a disposizione per i suoi esperimenti, ciechi e, in buona misura, casuali.

Come scrive il già citato fisico e matematico J. D. Barrow:

Fino a poco tempo fa il progresso della scienza fisica ha seguito strettamente la via consistente nelle leggi semplici che la sottendono. I moduli di insegnamento scientifico sono stati costruiti su di queste. Tuttavia, nel corso degli ultimi anni, si è avuta una rivoluzione nel nostro approccio alla Natura. L'avvento di computer potenti, economici e di piccole dimensioni, con sistemi grafici interattivi, ha aperto la strada per lo studio della complessità attraverso metodi esplorativi [...]. Abbiamo trovato il caos e un'organizzazione che mescola il caso e la necessità in modi sottili e inaspettati²¹.

Tutte queste considerazioni, al di là delle innumerevoli questioni che aprono sul piano scientifico, filosofico ed etico, portano ad una sorta di indeterminismo genetico, in qualche modo analogo all'indeterminismo subatomico e alla teoria della complessità di Prigogine. Poiché il sistema nervoso e neurale dell'uomo è, secondo tale concezione, il frutto di un tale imprevedibile

19 Ch. de Duve, *Come evolve la vita...*, op. cit., p. 232-233.

20 Una disamina molto curiosa e interessante circa le probabilità, il caso e le coincidenze si ha proprio nel recente testo di J. Mazur, *Travolti dal caso. Matematica e mitologie delle coincidenze*, Il Saggiatore, tr. it. a cura di E. Faravelli, 2017.

21 J. D. Barrow, *Dall'io al cosmo. Arte, scienza, filosofia*, Raffaello Cortina Editore, tr. it., I. Ed. 2000.

indeterminismo, gli scienziati spiegherebbero in tal modo la creatività, l'imprevedibilità, la progettualità, mai predeterminata, dell'essere umano.

L'IMPREVEDIBILITÀ UMANA

La casualità (anche nella sua variante della teoria del determinismo casuale) assume un ruolo ancora più incisivo in biologia e in chimica e, quindi, anche nell'organizzazione cerebrale. Soprattutto la biologia evoluzionistica presenta un alto tasso di aleatorietà, come già sosteneva il biologo e antropologo W. Baldwin Spencer nel 1909.

L'uomo è, al pari di tutti gli altri viventi, un organismo che si è auto-organizzato, pur inconsapevolmente, e che sopravvive nell'eterno intreccio tra la legge di sopravvivenza (necessità) e il caso legato alle imprevedibili mutazioni, biforcazioni e vicende accidentali. Il cervello umano, auto-evolutosi in modo assai più stratificato e complesso rispetto a quello degli altri organismi viventi, è passato attraverso mutazioni casuali di immenso impatto, tali cioè da garantire la sopravvivenza, ma anche tutto il suo ricco patrimonio simbolico, linguistico, emotivo e razionale.

La sopravvivenza è assicurata dallo sviluppo e dalla trasmissione di aree cerebrali deputate alle basilari funzioni neuromotorie. Il cervello si auto-programma per svolgere azioni mirate e per rappresentarsi sensorialmente il mondo esterno, secondo una specializzata capacità selettiva di quanto è utile alla sopravvivenza e indispensabile per orientarci nel mondo.

LO SVILUPPO CEREBRALE, TRA GENETICA E CASUALITÀ

Lo sviluppo del complesso sistema neurale e nervoso dell'uomo, fin dal periodo successivo al concepimento, assume per il profano modalità stupefacenti, secondo quanto descrivono i neuroscienziati che oggi conoscono il processo in modo abbastanza accurato.

Il celebre specialista J. LeDoux pone in modo chiaro le domande più intriganti:

Miliardi di neuroni del cervello sono interconnessi in modo complesso secondo criteri che rendono possibile l'ordinario (come la regolazione della respirazione) e lo straordinario (la fede in un'idea). Ma in che modo diventano neuroni le cellule nell'embrione in via di sviluppo, e come vanno a disporsi proprio nelle giuste sedi? In che modo gli assoni di tutte queste cellule trovano la strada fino alle loro aree bersaglio? E una volta che le hanno raggiunte, come fanno i terminali a capire con quali neuroni creare delle sinapsi? Siccome i vari passaggi richiedono del tempo, e poiché circuiti diversi percorrono questi passaggi secondo piani differenti, il nostro repertorio comportamentale e mentale si sviluppa gradualmente, ma in maniera non uniforme, durante l'infanzia²².

