

PER CLAUDE SHANNON (1916-2001), IL SURREALISTA

Piccola rassegna di pubblicazioni che trattano dello sviluppo delle scienze della complessità. L'azione si svolge in tre atti: cibernetica, principio di autorganizzazione, leggi del caos. Il cast include protagonisti famosi e altri che dovrebbero esserlo, variamente impegnati con la ricerca matematica, gli affari e i casinò, pur di falsificare popperianamente la seconda legge della termodinamica e quella di Stéphane Mallarmé: *Jamais un coup de dés n'abolira le hasard*.

Se ci fosse stato un mercato azionario per le teorie scientifiche, per un certo periodo avremmo puntato volentieri i nostri (virtuali) fondi pensionistici sui produttori di complessità: erano "bullish", come dicono in inglese. Fra i più combattivi, c'era il fisico Murray Gell-Mann, detto MGM per l'arroganza hollywoodiana, con il suo Istituto di Santa Fe per lo Studio della Complessità in un delizioso ex convento in adobe su una collina nell'aria sana del New Mexico. C'era il chimico Ilya Prigogine che si occupava di strutture dissipative ma voleva dissiparle sebbene radicarle, e anche meglio se in un centro studi altrettanto accogliente di quello fondato dal rivale MGM. E parecchi torelli aggressivi come giovani Miura. Una sana concorrenza: la pensione era assicurata. C'erano metafore e innovazioni gergali fatte apposta per sedurre la giornalista, e i "giochi linguistici" à la Wittgenstein di cui parla Hilary Putnam in questo numero di "Kéiron". Da un punto di vista terra terra, accadeva alla complessità degli anni Novanta quello che era accaduto alla relatività di Einstein negli anni Trenta: la parola

circolava in ogni contesto a significare che tutto era complicato. Gli studiosi miravano molto in alto, come spiega Pietro Greco in *Evoluzioni: dal Big Bang a Wall Street, la sintesi impossibile* (Napoli, Cuen, 1999), miravano a una teoria del tutto, a un modello di predizione valido per qualunque cosa: dal succedersi delle specie all'andamento del Dow Jones. Meno critiche di Greco, eravamo felici che un contendente si presentasse a sfidare il riduzionismo, imperante dalle stelle ai mitocondri da quando era stata identificata la doppia elica del Dna.

A essere sincere, la complessità aveva già fatto capolino nel dopoguerra sotto il nome di cibernetica. I nomi e le opere dei padri, i matematici John von Neumann e Norbert Wiener, sono noti, ma ce n'era un terzo, Claude Shannon l'ingegnere. Nel 1936, aveva pubblicato *A Symbolic Analysis of Relay and Switching Circuits*, "una delle tesi di laurea più importanti che sia mai stata scritta", stando allo storico della scienza H. H. Goldstine, "una pietra miliare che ha fatto passare la progettazione dei circuiti integrati da un'arte a una scienza" (nota per i lettori di



cultura umanistica: Goldstine intende questa affermazione come un complimento). Su quella pietra, la tecnologia costruisce tuttora chip, satelliti o telefonini, e la matematica costruisce tuttora il calcolo quantistico o la crittografia.

Nella tesi di dottorato del 1941, Shannon aveva poi proposto una teoria matematica della genetica che nessuno capì. Quando venne pubblicata nel 1993, quelli che con fatica ne avevano elaborato intanto pezzi e bocconi per affrontare la bioinformaticizzazione della genomica, della proteomica o della gliomica, ci ritrovarono le proprie idee ma in bell'ordine. Diversamente da Von Neumann e Wiener, Shannon era anche un inventore. All'epoca in cui nasceva il computer ENIAC - per *Electronical Numerical Integrator And Calculator*, integratore e calcolatore numerico elettronico -, lui dimostrava giulivo agli amici il funzionamento del THROBAC. L'acronimo stava per *THrifty ROman numeral BAcward-looking Computer*, e infatti l'oggetto era una calcolatore al risparmio, a base di numeri romani, capace di fare le quattro operazioni. Giocava anche sul senso della parola inglese *throwback*: passo indietro, regressione. Su *Nature* del 12 aprile scorso, Robert Calderbank e Neil Sloane scrivono che Shannon era un patito del bricolage surreale: "Il suo studio di Winchester, nel Massachusetts, era zeppo di congegni analoghi [al THROBAC], compreso un topolino meccanico che tro-

