

**EMILIO SISI**

## **COMPLESSITA'**

**Radici e senso di un concetto di cui non possiamo fare a meno.  
Un manuale contro i luoghi comuni.**

**LUGLIO 2023**

## INDICE

<b>COMPLESSITA': UNA PRESENTAZIONE</b>	<b>p. 2</b>
<b>1)TRE MOMENTI DI COMPLESSITA'</b>	<b>p. 9</b>
<b>2)I PRINCIPI ULTIMI - LE TRE LEGGI DELLA LOGICA: ESSERE E NON ESSERE</b>	<b>p. 21</b>
<b>3)ALL'ORIGINE DEL NUOVO STATUS EPISTEMOLOGICO DELLA COMPLESSITA': Parte prima.</b>	<b>p. 27</b>
<b>4)ALL'ORIGINE DEL NUOVO STATUS EPISTEMOLOGICO DELLA COMPLESSITA': Parte seconda.</b>	<b>p. 37</b>
<b>5)ALL'ORIGINE DEL NUOVO STATUS EPISTEMOLOGICO DELLA COMPLESSITA': Parte terza.</b>	<b>p. 48</b>
<b>6)CONOSCERE LA CONOSCENZA: LA SCIENZA E LE SUE MOLTE FACCE. IL PASSATO.</b>	<b>p. 61</b>
<b>7)CONOSCERE LA CONOSCENZA: LA SCIENZA E LE SUE MOLTE FACCE. IL FUTURO (parte prima).</b>	<b>p. 72</b>
<b>8)CONOSCERE LA CONOSCENZA: LA SCIENZA E LE SUE MOLTE FACCE. IL FUTURO (parte seconda).</b>	<b>p. 89</b>
<b>9)LA COMPLESSITA', LA NOSTRA PERSONA, LA NOSTRA VITA.</b>	<b>p. 108</b>
<b>UNA BIBLIOGRAFIA AMPIA, UTILE PER ENTRARE NEL MONDO DELLA COMPLESSITA'</b>	<b>p. 117</b>
<b>UNA BIBLIOGRAFIA RAGIONATA, UTILE PER ENTRARE NEL MONDO DELLA COMPLESSITA'</b>	<b>p. 127</b>

## COMPLESSITA': UNA PRESENTAZIONE

**COMPLESSITA'**

- Dubbi, curiosità, fantasmi, certezze e incertezze

$$\Delta x \Delta p \geq \frac{\hbar}{2}$$

Non domandarci la formula che mondi possa aprirti,  
si qualche storta sillaba e secca come un ramo.  
Codesto solo oggi possiamo dirti,  
ciò che non siamo, ciò che non vogliamo.  
E. MONTALE: *OSSI DI SEPPIA*, 1923

Non si può determinare la misura simultanea della posizione e del  
momento (quindi della velocità) di una particella.  
W. HEISENBERG : *PRINCIPIO DI INDETERMINAZIONE*, 1927

Sempre più si fa strada a tutti i livelli la parola “complessità”, ma per molti rimane una terra incognita, tanto che alcuni la scambiano per “complicazione” mentre per altri è sinonimo di “confusione”, un modo cioè per non voler vedere la realtà nei suoi nitidi contorni. Lo si è visto nell’aggressione russa all’Ucraina, quando i filorussi dicevano che la situazione era complessa per giustificare la guerra di Putin: il problema è che i difensori dell’Ucraina aggredita non sapevano andare oltre lo schematico del giusto e dello sbagliato. Ciò avveniva perché, come ormai purtroppo da decenni, non si riesce ad andare oltre la contrapposizione culturale tra il ricorso a leggi e valori assoluti e, se si riconosce che questi hanno fatto il loro tempo, allora l’unica prospettiva è l’imprevedibilità, che porta automaticamente al relativismo culturale.

Nel primo caso data una causa ne deriva necessariamente un dato effetto, nel secondo caso invece ogni fenomeno ha valore di per sé: ricordate il motto grillino “*Uno vale uno?*”.

In questo libro cercherò di mostrare come esista **una via diversa dal determinismo e dall'imprevedibilità** e questa via è quanto la Scienza della complessità sta sviluppando da almeno 30 anni. Questa via è **la via della complessità**, una via che è sempre più percorsa da scienziati e studiosi di ogni disciplina e che dunque non è una delle tante fantasie che popolano la mente umana, ma una visione culturale che parte dallo studio sempre più approfondito dell’uomo e del mondo che lo circonda.

Purtroppo anche gli esperti sanno poco della complessità, che ha un suo statuto epistemologico importante e che rappresenta gli orizzonti scientifici attuali. Da Prigogine a Morin, dal Santa Fe Institute al NECSI, da Laughlin a Barabasi a Mandelbrot ecc. (tutti nomi di cui parlerò in dettaglio).

La maggiore complessità di individui e società di oggi non significa che siano scomparsi aspetti semplici: ci sono momenti in cui devo scegliere, o questo o quello (vedi anche Borges in Saggi danteschi) e la guerra è uno di quelli. La complessità non nega il dato, l'informazione, anzi non esiste complessità senza contenuti e informazioni. **La complessità è fatta di reti, di hub, di link, di vision, di strategia, di priorità e richiede un approccio mentale nuovo** ed è ciò che manca a persone e istituzioni (in primis la scuola).

Questo libro vuole introdurre elementi di comprensione di una realtà con cui dobbiamo sempre più fare i conti; siamo immersi in un mondo complesso ma lo affrontiamo con strumenti inadeguati perché andavano bene un tempo o con fantasie prive di fondamenti culturali. Complessità non è una semplice parola, ma un universo culturale di cui dobbiamo conoscere e riconoscere le caratteristiche.

Nell'immagine il titolo è *"Dubbi, curiosità, fantasmi, certezze e incertezze"*. E' il giusto punto di partenza perché ormai da un secolo si sono perdute le certezze che avevano visto, grazie alla Scienza e alla Tecnica, l'esplosione della modernità. Nonostante le condizioni di vita siano migliorate in tutto il mondo e a tutti i livelli, l'incertezza si è impadronita sia del sapere ufficiale sia dell'approccio esistenziale dell'uomo comune. Il crollo dei valori assoluti, esemplificato dall'espressione di Nietzsche per cui *"Dio è morto"*, si è accompagnato alla crisi delle leggi assolute che erano state l'anima della Scienza Moderna improntata sempre più a una visione deterministica. Non è casuale che uno dei libri più noti del Premio Nobel Ilya Prigogine si intitolò *"La fine delle certezze"*: esso entra nelle dinamiche della Natura mostrando come non esistano più le certezze che avevano permesso alla Scienza di svilupparsi in modo enorme. Il discorso dello scienziato è chiaro: **la fine delle certezze non significa aleatorietà**, vuol dire solo che davanti a noi non abbiamo un punto fermo da raggiungere, ma un orizzonte, uno spazio aperto di possibilità.

Per molti purtroppo la fine delle certezze si è trasformata in un relativismo culturale assoluto che tutto giustifica; allo stesso tempo si è diffusa la moda del *"carpe diem"* (vivi alla giornata o goditi il momento): così invece di

imparare a convivere con l'incertezza si è passati di moda in moda. Insomma, tirare a campare. La confusione maggiore si è vista nel terreno dell'amore, come ho messo in evidenza nel mio saggio *"Lascia che il tarlo scavi, lascia la piaga gemere: amore e complessità"*.

L'incertezza è sempre esistita, e ci capitava regolarmente, ma noi la inquadravamo nell'eccezione che conferma la regola. Oggi ci troviamo di fronte a una realtà che ci mostra ovunque la sua complessità, ma gli strumenti che abbiamo sono gli stessi di un'epoca diversa: lo scontro tra questi due aspetti porta alla enorme confusione con cui si presenta il vivere attuale.

L'immagine sotto il titolo riporta due elementi chiave di questo nuovo mondo.

I versi di Montale portano alla luce un aspetto che troverà sempre più conferme a tutti i livelli: non esistono certezze, non esistono più valori assoluti, non c'è un percorso sicuro e preferenziale. La formula, simbolo della scienza deterministica, è fuori dalla portata degli uomini; non esistono comandamenti da seguire, ma possiamo solo escludere le parti negative, lasciando aperte le prospettive non di punti fermi ma di orizzonti, più o meno ampi. Questo tema è tipico della poesia montaliana e ne troviamo ovunque in diverse forme.

L'altra frase è invece l'enunciazione del principio di indeterminazione di Heisenberg, frutto della ricerca quantistica, per il quale *"Non si può determinare la misura simultanea della posizione e del momento (quindi della velocità) di una particella"*.

Questo principio, come molti altri legati alla fisica quantistica (entanglement, ruolo dell'osservatore), mette in crisi la fisica classica e non si riferisce solo a un semplice fenomeno, ma ribalta i principi fondamentali su cui era cresciuta la Scienza dal 1600 in poi. Anche Einstein, pur vicino alla rivoluzione quantistica, non riconobbe il valore epistemologico del principio e finché visse sostenne insieme a Podolsky e Rosen (EPR) l'esistenza di variabili nascoste ancora non note che avrebbero fatto salva la fisica classica. La ricerca scientifica negli anni Cinquanta e Sessanta mostrò attraverso vari esperimenti che EPR si sbagliavano.

Come si vede intercorrono solo quattro anni tra i versi di Montale e il Principio di Heisenberg. Con questo non intendo dire che le nuove

acquisizioni siano merito della poesia, ma solo che gli studi di diverse discipline (fino ad allora viste in contrapposizione) procedono nella stessa direzione e occupano territori fino ad allora inesplorati.

I teoremi di incompletezza e indecidibilità di Gödel andranno oltre per il loro carattere di generalizzazione: siamo nel 1930.

Di questo legame tra la produzione letteraria moderna e gli sviluppi in campo della scienza ho parlato in maniera più dettagliata nel mio saggio *“Corso di letteratura non deterministica”*.

Tornando al tema generale voglio qui mettere in evidenza come le due frasi riportate non sono semplici punti di vista, mattoni isolati di un edificio fantasma. La loro portata poteva apparire tale negli anni Venti del secolo scorso, ma, per quanto è stato prodotto nei decenni successivi, possiamo dire che il nuovo edificio ha ormai basi solide, ha preso forma, risponde bene alle numerose sollecitazioni e diventa un punto di riferimento importante per tutti coloro che si accingono a intraprendere ogni tipo di studio. Ogni disciplina ha proseguito secondo caratteristiche proprie, ma procedendo a sempre maggiori contaminazioni, tanto che oggi possiamo parlare di un nuovo approccio epistemologico, completamente diverso da quello che ha dominato per quattro secoli con i risultati straordinari che conosciamo. Ogni settore della vita umana, con maggiore o minore consapevolezza, non può esimersi dall'affrontare i propri interessi secondo paradigmi che si rifanno alla complessità. A molti manca certamente il quadro generale, ma nella vita di tutti i giorni (comune e accademica) i paradigmi tradizionali, fatti di leggi, valori universali e di una visione deterministica, risultano inadeguati. Lo vediamo non solo nella fisica, nella chimica, nella medicina, nella meteorologia, ma persino nell'industria, nell'amore e addirittura in campo religioso. Talvolta i tentativi con cui si cerca di affrontare le situazioni della vita (comuni e accademiche) cercano di mantenere in piedi la ricerca di *“un centro di gravità permanente”*, ma nell'evolversi dello studio vengono portati alla luce elementi molto specifici e provvisori, tutt'altro che permanenti e tanto meno assoluti. E' facile trovare ancora, persino nelle proposte filosofiche più recenti, l'affermazione di un *“vero IO”*, un *“vero Amore”*, un *“vero comunismo”*, un *“vero tutto”*, l'affermazione dunque di una verità che secondo tradizione si impone su tutte le altre affermazioni e le esclude. Si oscilla così tra la convinzione che sia possibile raggiungere un luogo fondamentale di osservazione della conoscenza (il punto archimedeo) e le

infinite certezze che accompagnano il cammino e di cui non si può fare a meno: talvolta queste certezze diventano quel centro talvolta contribuiscono a comporre un quadro sempre più confuso in cui trovano legittimità solo per il fatto di esistere.