Segue un'ampia descrizione dello sviluppo del sistema nervoso, già a livello uterino, che lascia sconcertati per la sua impressionante complessità e per l'inimmaginabile quantità e diversificazione delle variabili che vi concorrono. Non possiamo soffermarci sul processo di formazione del nostro

22 J. LeDoux, *Il Sè sinaptico. Come il nostro cervello ci fa diventare quelli che siamo*, Raffaello Cortina editore, tr. it., 2002, p. 89 e segg.

cervello, ma la conclusione è quanto mai illuminante: il determinismo genetico non può essere disgiunto da una fondamentale componente di aleatorietà dovuta all'interrelazione con l'ambiente sia chimico che esterno.

Le leggi necessitanti della genetica convivono con l'imprescindibile casualità di molte altre cause e concause che non agiscono secondo un progetto predefinito ma che, variamente interagendo, vanno strutturando ed adattando il cervello nelle sue innumerevoli interconnessioni con il nostro organismo. Poco prima della nascita si formano circa 250mila neuroni al minuto! La primissima fase dello sviluppo cerebrale embrionale è in prevalenza controllata dai geni, dai loro prodotti e dall'ambiente chimico in cui si trovano. I geni sintetizzano le proteine (di cui alcune sono enzimi con la funzione di innescare le reazioni chimiche) che sono alla base di molti aspetti dello sviluppo cerebrale. In questa prima fondamentale fase tende a prevalere la componente deterministica su base chimica, anche se il percorso non è segnato in modo consequenziale e rigoroso. L'aleatorietà è sempre operante. L'embrione è, comunque, in relazione con l'ambiente esterno, rappresentato dalla chimica del corpo materno e, pertanto, non si potrebbe comunque parlare di una sua intrinseca predeterminazione. Ad esempio una situazione di particolare stress della madre o il consumo di alcolici influisce sullo stato ormonale con conseguenze imprevedibili sull'embrione. Analogamente dicasi dell'alimentazione della madre che va ad alterare importanti reazioni chimiche del feto. Tutto ciò è casuale, perché nemmeno un'ipotetica conoscenza perfetta di tutte le cause e le concause potrebbe far prevedere l'esito finale. In ultimo la complessa architettura cerebrale si fonda su strutture anatomiche, ma si attiva in modo globale, sulla base di fondamentali neurotrasmettitori, neuromodulatori ed ormoni che rendono possibili tutte le nostre funzioni mentali, linguistiche e vitali. Non sarebbe nemmeno possibile sentire, vedere, ricordare, provare gioia o altro se non vi fosse una continua trasmissione sinaptica eccitatoria regolata da sinapsi inibitorie e modulata da peptidi, amine e ormoni²³.

Parlare, anche nel caso dell'uomo, di “caos deterministico” appare piuttosto azzardato, anche se non lo si può del tutto escludere in linea teorica. Potrebbe forse darsi una forma di “determinismo biochimico” che, pur apparendoci “caotico” per la sua complessità, conduce ad una forma di necessità comportamentale e decisionale. È più verosimile che, anche in virtù dell'interazione con l'ambiente esterno, i processi biochimici e fisiologici siano, almeno in una certa misura, davvero casuali, nel senso che le “biforcazioni” e le mutazioni accidentali garantiscono una reale indeterminatezza all'essere umano, alle sue decisioni e al suo agire. Sul piano fenomenico l'individuo ci appare unico, dotato di pensiero autonomo e di capacità di azione non predeterminata.

CAOS E ORDINE CEREBRALE

L'evoluzione dell'essere umano gli ha consentito di mettere in atto un'esistenza dotata di un senso dell'ordine, più o meno accentuato. Salvo particolari patologie, ci organizziamo in modo funzionalistico e, tuttavia, nel perseguire tale fine generiamo anche disordine. Questo aspetto assume nel nostro discorso una specifica rilevanza.