vava da solo la strada per uscire dai labirinti e una miracolosa macchina-gioco-liere. Da una catena rotante al soffitto, come quelle usate per la pulitura a secco, svoltavano le toghe ottenute insieme a una ventina di dottorati *honoris causa*. Erano uno spettacolo". Negli anni Cinquanta, Shannon univa fisica e informatica nel tentativo di dare un nuovo senso alla parola entropia: l'aveva mutuata dalla meccanica statistica ottocentesca, per designare la quantità di informazione contenuta in una fonte di *bit*.

Does the flap of a butterfly's wings in Brazil set off a tornado in Texas?

L'entropia è la protagonista del secondo atto della complessità. Sono gli anni Sessanta. La cibernetica in voga sta per essere soppiantata dalla termodinamica del non equilibrio di Lars Orsanger (Nobel 1968), al quale Ilya Prigogine (Nobel 1977) aggiunse le strutture dissipative di cui sopra. I due avevano la pretesa di invalidare la seconda legge della termodinamica per la quale l'entropia, o stato di disordine di un sistema - ripiano della scrivania o universo fa lo stesso - tende ad aumentare: volevano completarla e contraddirla con il principio di autorganizzazione. Il quale viene falsificato ogni giorno dal ripiano della scrivania (per l'universo non sapremmo, ma se tanto ci dà tanto...), eppure "contribuì alla creazione di un clima

culturale culminato, verso la metà degli anni Ottanta, nell'esplicita ricerca del secondo principio della complessità", scrive Pietro Greco. Stava per sorgere il sol dell'avvenire: la teoria del caos. Ad annunciare l'alba fu il volo di una farfalla. Anche questa proveniva dall'Ottocento, discendeva dalle equazioni differenziali a derivate parziali di Sonja Kovalevskaja, poi affinate da Andrej Kolmogorov in un capolavoro del 1933, *Fondamenti della teoria della probabilità*. I fondamenti in questione dovevano molto anche ai lavori di Henri Poincaré a cavallo del Novecento, poi tornati d'attualità scientifica dal 1968, grazie all'interesse del fisico Jean-Marc Lévy-Leblond (cf. in *Aux Contraires*, Parigi, Gallimard, 1996, il capitolo "Déterminaté/Aléatoire"). La farfalla comparve nel titolo dell'intervento di Edward Lorenz a un convegno dell'*American Association for the Advance-ment of Science* tenutosi a Austin, Texas, nel 1972. Meteorologo per conto dell'aeronautica militare durante la seconda guerra mondiale, Lorenz aveva chiaro almeno quanto i suoi superiori che le sue previsioni settimanali diventavano sempre meno azzeccate con il passare dei giorni. Tornato alla vita civile, si accorse che bastavano minuscoli cambiamenti nelle condizioni iniziali trascritte nelle sue equazioni, perché il bel tempo stabile si trasformasse in burrasca. Perfino sistemi più semplici del clima, più controllati e deterministici