Nello sviluppo di una Scienza della complessità molto si deve alla fisica, ma importante se non decisivo è stato il ruolo delle neuroscienze che hanno permesso di esplorare in modo unitario quello che era il dualismo alla base della scienza moderna, la separazione tra soggetto e oggetto, tra IO e mondo, tra *“res cogitans”* e *“res extensa”*, per usare la terminologia cartesiana.

La critica a Cartesio è diffusa in tutti gli ambiti del pensiero complesso e, a titolo semplicemente esemplificativo, si può citare un neuroscienziato americano di origine portoghese, Antonio R. Damasio, ricercatore e professore universitario, che ha intitolato un suo libro proprio *“Descartes’ Error. Emotion, Reason and the Human Brain”*.

Con il termine complessità si intendono oggi molte cose: si parla di teoria della complessità, di pensiero complesso, di sistemi complessi. Anche i contesti di riferimento risultano i più svariati: per alcuni si tratta di qualcosa di esclusivamente matematico-fisico, per altri essa attiene alle scienze sociali e per altri ancora è qualcosa che si colloca al di fuori, oltre, trattandosi di una dimensione metascientifica.

In realtà la complessità è un filtro che ci aiuta a comprendere moltissimi aspetti della realtà e in tal senso coinvolge la fisica, le scienze dure, le scienze umane, la storia, la letteratura, la medicina, il quotidiano vivere di noi gente comune. Vedremo tutto questo nel corso dei miei interventi, con i quali cercherò di chiarire sia i nodi teorici che informano il pensiero complesso sia gli elementi più specifici che possono aiutarci a capire come la complessità ci riguardi direttamente nelle scelte di ogni giorno. Parlerò di quel passato che ha contribuito alla nostra formazione soprattutto grazie alla scuola; parlerò anche di elementi nuovi come le reti, i frattali e tanti altri aspetti che, pur entrati ormai nel linguaggio comune, sono privati del loro status epistemologico, risultando sviliti e privati della loro fecondità. Citerò fisici, filosofi, poeti, storici, scienziati cercando di fare in modo che nella descrizione di ogni elemento specifico si riesca sempre a vedere l’insieme.

Non si tratta solo di informazione o di riflessione che in qualche modo rimarrebbero circoscritti, ma di orizzonti, cioè di prospettive, che per essenza rimangono sempre e comunque qualcosa di aperto.

Per concludere questo primo approccio devo chiarire che spesso userò il termine “problema”, ma lo farò in un modo che è radicalmente nuovo rispetto all’uso comune, così come la scienza della complessità mi ha abituato a fare.

In una visione basata sulla ricerca di leggi e valori assoluti problema è qualcosa che ha una soluzione, chiara netta e precisa: come siamo stati abituati a fare fin dalle elementari con i problemi di aritmetica e geometria (la vasca, il treno, il campo ecc.).

Nella prospettiva aperta della complessità viene recuperato il significato etimologico della parola che deriva dal greco *pro-ballein* che significa *gettare avanti* cioè affrontare l’oggetto che vogliamo studiare e raggiungere chiarimenti successivi che comportano non una soluzione, ma che rappresentano sia un punto di arrivo sia un punto di partenza. A maggior ragione non userò il termine come spesso si fa oggi nel senso di difficoltà, ad esempio dire che l’amore è un problema non vuol dire evidenziare la crisi delle relazioni, ma solo affrontare le dinamiche che lo caratterizzano.

Concludo questo primo capitolo con un passo di Edgar Morin tratto dal libro *La sfida della complessità* (Feltrinelli 1985) a pagina 59:

*“Il problema della complessità non consiste nella formulazione di programmi che le menti possano inserire nel proprio computer. La complessità richiede invece la strategia, perché solo la strategia può consentirci di avanzare entro ciò che è incerto e aleatorio...La strategia è l’arte di utilizzare le informazioni che si producono nell’azione, di integrarle, di formulare in maniera subitanea determinati schemi d’azione, e di porsi in grado di raccogliere il massimo di certezza per affrontare ciò che è incerto...La complessità non ha una metodologia, ma può avere il proprio metodo...Così il metodo della complessità ci richiede di pensare senza mai chiudere i concetti, di spezzare le sfere chiuse, di ristabilire le articolazioni fra ciò che è disgiunto, di sforzarci di comprendere la multidimensionalità, di pensare con la singolarità, con la località, con la temporalità, di non dimenticare mai le totalità integratrici. E’ la tensione verso il sapere totale, e nello stesso tempo la coscienza antagonista del fatto che, come ha detto Adorno, la totalità è la non verità.”*

Nei prossimi capitoli comincerò con tre aspetti abbastanza comuni che non risolvono il tema della complessità, ma aiutano ad entrarci dentro: 1) il

rapporto tra le parti e il tutto; 2) la geometria euclidea come approssimazione; 3) l'effetto farfalla.

Successivamente parlerò della crisi della logica classica per poi seguire cronologicamente i momenti salienti che rappresentano dei salti e un nuovo status epistemologico della complessità. A questo punto sarà necessaria una riflessione sul concetto di scienza, culturalmente e storicamente, per poi concludere con un approfondimento su come tutti gli elementi portati alla luce nei capitoli precedenti permettano di affermare che ci troviamo in un mondo completamente nuovo che ha bisogno di nuovi strumenti.

Buona lettura. Ben accetto qualsiasi tipo di osservazione.

## 1) TRE MOMENTI DI COMPLESSITA'

Intendo cominciare con tre aspetti abbastanza comuni che non risolvono il tema della complessità, ma aiutano ad entrarci dentro: 1) il rapporto tra le parti e il tutto; 2) la geometria euclidea come approssimazione; 3) l'effetto farfalla.

Successivamente parlerò della crisi della logica classica per poi seguire cronologicamente i momenti salienti che rappresentano dei salti e un nuovo status epistemologico della complessità. A questo punto sarà necessaria una riflessione sul concetto di scienza, culturalmente e storicamente, per poi concludere con un approfondimento su come tutti gli elementi portati alla luce nei capitoli precedenti permettano di affermare che ci troviamo in un mondo completamente nuovo che ha bisogno di nuovi strumenti.

### 1) il rapporto tra le parti e il tutto: il tutto è maggiore della somma delle parti.

Educato a una visione tradizionale di tipo euclideo e cartesiano l'affermazione che *"il tutto è maggiore della somma delle parti"* sembrava fino a poco tempo fa una battuta cui non veniva dato particolare peso. In effetti esistono ambiti in cui il tutto corrisponde esattamente alla somma delle parti: le dimensioni di un appartamento sono la somma delle dimensioni delle singole stanze, il reddito è la somma delle diverse entrate, la spesa quotidiana è la somma delle singole parti spese nei diversi negozi e così via. Si tratta di ambiti semplici e con cui ci siamo confrontati e continueremo a confrontarci, ma dalla fine del 1800 si è verificata un'esplosione di situazioni che non possiamo ricondurre a quel genere di situazioni e, al contrario, ci troviamo ad affrontare argomenti sempre più complessi, di cui dobbiamo tener conto in modo nuovo.

Prendiamo ad esempio la medicina. Questa realtà importante della vita di ognuno di noi si è sviluppata in modo specialistico, facendo in modo che le varie parti del corpo umano fossero analizzate separatamente sia per la diversa conformazione sia per la diversità di funzioni. Pensiamo che fino a qualche secolo prima del XIX era proibito sezionare i corpi, tanto che le discussioni rimanevano in campo astratto, cioè fumoso, come nel celebre *Dialogo sopra i massimi sistemi* di Galileo dove l'aristotelico Simplicio affermava che i nervi originano dal cuore e non dal cervello solo perché lo

aveva detto il filosofo greco. Ora i singoli organi vengono studiati in modo sempre più approfondito permettendo alla medicina di risolvere molti problemi: la specializzazione è stata un processo necessario per progredire e allo stesso tempo per comprendere che essa non era sufficiente, in quanto gli organi sono interconnessi e il tutto, cioè il corpo umano, è sì legato alle singole parti ma allo stesso tempo esprime qualcosa che supera le stesse. Ecco che da qualche decennio, pur non rinunciando all'approfondimento dei singoli organi, la medicina sta evolvendo in una visione più ampia, cioè complessa. La sua complessità sta proprio nell'interconnessione tra i diversi organi che dialogano tra di loro e così contribuiscono nella formazione di un'entità che a sua volta è interconnessa con l'ambiente con cui dialoga. Lo studio dei singoli organi rimane fondamentale, ma va collocato in un quadro d'insieme più ampio, cioè complesso.

Per alcuni questo passaggio è affermato tornando alle così dette medicine tradizionali, quella cinese, quella nativa, quella basata su radici ed erbe, arrivando a forme che hanno più del magico che dello storico, per non parlare dello scientifico.

L'evoluzione in senso complesso è stato un percorso scientifico che ha le sue basi nella scienza moderna occidentale, che è stata arricchita e trasformata. Un primo passo importante si deve allo studio dei tre corpi che trovò nel celebre matematico **Henri Poincaré** un punto di non ritorno: egli dimostrò nel 1889 che nessuna equazione poteva prevedere con precisione le posizioni di tutti e tre i corpi in tutti i momenti futuri.

Nella meccanica celeste, come nelle relazioni sociali, l'interazione di due corpi produce un comportamento ben regolato, mentre quella di tre corpi provoca sconquassi. Nello sviluppo di questo studio Poincaré arrivò a ipotesi cui cercò di dare una rappresentazione grafica, ma qui dovette fermarsi, perché mentre nel caso di due corpi le intersezioni avvengono in punti singolari, nel caso dei tre corpi si forma una griglia costituita da un numero infinitamente grande di punti di intersezione. *“Se si cerca di rappresentare (...) si rimane colpiti dalla complessità di questa figura, che io non tento neppure di disegnare. Nulla è più adatto a darci un'idea della complicazione del problema dei tre corpi”* (H. Poincaré, *Méthodes nouvelles de la mécanique céleste*, Paris 1899).

Lo studio dei tre corpi mette in crisi il riduzionismo della scienza ottocentesca e obbliga a fare i conti con la complessità del reale, che vuol dire che non sempre la semplificazione aiuta conoscenza e comprensione: tutto ciò aprirà

la strada al concetto complesso che *il tutto non coincide con la somma delle parti*.

*Un sistema è allo stesso tempo qualcosa di più e qualcosa di meno della somma delle sue parti. Di meno perché l'organizzazione impone dei vincoli che inibiscono talune possibilità delle parti; di più perché fa emergere delle qualità che senza una simile organizzazione non verrebbero fuori: "qualità emergenti nel senso che sono constatabili empiricamente ma non sono deducibili logicamente"* (E. Morin, in *La sfida della complessità*, cit. p. 51).

Il nuovo approccio al rapporto tra le parti e il tutto si pone oltre il riduzionismo che è centrato sulle singole parti, ma anche oltre una visione olistica che ritiene il tutto (*olos* in greco) l'elemento privilegiato. Questo nuovo approccio ha permesso anche l'affermazione che un sistema complesso è tale da permettere l'emergere di qualità che non sono il frutto delle proprietà delle parti, ma sono rese possibili proprio dal carattere complesso del sistema stesso. Questa caratteristica è alla base del fenomeno di autorganizzazione che diventa, a livello biologico e sociale, l'aspetto decisivo dell'evoluzione. Come ricordano due autorevoli fisici, Robert Laughlin (anche Premio Nobel) e David Pines: *"Oggi il compito fondamentale della fisica teorica non è più trovare equazioni classiche, ma catalogare e capire le varie forme di comportamento emergente, come, in potenza, la vita stessa."* (M. Buchanan, *Nexus*, pp. 254-255).