Un tempo gli scienziati pensavano che l'organismo vivente avesse la capacità di creare ordine a

23 Per i complicati processi biochimici, cfr. J. Le Doux. *Il Sè sinaptico...*, op. cit., pp. 84 e segg.

differenza del regno minerale che era, invece, il mondo del caotico. Oggi tale distinzione non è più sostenibile. Il vivente si evolve nel rispetto delle stesse leggi che regolano la fisica e la chimica. Pertanto anche i sistemi fisiologici dell'uomo (sistema nervoso compreso) “*creano effettivamente ordine, ma al prezzo di produrre tanto disordine nell'ambiente circostante. Il bilancio finale è sempre a vantaggio della produzione di disordine*”²⁴. Ancora una volta l'ordine non è il risultato della nostra attività, ma quest'ultimo è sempre strettamente correlato al caos.

Anche nella concezione del “darwinismo neurale”, secondo cui i neuroni che sopravvivono, in quanto indispensabili per le nostre funzioni vitali e conoscitive, sono il frutto di una lunga evoluzione. Le interazioni biochimiche e le relazioni con l'ambiente esterno del nostro cervello sono talmente numerose e imponderabili da rendere impossibile immaginare una qualsivoglia forma di determinismo calcolabile, nemmeno in linea teorica.

Come scrive il massimo specialista del “darwinismo neurale” G. M. Edelman:

*Il cervello funziona accoppiando in modo selettivo i suoi repertori non lineari con eventi a volte nuovi e non lineari, forniti da segnali provenienti dal mondo e dal sé. Con l'avvento del linguaggio vero e proprio e della coscienza di ordine superiore si può fare esperienza di un numero enorme di discriminazioni. La degenerazione e l'associatività di queste discriminazioni sono accompagnate da un insieme ancora più immenso di combinazioni e ricombinazioni di stati integrati del nucleo dinamico. Questi stati non sono necessariamente veridici e, per di più, spesso sono frutto di costruzioni, sono contingenti e dipendono dal contesto... Un sistema siffatto è esposto a eventi contingenti che hanno luogo al suo interno esattamente come è esposto alle contingenze esterne. Può presentare stati singolari come pure regolarità e alcuni di questi stati vengono vissuti come caratteristiche private, irriducibili, della soggettività*²⁵.

Ancora una volta le leggi della biochimica e la casualità sono inestricabilmente interconnessi. La stessa strutturazione evolutiva dei gruppi di neuroni che migrano nelle diverse aree del cervello non avviene per deterministiche istruzioni del genoma, ma ha sempre un'origine epigenetica, cioè legata alle influenze ambientali che sono innumerevoli e imprevedibili. Il codice genetico non fornisce uno schema preciso e dettagliato e la stessa selezione naturale che interessa i neuroni è stocastica.

Le connessioni sinaptiche, dovute ad una vera e propria competizione tra le popolazioni di neuroni, sono in continua evoluzione e non è possibile prevedere, nemmeno in linea teorica, la loro mappatura futura. Per questo le esperienze umane sono immensamente ricche e non sono probabilmente soggette ad un vero e proprio determinismo.

IL CERVELLO COSTRUISCE IL MONDO

Caso e leggi deterministiche strutturano il nostro cervello che dà origine ai nostri pensieri, alle emozioni, ai ricordi e alle fantasie di ogni genere. Le neuroscienze, supportate dai riscontri della fisica, dimostrano che noi non conosciamo il mondo così come è in sé. Il mondo è oggettivo, ma il

24 E. Boncinelli, G. Sciarretta, *Verso l'immortalità? La scienza e il sogno di vincere il tempo*, Raffaello Cortina Editore, I ed. 2005, p. 76

25 G. M. Edelman, *Seconda natura. Scienza del cervello e consocenza umana*, Raffaello Cortina Editore, tr. it. 2006. p. 88. Edelman ha ottenuto il premio Nobel per la Fisiologia e la Medicina nel 1972. È direttore del *Neurosciences Institute* di San Diego ed è presidente del Dipartimento di Neurobiologia presso lo *Scripps Research Institute* di La Jolla in California.