del ripiano di una scrivania, per esempio una tazzina di caffè o una ruota idraulica, tendevano presto a comportarsi in maniera imprevedibile, o caotica. Ma nel caso della ruota o della tazzina, era possibile prevedere in quale punto dello spazio e del tempo l'acqua o il caffè si sarebbero imbizzarriti: bastava sviluppare i moti iniziali su una curva tridimensionale, l'"attrattore di Lorenz". Ad Austin, Lorenz era andato a mostrare alcune applicazioni del suo attrattore, e a Philip Merilees, l'organizzatore del convegno, aveva spedito in anticipo il sunto del proprio intervento con un titolo in cui batteva le ali un gabbiano. Però la figura disegnata dall'attrattore somigliava a una farfalla e, per coerenza, sul programma Merilees fece stampare: "Predictability: Does the flap of a butterfly's wings in Brazil set off a tornado in Texas?". Per quindici anni il lepidottero non si avventurò fuori dal campo scientifico. Ma dopo la sua divulgazione in *Caos* di James Gleick (1987; Milano, Rizzoli, 1989) invase ogni tipo di *mass media*, da Jurassic Park a Scientific American, combinando tempeste, cicloni e uragani in tutto il mondo. Per gli interessati, in *La vasca di Archimede* (Milano, Raffaello Cortina, 1998), Sven Ortoli e Nicolas Witkowski hanno compilato una tabella che incolonna "Habitat della farfalla" e "Sito della catastrofe" accanto a una cinquantina di fonti inglesi, americane e francesi.

La "Cricca del Caos" sbanca Las Vegas

Cambio di scena. All'inizio degli anni Settanta, Doyne Farmer e Norman Packard sono studenti squattrinati dell'Università della California a Santa Cruz. Da bambini a Silver City, nel Colorado, appartenevano a uno stesso gruppo di boyscout dedicato alla scienza, e passavano i weekend a sviscerare vecchie radio. Da ragazzi, il loro mito è Shannon, il quale aveva costruito insieme al matematico Edward Thorp un piccolo calcolatore analogico corredato di radiotrasmittente non più grande di un pacchetto di sigarette con il quale sconfiggere l'azzardo nei giochi d'azzardo. Purtroppo i circuiti erano inaffidabili e l'apparecchio acustico usato per la radiotrasmittente emetteva fischi troppo indiscreti. Farmer e Packard ci provano di nuovo con Jim Crutchfield, fidando nei recenti progressi delle tecnologie digitali. I tre, detti la "Cricca del Caos", comprano una roulette, filmano migliaia di lanci della pallina scomponendone il percorso con luci stroboscopiche e celle fotoelettriche. Analizzano i dati con il computer dell'università e scoprono che partendo da una descrizione accurata del moto iniziale della pallina, è possibile prevedere con una probabilità assai superiore al cinquanta per cento in quale ottante della roulette andrà a finire.

Inventano i necessari algoritmi e li usano per programmare minicomputer che Farmer e Packard si sistemano

nelle scarpe. Un pulsante azionato dall'alluce invia segnali captati da solenoidi nelle suole di quello che sta seduto al banco della roulette. I solenoidi vibrano con combinazioni di tre frequenze diverse - bassa, media, alta - in base all'ottante sul quale puntare. Ci vogliono mesi per risolvere i problemi di software e anche per trovare il modo di schermare le scarpe, perché il campo elettromagnetico dovuto alle luminarie di Las Vegas interferisce con la ricezione dei segnali. Alla fine funziona. Così bene che una sera, alcune guardie li aspettano all'uscita e danno loro una dimostrazione "dell'effetto maschio nerboruto" come lo definì poi Crutchfield. Nonostante avessero deciso di non strafare, la fortuna di Farmer e Packard aveva insospettito gli statistici che lavoravano per i casinò. Un'ordinanza del Comune vietò l'uso dei computer in tutte le sale da gioco di Las Vegas.

La notizia di quel successo fece il giro dei campus della California, e lo studio del caos deterministico decollò, con annessi simposi e atti. Murray Gell-Mann, che non aveva mai scritto altro che formule, scrisse *Il quark e il giaguaro* (Torino, Bollati Boringhieri, 1996) per erudire il *vulgum pecus* sulla "rivoluzione concettuale del secolo", con molti quark e nemmeno un giaguaro in quasi 600 pagine. Gli costò "una fatica immane, gli anni peggiori della mia vita" al punto che, per non ripetere l'esperienza, rinunciò a scrivere l'autobiografia per la

quale l'agente letterario John Brockman gli aveva promesso un anticipo di un milione di dollari.