Nel campo della termodinamica il Premio Nobel I. Prigogine fa notare che *"All'interno della stessa termodinamica...sono necessarie condizioni aggiuntive per osservare l'emergere di strutture dissipative e di altri comportamenti complessi associati all'allontanamento dall'equilibrio. E questi comportamenti di auto-organizzazione fisica sono per parte loro, condizioni necessarie, seppur non sufficienti dell'emergere dell'autorganizzazione propria della vita"* (I. Prigogine, *La fine delle certezze*, Ed. brasiliana. p. 127). Per le conseguenze di questo discorso nella riflessione dello scienziato avrò modo di procedere ad un approfondimento in un capitolo successivo, qui basta notare che le trasformazioni hanno bisogno di processi emergenti.

In alcuni ambiti del pensiero complesso viene usata l'espressione **"margine del caos"** per indicare il luogo in cui si riconoscono quelle proprietà emergenti di cui abbiamo parlato.

Vediamo ad esempio come Christopher G. Langton, ricercatore esperto di Vita Artificiale, elabora il concetto di margine del caos:

*“Il misterioso qualcosa che rende possibile la vita e la mente è un certo tipo di equilibrio tra le forze del disordine e quelle dell’ordine. Con più esattezza sostiene che dovremmo guardare il comportamento dei sistemi piuttosto che i loro componenti. In tal caso si trovano i due estremi dell’ordine e del caos. E’ una differenza molto simile a quella esistente tra i solidi, dove gli atomi sono bloccati nelle loro posizioni, e i liquidi, in cui gli atomi si urtano e si spostano a caso. Proprio fra i due estremi, in una sorta di transizione di fase astratta detta ‘margine del caos’ si trova anche la complessità: una classe di comportamenti dove le parti del sistema non sono mai fissate del tutto in una posizione e neppure del tutto dissolte nella turbolenza. Questi sistemi sono abbastanza stabili per memorizzare informazione, ma anche abbastanza labili da trasmetterla: sono i sistemi che possono essere organizzati per eseguire computazioni complesse, reagire al mondo, essere spontanei, adattativi, vivi (M. Walldrop, *Complessità*, pp. 470-471).*

Questi concetti elaborati alla fine del secolo scorso sono stati confermati e sviluppati dagli studi successivi fino alla rivoluzionaria produzione operata dalle neuroscienze, che hanno allargato, confermato e sviluppato le acquisizioni originarie. Tra tutte le opere che vanno in questa direzione può essere utile la lettura del recentissimo libro di A. Damasio, un vero e proprio esploratore del campo, dal titolo *“Sentire e conoscere, Adelphi 2022”*.

La complessità riguarda ogni ambito di studio, ma non si limita al campo delle scienze fisiche e ha coinvolto, ormai da diversi decenni, anche le scienze umani, o sociali o deboli, in particolare la Storia delle relazioni. Un breve discorso che riprenderò riguarda il significato della Storia in una visione complessa: se non esistono leggi universali allora anche la Natura, come sostiene Prigogine nel suo libro *La nuova alleanza*, ha una sua storia, che dobbiamo studiare e riconoscere e che è alla base della stessa ricerca scientifica.

Nel campo della Storia, così come siamo abituati a studiarla, sono stati fatti numerosi passi avanti superando la visione tradizionale basata sul rapporto causa-effetto per arrivare a un metodo non più deterministico ma che riconosce negli eventi la dinamica per flussi (vedi il mio “12 lezioni di storia. Flussi”). Il Santa Fe Institute, uno dei primi centri di ricerca multidisciplinare della complessità([www.santafe.edu](http://www.santafe.edu)) e il NECSI (*New England Complex*

*System Institute*) hanno prodotto moltissimi studi che vanno in questa direzione.

Solo a titolo di esempio il concetto di emergenza e di auto-organizzazione è usato in diversi studi storici: quelli relativi alla situazione dell'Europa Orientale da parte di Cosma Shalizi; le proprietà emergenti delle interazioni sociali negli studi di Lesley King sulla guerra civile in El Salvador e in Sud Africa; l'uso di modelli complessi elaborati nel campo della biologia è alla base del progetto di ricerca sulla solidità dei processi sociali da parte di Erica Jen. Un'analisi dettagliata della produzione operata dai ricercatori del SFI permette di allargare il campo degli esempi.

Anche storici più famosi sono andati in quella direzione. Ad esempio, Krzysztof Pomian per il quale *“emerge che, nella pratica dello storico, a meno che non ci si metta su Sirio, non si incontrano mai i processi ciclici, lineari o stazionari allo stato puro. Il problema filosofico tradizionale –il tempo della storia è ciclico, lineare, stazionario? - è semplicemente privo di senso. Perché le tre tipologie del tempo, che si ha certo il diritto di dissociare e di opporre per le esigenze di un'analisi logica, sono in realtà legate l'una all'altra. Anche il problema che si pone nella pratica dello storico non è affatto quello che si ponevano i filosofi della storia. Esso concerne l'articolazione del ciclo, della linearità, dell'immobilità”* (Pomian Krzysztof. (1974), *Ciclo*, in *Enciclopedia Einaudi*: p. 1194).

Un altro importante storico che ha sviluppato la sua ricerca in questa direzione è J. L. Gaddis, di cui è utile leggere *“The landscape of History- How historians map the past”*-Oxford University Press Publisher), ma ormai gli studi storici dialogano con la scienza della complessità mostrando come il tradizionale approccio determinista e storicista sia di fatto superato.

Il terreno su cui le scienze fisiche e le scienze sociali si incontrano è il riconoscimento del carattere aperto dei fenomeni, fisici e sociali, che non possono essere circoscritti all'interno di schemi e leggi universali, ma che dipendono da concetti chiave come quello di emergenza e autorganizzazione. Per un'analisi più dettagliata e approfondita di questi concetti rimando al capitolo specifico che ruota intorno alle figure di Edgar Morin e Mauro Ceruti.

## 2) La geometria euclidea come approssimazione.

L'espressione che chiarisce e sintetizza il senso di questa affermazione si trova in un'opera teatrale di un noto autore, Tom Stoppard; il titolo è *Arcadia* e risale al 1993, ma la prima edizione italiana è del 2003. Atto secondo, scena terza: è Thomasina che parla e dice **“Le montagne non sono piramidi e gli alberi non sono coni”**.

Anche in questo campo dobbiamo molto a Henri Poincaré a cui si deve la creazione della topologia, che è la matematica della continuità, cioè la scienza dell'ininterrotto, che studia i mutamenti costanti gradualmente. Mentre la geometria euclidea astrae dal concreto idealizzando figure geometriche, certamente comode e utili ma anche non ritrovabili nella realtà esterna, la topologia è una geometria in cui lunghezze, angoli e forme sono infinitamente mutevoli. Come scrive I. Stewart in *Dio gioca a dadi?*, p. 69:

*“La topologia è un tipo di geometria, ma una geometria in cui lunghezze, angoli e forme sono infinitamente mutevoli. Un quadrato può essere deformato in modo continuo in un cerchio, un cerchio in un triangolo, un triangolo in un parallelogrammo. Tutte le figure geometriche che ci sono state insegnate con tanto impegno a scuola sono per un topologo una figura sola”*.

La topologia mette in discussione la geometria euclidea e apre la strada a numerose deviazioni da quella che era considerata la via maestra alla conoscenza. Ricordiamo infatti cosa scrive Galileo ne *Il Saggiatore*: *“... la filosofia è scritta in questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto innanzi a gli occhi (io dico l'universo), ma non si può intendere se prima non s'impara a intender la lingua e conoscer i caratteri, ne' quali è scritto. Egli è scritto in lingua matematica, e i caratteri son triangoli, cerchi, ed altre figure geometriche, senza i quali mezzi è impossibile a intenderne umanamente parola; senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro laberinto”*.

Tra le vie del tutto nuove che verranno aperte troviamo la dimensione frattale la cui formalizzazione si deve a B. B. Mandelbrot, *Gli oggetti frattali. Forma, caso e dimensione*, in italiano presso Einaudi. Insieme a R. L. Hudson Mandelbrot avrebbe applicato la visione frattale all'economia nel testo *Il disordine dei mercati-Rischio, rovina e redditività*, sempre presso Einaudi. La dimensione frattale è nota presso il pubblico soprattutto a livello grafico perché ha prodotto delle immagini molto curiose che colpiscono immediatamente l'occhio e la mente dell'osservatore, ma i frattali non hanno

a che fare col disegno o la pittura, bensì con la matematica e sono uno strumento utile per entrare nella *“dimensione fisica effettiva...per cui tra il dominio del caos incontrollato e l'ordine eccessivo di Euclide, si estende ormai una nuova zona di ordine frattale”* (Introduzione a *Gli oggetti frattali*). Nella sintesi proposta dall'edizione Einaudi è scritto *“A differenza della geometria euclidea, così rigida nel rappresentare il mondo visibile e così lontana dal poter raffigurare le forme reali, la geometria dei frattali è capace di rappresentare i profili di una montagna o di una costa, le nuvole, le strutture cristalline e molecolari e addirittura le galassie”*.

Riprenderò il discorso sui frattali nel capitolo in cui parlerò della crisi della logica classica.

La geometria euclidea non è sbagliata, ma è inadeguata a rispondere ai problemi complessi che ci troviamo ad affrontare in misura crescente mano a mano che cresce la complessità della società a cui abbiamo dato vita e in cui viviamo. Come per il rapporto parti-tutto anche qui ci sono ambiti semplici in cui non c'è dubbio che sia opportuno ricorrere alla geometria euclidea: la superficie di un muro da imbiancare e tante altre situazioni. L'elemento decisivo in termini di complessità riguarda il concetto di approssimazione: l'universo scientifico si è sempre basato su un'approssimazione che, come vedremo ad esempio nell'effetto farfalla, porta alla stessa distruzione dei suoi presupposti, perché è accettabile solo entro certi limiti che si fanno sempre più ristretti.

Troviamo questa dimensione anche nel fisico statunitense L. Smolin che riconosce ad esempio come l'unificazione di Terra e Cielo fatta da Newton abbia permesso una generalizzazione, cioè una visione universale e assoluta, che ha però un valore limitato. *“Ciò che sappiamo della natura deriva da esperimenti in cui si è delimitato artificialmente e isolato un fenomeno dal turbine incessante dell'universo...Questo metodo lo chiamo **fare fisica in una scatola**...Trattiamo il sistema come se fosse isolato dal resto dell'universo e questo isolamento è esso stesso una drastica approssimazione”* (La rinascita del tempo, 2014-pagg.40-41).

Negli studi inglesi dei fisici Chiara Marletto e David Deutsch il discorso si allarga e si chiarisce ulteriormente: *“Le leggi della fisica sono chiare e allo stesso tempo limitate, ma in esse non si trova traccia della complessità dell'universo: sono vere in quel determinato contesto, ma non ci dicono nulla di più, soprattutto oggi che il nostro sguardo si è allargato in modo potente. C'è differenza tra esseri viventi e rocce, perché i primi possono contrastare gli*

*errori che si possono verificare attraverso la cosiddetta resilienza: i batteri risultano praticamente non modificati da quando sono apparsi sulla terra. Ci sono fenomeni che non possono essere espressi pienamente dai concetti tradizionali: le entità della termodinamica e quelle associate a particolari tipi di trasferimento di energia, come ciò che in fisica viene chiamato calore e lavoro. Si tratta di utili approssimazioni non di una teoria fondamentale della fisica” (The science of I can and I can’t”-2021).*

Mi fermo qui perché non voglio accatastare citazioni e nomi, ma solo fornire gli elementi diffusi di cui si serve la ricerca della scienza contemporanea che, come vedremo tra poco, fa del concetto di approssimazione uno dei nodi degli studi attuali, un nodo negativo e positivo allo stesso tempo: negativo perché ha condizionato e limitato l’analisi scientifica, ma anche positivo perché è il vincolo che permette di chiarire i limiti di quella analisi, superando barriere che apparivano ineliminabili.