nostro apparato sensoriale non si è evoluto per conoscere il mondo nella sua oggettività²⁶. Noi abbiamo l'impressione di percepire la realtà così come è, ma i nostri processi sensoriali rendono impossibile accedere alla realtà oggettiva. Il cervello, come sistema di sistemi neurali, interpreta continuamente la cosiddetta realtà, creando sempre nuove immagini, prospettive e novità. Sotto questo profilo, la nostra vita individuale non può mai prevedere una qualsivoglia forma di determinismo. La nostra percezione del mondo è perennemente variabile, in movimento e, dunque, creativa. Il cervello si è evoluto per costruire un senso, per garantirci una stabilità soprattutto nella relazione con un mondo-ambiente fondamentalmente caotico e, per gli scienziati, afinalistico. Per questo tendiamo a fossilizzarci sulle abitudini, la cosiddetta *omeostasi*. Siamo in continua tensione tra la stabilità rassicurante e il desiderio di novità. Il mondo subatomico è indeterministico, la realtà macroscopica è una complessità intricata e non lineare, il nostro mondo percepito è soggetto a rielaborazioni mentali per garantire un senso e una continuità alla sconnessione del mondo. La nostra plasticità cerebrale consente tutto questo e rende possibile una sensazione di libertà che, pur essendo forse illusoria sul piano filosofico, accomuna tutti gli esseri umani.

LA CAOTICITÀ NEURALE SALVA LA LIBERTÀ?

Nella secolare disputa sul libero arbitrio, l'indeterminismo strutturale del cervello e del nostro organismo non sarebbe comunque una garanzia di "libertà metafisica". Infatti con quest'ultimo termine si indica un'autentica e originaria libertà di scelta di fronte a diverse possibilità. Se anche il mio cervello si è auto-organizzato in virtù di una infinita serie di variabili non predeterminate, ciò non implica di per sé che io sia il consapevole autore delle mie decisioni. L'io continuerebbe a "non essere padrone a casa sua", parafrasando la celebre espressione di S. Freud. La "libertà metafisica" è ben altra cosa e implica una sostanza, un io cosciente che decida in prima persona il corso degli eventi. Alcuni studiosi, sottilmente, affermano che ci potrebbe essere solo una sorta di determinismo "locale", come potrebbe essere quello scientifico. In altri termini, si potrebbe ammettere che gli aspetti biochimici sono regolati dalle leggi della natura, ma nel contempo sostenere che tale affermazione settoriale non inficerebbe la libertà ontologica umana in quanto tale²⁷. Infatti il discorso scientifico non può pretendere di giudicare della "libertà metafisica" che si pone su un piano squisitamente filosofico. Gli scienziati, invece, procedono coerentemente con un approccio sperimentale. In particolare si sta molto studiando il comportamento sociale su base neurale. Perché un individuo si dimostra generoso e altruista verso gli altri, mentre un altro è asociale e aggressivo? Si tratta di una libera scelta o la struttura neurale li predetermina ai rispettivi comportamenti? Le ricerche sono condotte soprattutto con tecniche di *neuroimaging* e con evidenze cliniche. Sussistono prove che, come scrivono gli psichiatri P. Rocca e F. Bogetto:

un importante e consistente network neurale è implicato nella cognizione morale. Persistenti comportamenti antisociali sono stati descritti a lungo (insanità morale, compromissione del senso morale)... la prova che specifiche zone cerebrali possano essere cruciali per il comportamento morale è stata fornita dai primi casi di

26 La convergenza tra neuroscienze ed esiti della fisica si manifesta con chiarezza anche solo leggendo due testi accessibili e stimolanti di un neuroscienziato come Beau Lotto e di un Fisico teorico come C. Rovelli. Si vedano B. Lotto, *Percezioni*, Bollati Boringhieri, tr. it. 2017 e C. Rovelli, *Il mondo non è come ci appare. La struttura elementare delle cose*, Raffaello Cortina Editore, 2014.

27 Per una disamina circa il concetto di libero arbitrio, si veda M. De Caro, *Il libero arbitrio. Una introduzione*, Editori Laterza, 2009. In particolare su determinismo e indeterminismo p. 11 e segg.

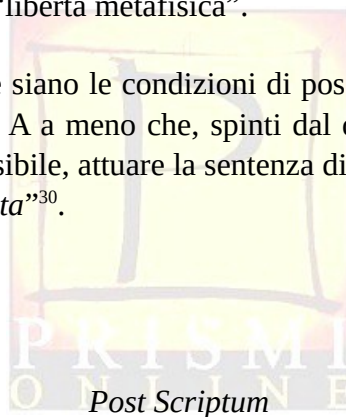
danno del lobo frontale. Più recentemente gli studiosi hanno iniziato a inserire queste osservazioni nella sfera della cognizione morale, rinforzando il legame tra neuroscienze, psicologia dello sviluppo e psicologia morale... lesioni della corteccia prefrontale ventromediale acquisite in età precoce determinano una compromissione sia del ragionamento sia del comportamento morale²⁸.