Ma il ripiano della scrivania continua a riflettere la seconda legge

I saggi spuntavano come funghi ma le leggi universali della complessità non parevano dare gran esiti. Non che si pretendessero applicazioni immediate, ma alla domanda di Lorenz "Does the flap of a butterfly's wings in Brazil set off a tornado in Texas?", la risposta restava sempre "forse". Le configurazioni regolari che teoricamente sottostavano a tutti i fenomeni naturali tardavano ad apparire e il ripiano della scrivania continuava imperterrita a riflettere la seconda legge.

Il medico, biologo, matematico, informatico e businessman Stuart Kauffman era riuscito a fare evolvere nel computer automi retti da funzioni booleane ma "intelligenti" più o meno come amebe. Con poche eccezioni, la complessità è troppo dipendente dall'informatica per dare risultati in biologia, sostiene il genetista Richard Lewontin nel finale dell'edizione americana di *Geni, organismo e ambiente* (Cambridge, Mass., Harvard University Press, 2001; ed. italiana Laterza-Sigma-Tau, 1999). E in cosmologia, non rende ancora conto della struttura dell'universo, sostiene l'astronomo inglese Martin Rees in *Cosmos, Our Habitat* (in pubblicazione da Prince-

ton University Press). Semplicemente, dicono entrambi, l'organismo e l'universo sono troppo complicati perché i modelli di Santa Fe aiutino a delinearne passato, presente e futuro. Martin Rees, persona spiritosa, ha scelto un titolo che fa il verso a quello del libro di Stuart Kauffman, *A casa nell'universo* (Roma, Editori Riuniti, 2001). Richard Lewontin, altrettanto spiritoso, raccomanda agli amici che vogliono conoscere le ultime teorie sullo sviluppo degli organismi di leggere *Crescita e forma* di D'Arcy Wentworth Thompson, la cui prima edizione risale al 1917, e quella aggiornata al 1942 (appena ristampata da Bollati Boringhieri).

Il Caos imprenditoriale

Le leggi del caos e della complessità di cui Kauffman scrive con tanta eloquenza gli serviranno almeno nella sua attività di imprenditore? Kauffman ha infatti fondato e dirige *BiosGroup*, una società di consulenza. Mentre era di passaggio a Milano in marzo, ci spiegava che *BiosGroup* aveva aiutato la *Procter & Gamble* a rendere "più fluida, snella ed efficace" la distribuzione dei suoi prodotti, riorganizzando i magazzini centrali, la maniera di caricare i camion e di rifornire grossisti e dettaglianti. Così abbiamo saputo che la *Procter & Gamble* opera oggi con un modello basato sui flussi laminari: la distribuzione dovrebbe scorrere come un fiume tranquillo, senza gli intralci di gorgi e ingorgi. Siamo state

costrette a dedurre che la multinazionale risparmia sugli spostamenti di shampoo, saponette e dentifrici grazie all'idrodinamica delle turbolenze, il cui studio non risale esattamente a Leonardo da Vinci ma quasi.

In coincidenza con il libro e la visita in Italia di Kauffman, è uscito *Sbancare Wall Street* di Thomas Bass (Milano, Feltrinelli, 2001), l'autore che aveva narrato le avventure della "Cricca del Caos" a Las Vegas nel romanzo *The Eudaemonic Pie*. Nel secondo volume della saga, Farmer e Packard fondano con un po' di amici la *Prediction Company* di Santa Fe, e fanno "fortuna in Borsa applicando la teoria del caos". Siamo grate a Bass di averci chiarito lo scopo degli scienziati della complessità. Era già quello di Fermat, di almeno due dei Bernoulli, del marchese di Laplace, di Ada Byron contessa Lovelace, Henri Poincaré, Claude Shannon e Henry Thorp: vincere al gioco, non per diventare ricchi ma per sconfiggere il caso. Se no, invece di lavorare giorno e notte per anni con attrattori strani, numeri di Zipff, algoritmi genetici e altre diavolerie matematiche, Farmer e Packard avrebbero fatto *La grande rapina al treno*.

La mente brillante ormai ottenebrata dall'Alzheimer, Claude Shannon è morto povero, il 24 febbraio scorso, a 84 anni.