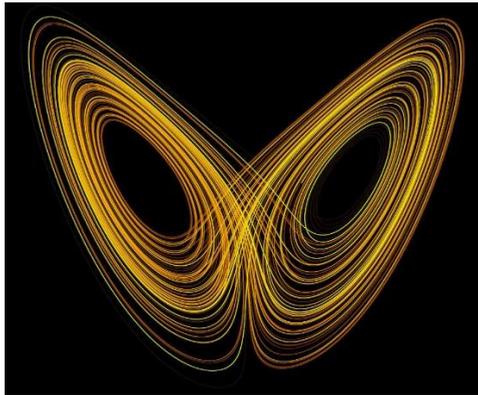
### 3) L’effetto farfalla.

Ne hanno fatto anche un film, *The butterfly effect*, e si è diffuso sotto forma di questa espressione: “un battito d’ali di una farfalla avvenuto in Brasile può generare un uragano ai Caraibi”. Spesso Brasile e Caraibi trovano altri luoghi, ma il senso è lo stesso. Quando venne fuori presso il grande pubblico fu una sonora e diffusa risata, citata spesso come la più evidente delle stupidaggini, perché eravamo abituati al concetto di proporzione, per cui il battito d’ali di una farfalla poteva spostare ben poche cose. Poi, col classico metodo proprio dei neofiti, da stupidaggine quell’espressione è diventata un mantra, cioè una dichiarazione, anzi una formula sacra. Un tempo deriso il sostenitore dell’effetto farfalla ora derideva chi dubitava e non sosteneva in modo roboante questo slogan: ma, si sa, così fanno le masse.

Vediamo di chiarire meglio questo concetto che nasce scientifico e scientifico rimane, indipendentemente da come venga compreso e divulgato.

Tutto nasce con Edward Norton Lorenz, matematico e meteorologo (da non confondere con l’etologo austriaco Konrad Lorenz) che formulò una teoria per cui anche una modesta variazione dei dati iniziali si ripercuote sui risultati con un andamento esponenziale, giungendo ad alterare in modo determinante l’andamento del modello col passare del tempo.

La conseguenza pratica dell'effetto farfalla è che i sistemi complessi, come il clima o i mercati o la medicina o le relazioni sociali e altri, sono difficili da prevedere in termini deterministici. Questo perché le informazioni sulle condizioni iniziali non sono mai esatte e in un sistema complesso questi errori di approssimazione tendono ad aumentare via via che si procede nel tempo.



L'uso del termine "farfalla" nasce da immagini come quella qui sopra e solo successivamente è diventata la metafora che conosciamo, mentre secondo alcuni prima della farfalla sarebbe stato citato il battito d'ali di un gabbiano. Ma ciò non è importante. Ciò che conta è capire cosa significa, e quale sia il valore del concetto scientificamente espresso, e ciò lo vediamo nell'immagine. *"Le figure mostrano due traiettorie che evolvono in uno spazio tridimensionale per lo stesso periodo di tempo. La differenza tra le due parti è che la condizione iniziale registra una differenza di  $10^{-5}$ . Il grafico indica la differenza tra le due traiettorie; all'inizio le traiettorie sono quasi coincidenti ma all'istante 23 si ha una brusca divergenza delle traiettorie che si separano per una distanza analoga alla dimensione delle traiettorie. Dall'immagine si nota che le due traiettorie terminano in posizioni radicalmente diverse"* (da Wikipedia).

Il concetto era stato anticipato dal noto studioso Alan Turing (quello della macchina di Turing) nel 1950 e ancora prima dal solito Henri Poincaré, come si può leggere in passi tratti dal saggio *Le hasard* (Il caso) in *Science et méthode*, Parigi 1914, e riportati da I. Stewart, in *Dio gioca a dadi?*, cit. p. 325:

*“Una causa piccolissima che ci sfugge determina un effetto considerevole che non possiamo non vedere, e allora diciamo che questo effetto è dovuto al caso. Se conoscessimo esattamente le leggi della natura e la situazione dell’universo nell’istante iniziale, potremmo predire esattamente la situazione di questo stesso universo in un istante successivo. Ma quand’anche le leggi naturali non avessero più segreti per noi, non potremmo conoscere la situazione iniziale se non in modo approssimativo. Se questa approssimazione ci permette di prevedere la situazione successiva con la stessa approssimazione, questo è tutto quello che ci occorre, e noi diciamo che il fenomeno è stato previsto, che è governato da leggi: ma non è sempre così e può accadere che piccole differenze nelle condizioni iniziali generino differenze grandissime nei fenomeni finali; un piccolo errore nelle prime produrrebbe un errore enorme negli ultimi”.*

Il concetto verrà poi sviluppato e approfondito grazie alla ricerca, soprattutto in campo meteorologico ma non solo, del Premio Nobel I. Prigogine alla fine degli anni Settanta del Novecento come si può leggere nel libro scritto con Isabelle Stengers, *La nuova alleanza*.

Non sono però solo le scienze fisiche a sviluppare la nozione che va sotto il nome di “effetto farfalla”, infatti ne troviamo influenze anche nel campo delle scienze sociali. Tralasciando Morin, Ceruti, Bocchi di cui parlerò in modo più approfondito tra non molto voglio citare uno storico noto in Italia seppur controverso ma per la visione ideologica. Mi riferisco a Cardini di cui si sente l’eco dell’effetto farfalla di Lorenz quando dice che “si è stati attratti più dai grandi fatti e dai grandi uomini che dalle minime circostanze che, mutando impercettibilmente una trascurabile componente del mosaico della realtà, ne alterano irrimediabilmente –con conseguenze impensabili- la parabola” (F. Cardini, *Il ritmo della storia*, p. 31).

Fino a pochi decenni fa lo studio della Storia procedeva in modo deterministico, sulla scia della visione universalistica della Scienza Moderna, attraverso marxismo e storicismo; ora il nuovo approccio epistemologico modifica anche la ricerca in campo storico sia con il riconoscimento dell’importanza della località e temporalità sia con una visione aperta a molteplici possibilità, come ricorda il filosofo P. Ricoeur quando dice che *“anche il passato aveva un futuro”*.

Un’altra disciplina fortemente influenzata dalle nuove acquisizioni è la psicologia che supera una certa visione rigida e utilizza i nuovi paradigmi (se

così si possono chiamare) per districarsi tra i sempre più numerosi casi della psiche umana che ci troviamo a dover affrontare.

Per quanto riguarda la letteratura essa è sempre stata il terreno privilegiato del contingente, locale temporale individuale, anche se ha sempre preferito ritirarsi nella propria torre d'avorio, concordando con gli scienziati fisici sulle differenze strutturali: oggi, pur in grave ritardo e con grandi remore, anche in ambito letterario si comincia a confrontarsi con le scienze della natura. E' questa in fondo l'alleanza di cui ci parlano Prigogine e Stengers.

### PERCHE' TUTTO CIO' CI RIGUARDA DA VICINO

Troppo spesso si è pensato che quanto venisse prodotto a livello intellettuale non ci riguardasse e non ci coinvolgesse direttamente, tanto che le conoscenze avevano a che fare solo con la cultura generale di ognuno di noi. Il sapere arrivava alla gente comune per quanto la scuola riusciva a tramandare e soprattutto grazie a espressioni che passavano di generazione in generazione. Alla fine si è consolidato un pacchetto di espressioni che rappresentavano un manuale fai da te: esse andavano dal "la matematica non è un'opinione" alla separazione tra ragione e sentimento, cuore e cervello, al "a chi giova?", "il fine giustifica i mezzi" e tante altre. Oggi la scuola di massa e l'accesso generalizzato a Internet permettono a ognuno di poter esternare pezzetti di sapere un pò più articolati che servono esclusivamente a giustificare a posteriori determinati comportamenti. La mancanza di fondamenti epistemologici alla base di quei pezzetti porta a una confusione estrema e spesso contraddittoria in tutto ciò che riguarda la nostra esistenza.

Qui di seguito metterò in evidenza alcuni aspetti ai quali i tre punti esposti sopra possono dare un contributo importante.

Cominciamo col punto 1) il rapporto tra le parti e il tutto: il tutto è maggiore della somma delle parti.

Se noi prendiamo in considerazione le relazioni interpersonali e in particolare quelle di coppia ci rendiamo subito conto che la coppia è il tutto e i due amanti sono le parti. La complessità ci fa capire che dovremmo considerare il sistema come qualcosa di più della somma dei due soggetti: subito questo significa che il compromesso è una scelta sbagliata, perché è a somma zero, lasciando il rapporto in una staticità che tende a rompersi quando uno dei

due cerca di spostare i confini oltre il loro punto di partenza. Trattandosi di un sistema complesso dobbiamo riconoscere che la vita dipende da elementi emergenti che permettono trasformazione e adattamento. Ciò è possibile in un progetto di costruzione e non di semplice conferma del dato iniziale, scandito dalle celebri paroline “io-ti-amo”.

Per quanto riguarda il punto 2), il carattere approssimativo della geometria euclidea, diventa nel campo delle relazioni, la consapevolezza che non esistono formule assolute, per cui *non esiste un vero amore, non esiste un vero IO, non esiste la vera amicizia*, ma che il momento iniziale è un momento approssimativo con cui entriamo in gioco, ma che topologicamente deve preparare la sua continua trasformazione, sulla base di vincoli che dobbiamo saper riconoscere soprattutto per individuare le possibilità che quei vincoli permettono. Non ci sono obbiettivi da raggiungere, ma solo orizzonti da proporre.

Infine il punto 3), l'effetto farfalla. Se noi sappiamo che in un sistema complesso *piccole differenze nelle condizioni iniziali generano differenze grandissime nei fenomeni finali*, allora dobbiamo sapere che quel “io-ti-amo” iniziale è solo un modesto punto di partenza la cui traiettoria è nelle nostre mani: una parola, un gesto, un evento possono imprimere spostamenti non previsti. E' in fondo la storia di ogni relazione e l'evidente riconoscimento che si tratta di un sistema complesso. Rifarsi a quel “io-ti-amo” iniziale non è più sufficiente.

Ho fatto tre esempi, mentre nel corso dell'analisi ho indicato come questi nodi si riferiscano anche a tanti altri aspetti della nostra esistenza, come il campo medico, quello economico, quello lavorativo, quello ludico. Non esiste un manuale di indicazioni da seguire, ma dei riferimenti strategici che occorre riconoscere per poter sviluppare il nostro percorso che è e rimarrà completamente specifico e individuale.

## **2) I PRINCIPI ULTIMI - LE TRE LEGGI DELLA LOGICA: ESSERE E NON ESSERE**

E' giunto il momento di parlare della crisi della logica classica, quella che è alla base della comune idea di ragione e che fa riferimento al pensiero di Aristotele. So benissimo che molti filosofi hanno fatto i conti con quei principi sviluppando e approfondendo; questi rimangono però ancora ben radicati in quello che si può considerare il pensiero comune, diffuso, di massa.

Si tratta di tre principi che si studiano a scuola e che per molti, grazie anche all'evoluzione della scienza moderna, rimangono verità incontrovertibili, quelle per cui *"l'eccezione conferma la regola"*.

### **1- PRINCIPIO DI IDENTITA'**

"Afferma che ogni cosa è uguale a sé stessa ( $A=A$ ), ossia che una cosa non può essere nello stesso tempo A e non-A. L'affermazione  $[A=A]$  è sempre vera ed esprime l'identità di ogni proposizione con se stessa".

Esiste una storia nel pensiero occidentale risalente al conflitto tra Epicuro e Parmenide, tra divenire ed essere, che porterà a questo principio. Per una breve ma chiara ricostruzione vedi IDENTITÀ in *"Enciclopedia Italiana" (treccani.it)*.