Questi rilievi suscitano un ampio dibattito e sembrano dare credito ad una sorta di “determinismo neurale”, se così si può dire. In effetti, tuttavia, le neuroscienze al momento non sono in grado di escludere una qualche forma di libertà umana. Se la fisica subatomica propende per l'indeterminismo (nonostante permangano seri dubbi sulla causalità necessitante sul piano macroscopico), le neuroscienze sembrano propugnare una sorta di causalità fra il sistema neurale e biochimico e le nostre azioni. La filosofia dal canto suo può affermare con M. De Caro:

il problema della libertà non sarebbe risolto neppure se un giorno si riuscisse effettivamente a mostrare che l'ambito dell'agire umano è indeterministico. In sé, in effetti, il mero indeterminismo fisico – comportando la semplice casualità degli accadimenti – non garantisce affatto la libertà; anzi, secondo molti filosofi, la rende impossibile. L'idea è che se fosse vero l'indeterminismo le azioni umane, al pari di tutti gli altri eventi, sarebbero fisicamente indeterminate... in questo modo gli agenti non eserciterebbero alcun controllo sulle proprie azioni... la libertà collaserebbe sul caso. Indubbiamente l'idea di libertà che ci sta a cuore (quella connessa all'autonomia, alla responsabilità, alla retribuzione, alla dignità, alla razionalità) non ha nulla a che spartire con il caso, con la mera accidentalità²⁹.

D'altro canto le neuroscienze non potranno mai, per statuto epistemologico, spiegare la sorgente ultima e originaria di una supposta “libertà metafisica”.

Che cosa sia la libertà e quali ne siano le condizioni di possibilità rimane, dunque, un problema aperto e, secondo molti, insolubile. A a meno che, spinti dal desiderio di agire responsabilmente, non si decida, ammesso che sia possibile, attuare la sentenza di I. B. Singer: “Noi dobbiamo credere al libero arbitrio: non abbiamo scelta”³⁰.



Mentre sto terminando il presente scritto, ricevo notizia della pubblicazione di un ponderoso volume (499 pagine!) che rimette in discussione ogni possibile libertà per l'uomo³¹. Dopo una lunghissima disamina del problema, il filosofo R. Martinez non ha dubbi. Se tutto dipende dal nostro cervello che non ci siamo scelti e dalle influenze dell'ambiente che non possiamo controllare, nulla può essere deciso in virtù di un atto libero e pienamente consapevole. Parafrasando Schopenhauer, “noi possiamo fare tutto ciò che vogliamo, ma non possiamo decidere che cosa volere”. Non siamo nemmeno più responsabili delle nostre azioni. Pentimento, colpa, vergogna perdono addirittura il loro senso. L'intera civiltà giuridica dovrebbe vacillare nei suoi stessi fondamenti. Unico criterio per giudicare della nostra vita e per ipotizzare le condizioni del nostro stesso futuro è la fortuna che ci ha inconsapevolmente garantito un certo genoma, un certo cervello,

28 P. Rocca, F. Bogetto, *Fotografare il cervello. Neuroimaging e malattie mentali*, Bollati Boringhieri, 2010, p. 176.

29 M. De Caro, *Il libero arbitrio...*, op. cit., p. 19

30 Sul tema delle neuroscienze e del libero arbitrio, mi permetto di rimandare al mio articolo “Lettore sei davvero libero di leggere questo articolo”, *Prismi*, Anno X, 2011.

31 Si tratta di R. Martinez, *Creare la libertà. Potere, controllo e la lotta per il nostro futuro*, Codice, aprile 2018.

determinate e casuali interrelazioni con l'ambiente. Tutto questo rimane fermo, salvo poi argomentare, come fa Martinez, che è possibile in un qualche modo crearci una nostra libertà. Stimolante scoprire come.

Un dibattito destinato a durare. Già Dante, peraltro, ci ammoniva che era vano spiegare il mistero della fortuna, poiché essa permuta *“a tempo li ben vani/di gente in gente e d'uno in altro sangue,/oltre la difension d'i senni umani/ per ch'una gente impera ed altra langue/segundo lo giudicio di costei,/che è occulto come in erba l'angue”*³².



32 D. Alighieri, *Inferno*, canto VII, vv. 78-84.