Da questo primitivo dibattito nascerà quello che, a parer mio, è l'elemento distintivo della filosofia occidentale, la metafisica. Nel momento in cui la metafisica entra in crisi, *"Dio muore"*, crollano i valori assoluti, la Scienza moderna mostra i suoi limiti, appare evidente che anche quei principi fondativi della logica classica perdono il loro spessore. Dietro il principio di identità si cela il principio di sostanza, per questo è necessario comprendere che ormai la conoscenza si è liberata di ogni vincolo astratto, universalista e assoluto: si è deciso che occorre entrare dentro le cose, anche perché oggi abbiamo gli strumenti per farlo. Platone e Aristotele sapevano che i singoli uomini erano diversi tra loro, ma non ritenevano ciò importante e decisivo, perché al di là delle differenze c'era qualcosa che li accomunava: l'essere uomini. Oggi abbiamo gli strumenti per dire che le montagne non sono piramidi e che la vita è una proprietà emergente e che minime differenze allo stato iniziale possono produrre incredibili e innumerevoli differenze nel loro percorso. Per questo motivo non si può evitare di vedere la diversità in tutte

le cose e spingere questa nostra indagine-riflessione ben oltre, coinvolgendo anche elementi più generali, i metodi, i filtri, gli strumenti stessi, le conoscenze.

Un esempio che ritengo utile e che è il frutto di questi nuovi occhi con cui guardiamo il mondo e noi stessi riguarda la costa. Il merito di questo approccio lo si deve, insieme a numerosi altri, all'ideatore dei frattali, cui ho già accennato, Mandelbrot.

In realtà, la lunghezza della costa da Genova ad Imperia dipende dall'unità di misura (passo)

mezzo	passo	lunghezza costa	metodo
 aereo	km 90	90 km	misurata su schermo
 topografo	km 2	159 km	misurata su cartina
 uomo	m 1	498 km	stimata
 granchio	cm 1	780 km	stimata
 formica	mm 1	1400 km	stimata

La foto qui sopra cerca di chiarire il senso di quanto espresso. La costa è, naturalmente, la costa sempre, intesa però come termine molto generale e generico di separazione tra la terra e il mare. Quando ci si è posti il problema di misurare un pezzo di costa la geometria euclidea ci ha aiutato perché era facilmente comprensibile, solo che si basava su un'approssimazione. L'esempio della foto prende in esame la distanza della costa da Genova ad Imperia. Se noi non ci accontentiamo di una semplice idea, del tipo "la distanza tra Genova e Imperia è più o meno la stessa della distanza tra Genova e La Spezia" va bene così, non abbiamo bisogno di nient'altro. Purtroppo sono pochi i casi in cui ci possiamo accontentare di questi valori approssimativi e allora dobbiamo ricorrere ad altri strumenti. La foto esalta le enormi differenze che si pongono a seconda dello strumento di misura che usiamo, che si chiama "passo": si passa dai 90 km. dell'aereo ai 500 km. dell'uomo ai 780 km. di un granchio per arrivare addirittura a 1400 km. nel caso della formica. Se chiedo a Google Maps esso mi indica il percorso stradale più veloce che è di 118 km.: ancora un'altra scala di valori.

Se decidiamo consapevolmente che l'approssimazione iniziale ci può ancora servire ma solo in un numero sempre più ridotto di casi, allora dobbiamo cominciare ad applicare la possibilità che **[A sia non-A]** a tantissimi, se non tutti, i casi che riguardano la nostra esistenza.

L'affermazione **[Emilio è non-Emilio]** per molti è uno scherzo, una boutade perché siamo talmente impregnati di logica aristotelica e cartesiana, sedimentata e consolidata per secoli, che se da un lato, sotto la spinta del mondo, siamo disponibili a relativizzare tutto, a giustificare questo e quello, dall'altro siamo inflessibili, ancora e sempre, nel non rinunciare all'ipotetica figura del mio IO, unico unito immodificabile, eventualmente nascosto ma certo sicuro e incrollabile, "il vero-IO". Si è disponibili a considerare normali gli affetti da follia, considerare padre la madre, il brutto bello, ma in altri casi non ce la facciamo. **[Tizio è Tizio]**: lo dice anche Aristotele, è il Principio di identità.

## 2- PRINCIPIO DI NON CONTRADDIZIONE

"Ogni proposizione non può essere contemporaneamente vera e falsa".

C'è un bellissimo passo dei *Saggi danteschi* di J. L. Borges che parla del XXXIII canto dell'Inferno e del noto personaggio del Conte Ugolino della Gherardesca: la storia è nota e non sappiamo, al termine dell'episodio, se il Conte, rinchiuso nella Torre con i suoi piccoli fanciulli, abbia finito col mangiarli o invece sia semplicemente morto di fame. La critica si è divisa, come è comprensibile, tra sostenitori e negatori del cannibalismo del Conte. Diversamente Borges che, pur non conoscendo la scienza della complessità, si era educato alla complessità grazie a un impegno letterario mai superficiale, si collocò fuori dal coro. Secondo Borges **"Il conte Ugolino mangiò e non mangiò i piccoli"**; ciò era possibile grazie alla complessità in cui viviamo, perché i versi di Dante possono essere interpretati in tutti e due i modi, non ci sono parole decisive. La grandezza della letteratura sta proprio in questa doppia presenza: egli li mangiò e non li mangiò. Allo stesso tempo; perché il tempo della letteratura ha una sua forma e una sua consistenza speciali.

Borges chiaramente voleva contribuire ad arricchire l'approccio con cui il lettore si deve avvicinare a un testo letterario, ma di fatto ha svelato molto di più. Qualcuno dirà che la realtà non ammette questa duplicità, ma questo è vero solo se la riduciamo a un fenomeno solo materiale e superficiale. Ormai lo sappiamo, anche grazie alle neuroscienze, che la realtà include anche aspetti che vanno al di là del visibile e dell'immediato; per questo anche la letteratura, i sogni, i pensieri sono realtà: vedi in proposito il mio

saggio: *Within the network of the mind: emotions, feelings, thought (appendix on aesthetics: impossibility of a horizon).*

Lo sappiamo bene anche dalla cronaca, quando una persona che tutti giudicavano “normale” e “per bene” un giorno uccide moglie e figli o marito e figli. In quel caso e in tantissimi altri [**l’assassino è il non-assassino**].

Senza spargere molto sangue basta ricordare che [**Il bugiardo è il non-bugiardo**].

Per evitare di guardare troppo in profondità sono state create espressioni che permettono di ripetere che *“l’eccezione conferma la regola”*: l’ipocrisia, il raptus, l’occasione, il pazzo e tante altre.

Gli esempi che si riferiscono a questa legge, privata della sua verità assoluta, sono numerosi, ma forse il più chiaro ed evidente riguarda la relazione d’amore. Già Catullo aveva scritto un verso divenuto celebre *“Odi et amo”* e già questo era significativo, ma nella visione tradizionale i due momenti erano visti di conseguenza non in concomitanza. Oggi ti amo, domani ti odio: due momenti separati e dunque due momenti diversi in modo legittimo. Poi le cose sono andate mescolandosi, sempre di più fino a quando si è cominciato a pensare che un sentimento di odio poteva convivere nella stessa persona col sentimento di amore.

Per giustificare questa attitudine si è proceduto attraverso **due strade**: la **prima** evidenziava l’odio come una sbavatura del sentimento d’amore che rimaneva principale, una specie di eccezione che conferma la regola; la **seconda** strada puntava sulla separazione tra scienze sociali e scienze fisiche, per cui nelle prime si potevano registrare sfasature che non mettevano in discussione il principio di non contraddizione perché solo le scienze fisiche erano razionali e solo a loro si doveva ricondurre un’analisi seria.

Ciò che è importante capire è che i principi della logica classica hanno rappresentato sia uno strumento utile per cogliere aspetti del reale sia una catena che ha impedito di produrre approfondimenti e sviluppi. Molte leggi della fisica, a partire dal principio di indeterminazione di Heisenberg, hanno mostrato come sia necessario avere una mente più libera nell’osservazione dei fenomeni, che non vuol dire che qualsiasi analisi o teoria deve essere ritenuta valida. La scienza mantiene fondamenta solide e l’errore di Cartesio di cui parla il neuroscienziato Damasio non si riferisce a determinate leggi, ma alla separazione tra mondo e soggetto e alla pretesa di poter accedere alla definizione di leggi assolute che regolano la vita. E’ proprio questa pretesa che la scienza della complessità mette in discussione, soprattutto

perché ci priva della possibilità di allargare i nostri orizzonti, lasciandoci a un livello semplice e superficiale.

E' proprio ciò che fa, nello specifico, il principio di non contraddizione.

### 3- PRINCIPIO DEL TERZO ESCLUSO

“Ogni proposizione deve essere o vera o falsa (principio talvolta assimilato alla “legge di bivalenza”) o, secondo la formula latina, “*tertium non datur*”, una terza possibilità non è prevista”.

Quante volte ci troviamo di fronte a propositi e a situazioni comuni a dire con enfasi “*delle due l'una*” oppure “*se non è così allora è in quest'altro modo*”. Naturalmente i matematici hanno sviluppato nel corso dei secoli teorie che affrontano il principio, confermandolo, sfumandolo, negandolo, ma qui voglio fare un discorso di metodo. La logica fuzzy si contrappone alla logica binaria nella valutazione di questo principio, ma ciò che mi interessa mettere in evidenza è che quel principio, come gli altri due, ha perso la sua caratteristica di legge assoluta con valore universale. Venendo però da millenni che non hanno mai messo in discussione quei principi essi si sono consolidati nel vivere comune che ne è stato conformato: è per questo motivo che ognuno di noi, indipendentemente dal grado di relazione con la matematica, tende a riproporli nell'esistenza di ogni giorno.

Un esempio ormai ben sviscerato riguarda il teorema di Pitagora e la nozione che ci dice che la somma degli angoli di un triangolo è  $180^\circ$ : una spiegazione estremamente chiara si può trovare su Internet al seguente link: [Il Teorema di Pitagora non vale sulla Terra, ecco perché \(tomshw.it\)](#).

La risposta dello studioso mette in evidenza l'aspetto centrale della questione: il teorema vale nei sistemi semplici per cui la geometria euclidea fornisce approccio e soluzioni, ma risulta inadeguato nei sistemi complessi, che sono quelli che oggi ci troviamo ad affrontare in misura maggiore.

In conclusione, il principio del terzo escluso è vero e falso allo stesso tempo, perché dipende dal problema che abbiamo davanti; come abbiamo visto ora il Teorema di Pitagora permette di dire che “*tertium datur*” perché la terza possibilità consiste nel fatto che come principio sia vero e falso allo stesso livello logico.

Un aspetto che porta spesso a non valutare la portata generale di queste considerazioni è che si tende a delimitare il problema. Si parte dalla verità della geometria euclidea e si considerano le cosiddette geometrie euclidee come ipotesi e, in quanto recenti, si pretende da loro una dimostrazione di verità assoluta che non possono dare. Attaccati alle radici euclidee che hanno dominato positivamente per più di duemila anni non riusciamo a staccarcene e applichiamo gli stessi principi della logica classica: o la geometria euclidea è vera o è falsa. In questa ottica non ce la sentiamo di tagliare drasticamente, senza comprendere che occorre cambiare prospettiva e allargare gli orizzonti dei nostri studi senza dover rinunciare a quanto abbiamo condiviso nella storia degli uomini.

*“Si tratta di un’eccezione che conferma la regola”*: continuiamo a ragionare in questo modo. Poiché la geometria euclidea ha confermato la sua validità per così tanto tempo, che sia vera tantissime volte è per tutti un dato di fatto; ma questa è solo un’affermazione tautologica.

Che in molti casi non sia vera non ne intacca la validità generale, perché si tratta di pochi decenni rispetto a due millenni. Ciò che non si riesce a comprendere è che la geometria euclidea ha bisogno di approssimazioni e riduzioni, come considerare le montagne piramidi, mentre la realtà è molto più complessa: per questo, una volta che abbiamo deciso di andare a vedere la realtà nelle sue multiformi manifestazioni, dobbiamo capire che siamo in una *“terra incognita”* e dotarci degli strumenti che di volta in volta si renderanno necessari.

Ancora una volta non ci troviamo di fronte ad un *“aut...aut”*, ma ad un *“et...et”* e dobbiamo essere pronti a nuovi paradigmi e a un salto epistemologico. Salto epistemologico vuol dire salto nella conoscenza, verso un nuovo metodo di conoscere, verso nuove domande, verso una diversa realtà da conoscere.

E questo vale per l’amore, le relazioni sociali, la medicina e tutto ciò che ha a che fare con il nostro vivere quotidiano.

### **3) ALL'ORIGINE DEL NUOVO STATUS EPISTEMOLOGICO DELLA COMPLESSITÀ: Parte prima.**

Nei tre post precedenti ho mostrato alcuni momenti che ci hanno permesso di entrare nel mondo della complessità. Attraverso quegli esempi ci siamo resi conto che un nuovo modo di analizzare la realtà si sta diffondendo e imponendo attraverso un modo diverso da quanto era avvenuto in passato. Come vedremo nel Capitolo VII, fino alla fine del 1800 avevamo due percorsi privilegiati che portavano verso una definizione metodologica per procedere alla determinazione della conoscenza.

Il primo e più tradizionale è stato quello **filosofico** che ha mostrato approcci diversi, sinteticamente riconducibili a forme di idealismo o di naturalismo. Nel 1600 si è imposto un metodo che è andato chiamandosi "**scientifico**" e che non si limitava a una riflessione di carattere logico, ma pretendeva che la conoscenza della realtà avesse bisogno di un'analisi diretta della realtà. La scienza ha sviluppato la tecnica e la tecnica ha sviluppato la scienza sia per una più puntuale conoscenza della realtà sia per una sempre più necessaria trasformazione della realtà stessa. Ricordiamo il conflitto tra Galileo scienziato e gli aristotelici che si riducevano al semplice "*ipse dixit*" o la critica positivista all'atteggiamento teologico e metafisico finalmente superato da una visione "positiva" basata sulla scienza. Non c'è bisogno però di arrivare ai primi decenni del 1800 per incontrare una filosofia legata alla scienza, già preannunciata dagli Illuministi del secolo precedente.

E' utile ricordare come, già all'atto di nascita della scienza moderna, era possibile vedere questo incontro tra scienza e filosofia ad esempio nel pensatore francese Cartesio, autore del celebre "*Discorso sul metodo*" e nell'inglese Newton che non si limitò a scoperte importanti nel campo della fisica, ma scrisse anche lui sul metodo e cercò di collocare le sue scoperte su un piano generale, soprattutto nell'opera fondamentale "*Principi matematici della filosofia naturale*".

Saranno necessari più di cento anni, tra la fine del 1800 e la fine del 1900, perché i principi fondanti la nuova scienza moderna, nonostante alcune revisioni, venissero messi in discussione al punto da dar vita a un approccio completamente diverso. E' vero che tale nuova dimensione critica non si presentò unitaria, ma questo è comprensibile dal momento che è proprio il carattere unitario della scienza moderna che viene messo in discussione. La

dimensione unitaria è il presupposto per la sua pretesa di dar vita a una visione universale, assoluta e quindi deterministica.

So bene che anche in campo epistemologico occorre fare riferimento al rapporto continuità-rottura per riconoscere e spiegare le trasformazioni, per cui il processo che porterà alla sostituzione dell'approccio classico con la scienza della complessità è un processo lento, fatto di strappi e di ritorni, di invenzioni e di conservazioni. Non esistono eroi epistemologici, rivoluzionari che hanno imposto un ordine nuovo del

conoscere, ma tanti studiosi che hanno dato il loro contributo non sempre riconosciuti se non quando ne è cresciuto il numero, dando vita a sviluppi e approfondimenti.

Non si possono dimenticare le intuizioni di poeti come Donne o di fisici come Mach, ma non potendo fare qui un'analisi dettagliata anno dopo anno partirò con quello studioso che fece fare un primo salto verso un nuovo approccio epistemologico. Sto parlando di Charles Darwin.

### CHARLES DARWIN (1809-1882)

Troppo spesso viene proposta la teoria darwinista di evoluzione in contrapposizione al così detto *creazionismo* religioso nonostante l'*evoluzionismo* in generale sia stato fatto proprio dalle Chiese cristiane. Questo atteggiamento è il frutto semplicistico di uno scontro inevitabile tra Scienza e Fede che, come vedremo nel capitolo VII, non è essenziale a differenza dello stretto rapporto che tra quei due mondi si è creato.

Perché Darwin è una pietra miliare verso una visione complessa della realtà e della conoscenza?

Innanzitutto Darwin pone il cambiamento alla base della creazione della realtà e applica questo principio persino agli stessi esseri umani; la prospettiva del cambiamento introduce il ruolo del Caso e quindi, anche se questo svolge un ruolo parziale, esclude ogni forma di finalismo: **le trasformazioni che vediamo in natura sono eventi storici che non esprimono un fine** e quindi viene allontanata la prospettiva deterministica che era alla base della scienza classica e che il Marchese de *Laplace*, noto fisico, aveva reso nelle forme assolute del suo celebre "*demone*" qualche decennio prima.

Di fronte alla classica visione circolare e alla moderna prospettiva lineare Darwin propone qualcosa di diverso che oggi possiamo anche chiamare rete, mentre viene rifiutato il rapporto finalistico tra causa ed effetto che dominava sia la visione religiosa sia i paradigmi della scienza moderna. Inoltre, introducendo elementi di complessità fortemente controintuitivi rispetto a quanto sviluppato fino ad allora, comincia a smantellare quel semplicismo che si era affermato a partire da Okham (il suo celebre rasoio) riproposto da Cartesio e infine da Newton.

Come ricorda la fisica Chiara Marletto (*The science of I can and I can't – Ed. Penguin Books, Londra, 2021*) ritroviamo due elementi fondamentali nella teoria di Darwin: la capacità di replicare e allo stesso tempo di variare e selezionare; queste azioni si verificano perché il sistema è complesso e la copia può non essere perfetta, e così anche generare delle varianti. Resiste e va avanti la variante o l'originale che meglio riesce a interagire con l'ambiente. Ciò che viene replicato è informazione, conoscenza, **“knowledge the most resilient stuff that can exist in our universe”**.

*“Se la fine di un percorso sia positiva o negativa dipende dalle sue proprietà controfattuali...La fine può rappresentare punti positivi per ulteriore costruzione, purché conoscenza sia creata durante il percorso in modo che il termine sia più ricco nelle possibilità (controfattuali) rispetto al punto di partenza.”*

### HENRI POINCARÉ (1854-1912)

Il salto successivo lo abbiamo già visto e proviene dal notissimo Henri Poincaré tra Otto e Novecento. Ricordiamo brevemente quelli che sono i punti principali dei suoi studi.

1) La complessità si intreccia con la scoperta del caos e il primo che portò alla luce il caos che è in natura fu Poincaré: *“Egli guardò l'abisso del caos e scorse alcune forme che vi si celavano; ma l'abisso era ancora buio ed egli scambiò per mostruosità alcune fra le cose più belle in matematica. Poincaré aveva la profondità ma gli mancavano i mezzi per illuminarla”* (Stewart Ian, *Dio gioca a dadi ?*, 1989, Bollati Boringhieri, p. 64). Ne abbiamo parlato a proposito della Teoria dei tre corpi che Poincaré dimostra essere ben lontana dall'idea

comune che possa corrispondere a tre relazioni tra due corpi: basta poco per entrare in un universo che sfiora l'abisso.

2) La creazione della topologia che è la matematica della continuità, cioè la scienza dell'ininterrotto, che studia i mutamenti costanti graduali.

Quali sono le conseguenze che dobbiamo rilevare sugli studi di Poincaré? In generale che esse aprono la strada alla complessità in tre forme:

1. La creazione della topologia prefigura una realtà non riconducibile a forme oggettive, statiche, universali, valorizzando il concetto di continuità che risulterà importante anche nello studio della storia e che vuol dire prendere in considerazione la storicità dei fenomeni naturali;
2. Lo studio dei tre corpi mette in crisi il riduzionismo della scienza ottocentesca e obbliga a fare i conti con la complessità del reale e, come abbiamo visto, tutto ciò aprirà la strada al concetto complesso che il tutto non coincide con la somma delle parti;
3. L'insieme degli studi di Poincaré prepara quello che diventerà uno dei nodi della teoria del caos e della complessità, il cosiddetto effetto farfalla e la teoria di Lorenz: differenze piccolissime, anche infinitesime, nelle condizioni iniziali generano differenze grandissime nell'evoluzione del fenomeno. Detta con Lorenz: un uragano nei Caraibi può dipendere dal battito d'ali di una farfalla in Brasile.

HEISENBERG (1901-1976), LA FISICA QUANTISTICA (1927), GÖDEL (1906-1978)

Mentre la fisica ottocentesca si poneva come obiettivo quello di scoprire leggi universali e si caratterizzava per l'idea di certezza e di verità, la fisica quantistica che si sviluppa nei primi decenni del XX secolo porta alla luce la dimensione statistica e probabilistica, incrinando la fede nella verità e entrando in sintonia per il concetto di relativismo con gli studi di Einstein.

La crisi di certezza e verità non è nuova in altri campi di studio, ma appare nuova, almeno nel suo proporsi globalmente, nelle scienze fisiche.

*Il mondo come volontà e rappresentazione* di Schopenhauer è del 1818, *Corrispondenze* di Baudelaire è del 1857, gli scritti di Nietzsche risalgono agli anni Ottanta del XIX secolo, *Fanciullino* di Pascoli è del 1897, *Uno nessuno centomila* di Pirandello è del 1926.

Per quanto riguarda la crisi della fisica classica oltre Poincaré dobbiamo risalire agli studi di Plank del 1900, a quelli di Einstein del 1905, ma soprattutto agli studi di Bohr e della scuola di Copenhagen: **è del 1927 il principio di indeterminazione di Heisenberg.**

Per capire cosa significhi questo principio propongo innanzitutto alcune pagine tratte da un testo di Fisica per le superiori che lo spiegano in modo comprensibile anche ai non addetti; successivamente metterò in evidenza come esso abbia modificato i paradigmi epistemologici obbligando a fare i conti con questi anche gli studiosi di scienze umane.

Roger Penrose, noto professore di Matematica all'Università di Oxford, lo sintetizza in questi termini: *"Secondo questo principio non è possibile misurare (cioè ingrandire al livello classico) con precisione, al tempo stesso, sia la posizione sia la quantità di moto di una particella"* (*La nuova mente dell'Imperatore, 1989-Sansoni,; p. 319*).

Per A. Caforio e A. Ferilli, autori del manuale *Nuova Physica 2000, vol. 3°*.

*"La relazione di indeterminazione sancisce l'impossibilità di valutare in modo rigoroso e senza alcun limite quelle grandezze la cui determinazione simultanea si rende necessaria per una descrizione meccanicistica del sistema. Anche con metodi di misura perfezionati all'infinito, la determinazione simultanea di due grandezze coniugate fra loro, come per esempio la posizione di una particella e la quantità di moto, la sua energia e l'intervallo di tempo in cui la prima è determinata, sono sempre stabilite con una certa indeterminazione...E' bene subito precisare che le relazioni d'indeterminazione rappresentano delle medie statistiche i cui valori derivano da un elevato numero di misure delle grandezze coniugate"* (Le Monnier, Firenze: pp. 167-168).

Statistica e probabilità aprono nuovi orizzonti alla scienza, trasformandone profondamente il senso che per tre secoli aveva avuto: come mettono in evidenza i due autori: *"questo nuovo aspetto segna non solamente la fine dell'ambizioso sogno del determinismo laplaciano, ma anche la fine dell'oggettività classica"* (Idem pag.169)

Oltre questo aspetto però ce n'è un altro che assume la stessa portata, cioè **il ruolo e il peso dell'osservatore** nella teoria della misura.

*“Nella fisica classica si era sempre supposto che entro i limiti degli errori la misura di una grandezza poteva essere eseguita con precisione sempre più rigorosa, a condizione di utilizzare un dispositivo sempre più qualificato e una tecnica sempre più razionale. In realtà ciò non è esatto: misurare significa sempre perturbare il sistema e quindi anche le grandezze che lo caratterizzano”* (Idem pag. 166).

L'elemento maggiormente controintuitivo è però il fenomeno dell'**entanglement**, o correlazione quantistica, perché in base a esso, lo stato quantico di ogni elemento che costituisce il sistema dipende istantaneamente dallo stato degli altri costituenti e ciò avviene anche quando le particelle sono a distanze molto grandi: la misurazione delle proprietà di una particella coincide con quelle dell'altra. L'entanglement ("intreccio") è una proprietà che lega tra loro due o più particelle, rendendole di fatto intercorrelate. Non si tratta di pura e astratta teoria, visto che il suo uso è decisivo nella crittografia e nella formazione dei computer quantistici, che rappresentano un salto enorme nel campo della tecnologia informatica.

I seguenti passi sono tratti dal libro di Amir D. Aczel, noto matematico americano di origine israeliana: Entanglement – Raffaello Cortina Editore 2004.

*“Due particelle che possono anche distare tra loro chilometri, o persino anni luce, continuano a comportarsi in modo concertato: quello che accade a una di loro accade immediatamente anche all'altra, indipendentemente dalla distanza che li separa”* (pag. 234).

*“Le entità coinvolte in un entanglement (particelle o fotoni) sono collegate tra loro perché sono state prodotte in passato da un processo che le ha vincolate, ad esempio due fotoni emessi da uno stesso atomo...Se si agisce su uno dei due fotoni il suo gemello ovunque si trovi nell'universo reagirà a sua volta istantaneamente”* (Prefazione XVII).

Le critiche a questi aspetti, soprattutto l'entanglement, hanno svolto un ruolo importante e di esse parlerò nel prossimo paragrafo.

In un libro che avremo modo di riprendere anche successivamente il Premio Nobel Ilya Prigogine e Isabelle Stengers definiscono la meccanica quantistica la fine dell'oggetto galileiano e affermano che le relazioni di indeterminazione di Heisenberg rendono necessaria una revisione del concetto di causalità. Non solo, ma si rende impossibile una descrizione oggettiva, completa del sistema in quanto tale, indipendentemente da come lo si osserva, come pretendeva l'oggettività classica.

Senza dilungarci oltre su questo tema è giusto mettere in evidenza come la letteratura sul ruolo dell'osservatore nella meccanica quantistica sia ampia e, oltre agli studi del fisico americano di origine austriaca Heinz von Foerster, possa trovare un significativo riferimento nei lavori degli anni Settanta di B. D'Espagnat che sono diventati un classico. Il libro *I fondamenti concettuali della meccanica quantistica* è stato pubblicato nel 1980, mentre *Alla ricerca del reale* nel 1983, ed entrambi, insieme ad altri articoli, sono costantemente citati da chi si occupa di complessità sia in termini fisici sia in termini filosofici. Il ruolo dell'osservatore svela il carattere di mito che sta dietro l'osservatore ottocentesco onnisciente.

**Riassumendo** in funzione dello sviluppo del nostro discorso, va detto che i tre elementi centrali che emergono direttamente dalla teoria quantistica, le relazioni di indeterminazione, l'entanglement e il ruolo dell'osservatore, rappresentano un punto di partenza decisivo nell'evoluzione della fisica della complessità e del pensiero complesso: le leggi scientifiche, così come le si erano concepite nel secolo XIX, cessano di rappresentare l'obbiettivo della scienza.

Arriviamo così a Gödel.

### KURT GÖDEL (1906-1978)

Kurt Gödel è stato un fisico e un matematico con evidenti proiezioni filosofiche e non è casuale che i suoi **teoremi di incompletezza e indecidibilità** siano stati presentati alla *Seconda Conferenza sull'Epistemologia delle Scienze esatte* di Königsberg del 1930. Ormai Scienze esatte e filosofia non sono più collocati su piani opposti, ma dialogano in forme sempre più aperte: non esiste più la Scienza esatta che è oggettiva e la filosofia, e più in generale le Scienze umane, che invece sono soggettive. Rivedremo questo aspetto nella seconda parte.

**I teoremi di incompletezza e indecidibilità** dimostrano che in un sistema gli assiomi di base, cioè i principi evidenti per sé e che perciò non hanno bisogno di essere dimostrati, non garantiscono la completezza, cioè la veridicità, delle affermazioni possibili nel sistema che risulterà sempre indecidibile, cioè che non può dichiarare che esse siano vere o false.

In sostanza Gödel dice che per considerare vere (o false) quelle affermazioni occorre uscire dal sistema ed entrare in un sistema più ampio, nel quale si ripresenta però lo stesso problema; il fatto è che la conoscenza è infinita mentre i presupposti non lo sono. Ogni sistema di conoscenza del mondo è, e resterà, fondamentalmente incompleto, sempre suscettibile di miglioramento.

Il punto decisivo è che Gödel non si limita a dirlo, ma lo dimostra matematicamente. Per avere un'idea discorsiva di tutto ciò possiamo richiamare alcuni paradossi: quello del mentitore di Epimenide, quello del barbiere di Bertrand Russell e quello del bibliotecario di Gonseth, ripreso nel celebre racconto di Borges (*La biblioteca di Babele* in *Finzioni*).

E' vero che alcuni studiosi come Von Foerster fanno notare che i teoremi di Gödel si riferiscono a un sistema formale, ma è vero che essi valgono a maggior ragione per sistemi informali caratterizzati per definizione dall'imprevedibilità.

Qui occorre fare **un chiarimento di metodo**.

Teoremi come quelli di Gödel o il principio di Heisenberg richiedono competenze estremamente specifiche e per questo sono state oggetto di numerosi studi pro e contro. Io non intendo schierarmi da una parte o dall'altra, cosa che fanno gli specialisti e gli accademici, che permetteranno sempre un approfondimento e uno sviluppo; **io intendo recuperare il senso di alcuni aspetti perché nel loro insieme forniscono un percorso utile anche a persone di media cultura, un percorso che permette di assumersi le responsabilità del vivere attribuendo un senso alla propria esistenza.** La storia della scienza, e della cultura in generale, hanno mostrato come il campo della conoscenza e del sapere sia passato da un'antinomia tra platonici e aristotelici a una miriade di posizioni che sono partite da un nucleo (gli stessi greci, Newton, Leibniz, Kant, Hegel, Marx, Darwin, Einstein...) e hanno proceduto a dar vita a posizioni sempre più lontane da quel nucleo e allo stesso tempo in numero sempre più grande. Per definire queste proiezioni spesso viene usato il prefisso neo- e così abbiamo i neo-hegeliani, i neo-positivisti ecc. ma anche dentro queste definizioni gli scarti e le differenze non si contano; in questo senso i figli di Marx restano sul generico e usano un'espressione molto ampia, quella di marxiani, espressione che va molto oltre quella di maggior aderenza al padre, cioè marxisti.

Questo libro intende ripercorrere alcune pietre miliari che, una volta connesse, permettono di individuare un orizzonte che è allo stesso tempo etico ed epistemologico.

Il passo successivo riguarda le critiche alla fisica quantistica, nella sua interpretazione complessiva, la così detta interpretazione di Copenaghen.

### EINSTEIN-PODOLSKY-ROSEN: PARADOSSO EPR (1935). AFFERMAZIONE DELLA FISICA QUANTISTICA

Come ho accennato sopra le tesi complessive della fisica quantistica suscitarono critiche importanti soprattutto per il coinvolgimento di Einstein che, insieme ai fisici Podolsky e Rosen, produsse un esperimento mentale che contestava soprattutto il fenomeno dell'*entanglement* perché violava fundamentalmente il *principio di località*, secondo il quale *oggetti distanti non possono avere influenza istantanea l'uno sull'altro: un oggetto è influenzato solo dalle sue immediate vicinanze e in modo diretto*. Sembra che fosse in questo contesto che Einstein pronunciò la celebre frase *“Dio non gioca a dadi”*. Per questo motivo, essi apprezzavano alcune scoperte della teoria quantica, ma ritenevano che, contraddicendo elementi fondamentali della fisica classica, non potesse essere accettata nella sua globalità: perciò ritenevano che fossero presenti delle **variabili nascoste**, cioè degli elementi di cui a quel momento non si aveva conoscenza.

L'autorità degli autori del paradosso dette un certo credito a questa tesi, ma gli esperimenti fatti a partire dagli anni Sessanta in poi hanno dimostrato la fondatezza della fisica quantistica e l'errore di EPR.

Il primo a contestare il paradosso fu John Bell nel 1964, ma gli esperimenti decisivi si ebbero negli anni Ottanta grazie ad Alain Aspect e nel 1998 per opera di Anton Zeilinger: questi due fisici insieme a John Clauser hanno ricevuto nel 2022 il Premio Nobel per la fisica.

Qui di seguito alcuni passi ripresi dal citato libro, *Entanglement*.

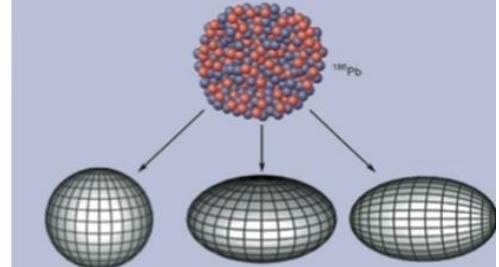
*“Gli esperimenti connessi al teorema (di Bell) hanno fornito incontestabili evidenze a favore sia della teoria dei quanti sia della realtà dell'entanglement e della non località”* (pag. 135).

*“(già) Bohr intuiva che la posizione di Einstein, se fosse stata presa sul serio, sarebbe risultata in aperto contrasto con la meccanica quantistica. Ma fu il teorema di Bell a materializzare questa contraddizione”* (frase di A. Aspect citata a pag. 165).

*“Le conclusioni che si possono trarre dal teorema di Bell sono filosoficamente sbalorditive: o dobbiamo abbandonare la filosofia realistica condivisa dalla maggior parte degli scienziati o rivedere radicalmente la nostra concezione dello spazio-tempo (frase di A. Shimony, fisico del MIT, e J. Clauser, Premio Nobel, citata a pag. 233).*

*“Quindi addio, elementi della realtà! (frase di D. Mermin, altro noto fisico americano, citata a pag. 233).*

E' interessante riportare anche un passo tratto dallo stesso libro che illustra un'altra sconvolgente conseguenza della teoria quantistica, la sovrapposizione degli stati dei sistemi quantistici: *“La sovrapposizione degli stati dei sistemi quantistici: un elettrone (una particella elementare di carica negativa) o un fotone (un quanto di luce) si possono trovare in una sovrapposizione di due o più stati. Non si può più parlare di “qui o là”, nel mondo dei quanti si deve parlare di “QUI E LÀ”. In un certo senso un fotone, parte di un raggio di luce che illumina uno schermo da due fenditure, può passare contemporaneamente attraverso entrambe le fenditure, piuttosto che passare, come ci si aspetterebbe, o attraverso l'una o attraverso l'altra” (Prefazione XIII).*

	<p>Polonio-190 decade, forma Piombo-186 e riesce ad avere tre forme contemporaneamente (sferica, oblata e prolata)</p>
--	--

Fino a qui siamo ancora intorno alla fisica quantistica che col passare degli anni è andata confermandosi e ha ampliato la sua influenza sia sul piano pratico sia sul piano teorico. Nel prossimo post vedremo come la scienza della complessità si sia sostituita alla scienza classica grazie agli studi realizzati in varie discipline. E così ci avviciniamo ai nostri giorni.



#### 4) ALL'ORIGINE DEL NUOVO STATUS EPISTEMOLOGICO DELLA COMPLESSITÀ: Parte seconda.

##### ILYA PRIGOGINE (1917-2003)

Se la fisica classica, quella ottocentesca, ipotizzava un mondo di certezze e verità assolute e la fisica quantistica ne incrinava le prospettive aprendosi alla dimensione probabilistica, la scienza della complessità dichiara la fine delle certezze. *La fine delle certezze* è per l'appunto il titolo di un'opera importante pubblicata per le Edizioni Jacob nel 1996: autore ne è Ilya Prigione, Premio Nobel per la chimica nel 1977, direttore degli Istituti Solvay di Bruxelles e del centro di meccanica statistica e di termodinamica dell'Università del Texas. Le conseguenze epistemologiche degli studi fatti sui sistemi dissipativi sono notevoli e anche se allora non universalmente condivise hanno aperto una breccia nell'idea di scienza che ci è stata congeniale e che continua a rimanere più nell'immaginario collettivo che nella realtà del mondo scientifico.

*“La fisica tradizionale legava conoscenza completa e certezza...Da quando l'instabilità vi è stata incorporata, il significato delle leggi della natura assume un nuovo senso. A partire da ora esse esprimono possibilità. L'ambizione di questo libro è di presentare questa trasformazione delle leggi della fisica e, di conseguenza, di tutta la nostra descrizione della natura”* (protogine Ilya (1996), *O fim das certezas* (ed. Portoghese, Gradiva, Lisbona: p.12. La traduzione è mia).

In questo senso gli studi più recenti sviluppati sia nel campo della fisica sia in quello della chimica portano non solo oltre la fisica classica, ma anche al di là della fisica quantistica.

*“Possiamo affermare oggi che è grazie ai **processi irreversibili associati alla freccia del tempo** che la natura realizza le sue strutture più delicate e più complesse. La vita non è possibile se non in un universo lontano dall'equilibrio. Il notevole sviluppo della fisica e della chimica di non-equilibrio nel corso di questi ultimi decenni rinforza così le conclusioni presentate in **La nuova alleanza**:*

*1)I processi irreversibili (associati alla freccia del tempo) sono tanto reali quanto i processi reversibili, descritti dalle leggi tradizionali della fisica; non possono essere interpretati come approssimazioni delle leggi fondamentali;*  
*2)I processi irreversibili svolgono un ruolo costruttivo nella natura;*

3) *L'irreversibilità esige un'estensione della dinamica*" (Idem, pag.29).

Gli studi e le elaborazioni concettuali sviluppati da Prigogine non negano l'importanza della fisica classica, ma le leggi che hanno portato a pensare la scienza in quello che è diventato il linguaggio comune della verità e della certezza sono delle idealizzazioni. Come spiega ad esempio a proposito delle interazioni dinamiche transitorie:

*"Esse corrispondono a situazioni semplificate che possiamo realizzare in laboratorio. Ma sono idealizzazioni, perché, in natura, le interazioni sono persistenti e i processi di collisione...sono la norma. È intaccata la simmetria temporale e implicano una descrizione evolutiva d'accordo con la descrizione termodinamica...Il nostro mondo è fluttuante, rumoroso, caotico...All'interno della stessa termodinamica...sono necessarie condizioni aggiuntive per osservare l'emergere di strutture dissipative e di altri comportamenti complessi associati all'allontanamento dall'equilibrio. E questi comportamenti di auto-organizzazione fisica sono per parte loro, condizioni necessarie, ma non sufficienti dell'emergere dell'autorganizzazione propria della vita. La distinzione tra condizioni necessarie e sufficienti è essenziale per descrivere la dimensione narrativa della natura...Il mondo dei GSP (Grandi Sistemi di Poincaré, una particolare classe di sistemi non integrabili, N.d.A.) e delle interazioni persistenti diventa il punto di partenza dei nostri tentativi di decifrazione delle molteplici storie di **auto-organizzazione fisica e biologica**, delle quali la natura ci fornisce tanti esempi»* (Idem, pag. 127).

In questo passo che conclude il capitolo V dal significativo titolo *"Oltre le leggi di Newton"* sono posti i concetti fondamentali che sono alla base della scienza della complessità. Prigogine non nega importanza e valore alle leggi della fisica classica, ma i fenomeni che incontriamo non sono ad esse riconducibili, perché la maggior parte dei fenomeni si realizza lontano dall'equilibrio, attraverso interazioni e collisioni persistenti. È in quella regione che si realizzano processi di auto-organizzazione, di emergenza della vita secondo un percorso evolutivo che già la termodinamica aveva supposto: è dunque in questo senso che la scienza introduce il termine *narrativo* riprendendolo dalle scienze umane.

**Interazioni e collisioni, strutture dissipative, lontananza dall'equilibrio, margine del caos, emergenza, biforcazioni, auto-organizzazione, dimensione narrativa della natura.** È intorno a queste parole che si muove la scienza della complessità. È da queste parole che parte la riflessione

epistemologica che si esprime nel pensiero complesso. È da queste parole che dobbiamo partire anche per fondare la riflessione storica.

Ritornando a Prigogine, possiamo dire che il carattere innovativo dei suoi studi porta in tre direzioni fondamentali.

Vediamole.

1) Dalle **certezze** nella fisica classica si è passati alla **probabilità** nella fisica quantistica alla **creazione** nella scienza della complessità: *“La materia è cieca nell’equilibrio, là dove la freccia del tempo non si manifesta; ma non appena si manifesta, lontano dall’equilibrio, la materia comincia a vedere”* (Idem, pag. 11).

La scienza della complessità studia i fenomeni complessi che in natura sono la quasi totalità e i fenomeni complessi operano sempre lontano dall’equilibrio e a questo livello operano biforcazioni: *“Vicino all’equilibrio le fluttuazioni non hanno conseguenze, mentre lontano dall’equilibrio svolgono un ruolo centrale. **Le fluttuazioni sono essenziali per i punti di biforcazione.** Ci obbligano ad abbandonare la descrizione deterministica che si applica alla termodinamica dell’equilibrio. Il termine **sceglie** (qui Prigogine si riferisce a quanto detto in precedenza, cioè che la natura sceglie dove andare) significa che niente nella descrizione macroscopica permette di privilegiare una delle soluzioni. Si introduce così un elemento probabilistico irriducibile»* (Idem, Pag. 69).

*« E’ assai notevole che vicino alle biforcazioni i sistemi presentino grandi fluttuazioni. Il sistema sembra esitare tra varie possibili direzioni di evoluzione e la famosa legge dei grandi numeri, nel suo senso usuale, perde validità. Una piccola fluttuazione può dare inizio ad una nuova evoluzione che cambierà drasticamente l’intero comportamento del sistema macroscopico »* (Idem pag. 16).

La natura, dunque, crea e nasce il concetto di auto-organizzazione:

*“A proposito delle **strutture dissipative**, possiamo parlare di auto-organizzazione. Anche se conosciamo lo stato iniziale del sistema, il processo di cui è artefice e le condizioni che gli stanno di fronte, non possiamo prevedere quale dei regimi di attività il sistema sceglierà»* (Idem, pag. 70).

*“Il possibile è più ricco del reale. In effetti la natura ci presenta l’immagine della creazione, della novità imprevedibile. Il nostro universo seguì un cammino di successive biforcazioni: avrebbe potuto seguirne altre. Forse*

*possiamo dire lo stesso anche per quanto riguarda la vita di ognuno di noi»* (Idem, pag. 72).

Le conclusioni di ordine generale non possono che essere anche le nostre: *“L’attività umana, creatrice e innovatrice, non è estranea alla natura. Possiamo considerarla un’amplificazione e intensificazione di tratti già presenti nel mondo fisico e che la scoperta di processi lontano dall’equilibrio ci ha insegnato a decifrare»* (Idem, pag. 71).

2) **La freccia del tempo e il carattere evolutivo della natura.** Già nel XX secolo alcune discipline scientifiche avevano incrinato la dimensione assolutistica che promanava nella scienza dalla fisica: la termodinamica, ad esempio, e il concetto di entropia, l’evoluzionismo delle specie. Nella scienza della complessità questa prospettiva è andata dilatandosi in modo esponenziale coinvolgendo la nozione di tempo: *“L’esistenza di una freccia del tempo non è questione di convenienza. È un fatto imposto dall’osservazione»* (Idem, pag. 76).

La scoperta di una freccia del tempo è indissolubilmente legata agli studi sulle strutture dissipative e sui sistemi lontano dall’equilibrio. È a questo livello che entra in crisi il tempo reversibile e determinista della fisica.

***“Le leggi della fisica nella loro formulazione tradizionale descrivono un mondo idealizzato, un mondo stabile, e non il mondo instabile, evolutivo, nel quale viviamo. Questo punto di vista ci obbliga a riconsiderare la validità delle leggi fondamentali, classiche e quantiche. In primo luogo, il nostro rifiuto della banalizzazione della irreversibilità si basa sul fatto che, anche in fisica, l’irreversibilità non può continuare ad essere associata solo ad un aumento del disordine. Al contrario gli sviluppi recenti della fisica e della chimica di non-equilibrio mostrano che la freccia del tempo può essere una fonte di ordine...L’irreversibilità conduce tanto al disordine quanto all’ordine...Oggi possiamo affermare che è grazie ai processi irreversibili associati alla freccia del tempo che la natura realizza le sue strutture più delicate e più complesse»*** (Idem, pag. 28-29).

Nonostante le resistenze che molti fisici hanno ancora nei confronti di una concezione del tempo come unidirezionale, gli studi recenti mostrano come la natura a tutti i livelli, laddove produce vita, non è costituita di sistemi reversibili: nelle strutture dissipative, lontano dall’equilibrio, quelle cioè che compongono il mondo reale e non idealizzato, è un susseguirsi di biforcazioni, probabilità, non certezze, dove l’universo, in termini sia di

macrocosmo sia di microcosmo, si presenta aperto. Questa nuova visione richiede una rottura radicale con le precedenti concezioni scientifiche, sia classiche sia quantiche, e di questo Prigogine è pienamente cosciente. È da questa nuova prospettiva che dobbiamo partire, dalla coscienza cioè che *“...a tutti i livelli, la fisica e le altre scienze confermano la nostra esperienza del tempo: viviamo in un universo in evoluzione. Siamo ora capaci di decifrare il messaggio dell’evoluzione come si irradia nelle leggi fondamentali della fisica. A partire da ora siamo capaci di decifrare il suo significato, nei termini dell’instabilità associata al caos determinista e alla non integrabilità. Il risultato essenziale delle nostre ricerche è infatti l’identificazione di sistemi che impongono una rottura dell’equivalenza tra la descrizione individuale (traiettorie, funzioni d’onda) e la descrizione statistica di insiemi. È a livello statistico che l’instabilità può essere incorporata nelle leggi fondamentali. Le leggi della natura acquistano così un nuovo significato: non trattano più di certezze ma di possibilità. Esse affermano il divenire, non solo l’essere. Esse descrivono un mondo di movimenti irregolari, caotici, un mondo molto più vicino a quello che immaginavano gli antichi atomisti che alle orbite newtoniane...La rottura della simmetria temporale è una proprietà globale che esige che si consideri il sistema dinamico come un tutto»* (Idem, pag. 150-151-152).

Nella fisica newtoniana, anche allargata alla fisica quantica, lo spazio e il tempo erano dati una volta per tutte; lo stesso vale anche per Einstein di cui è riportata una nota frase: “per noi fisici convinti, la distinzione tra passato, presente e futuro è solo illusione, anche se tenace”: **“L’universo costruito da Einstein era un universo statico, atemporale...Friedmann e Lemaitre hanno dimostrato che l’universo di Einstein era instabile. La più piccola fluttuazione lo avrebbe distrutto”** (Idem, pag.173).

La prospettiva di Prigogine non nega nè il contributo della fisica classica nè quello della fisica quantistica nè quello di Einstein, ponendosi come obbiettivo quello di unificare relatività e teoria quantica tenendo conto dell’instabilità dei sistemi dinamici. Einstein inaugurò la storia delle teorie cosmologiche contemporanee con una interpretazione geometrica dell’universo e i risultati furono fecondi e imprevisi, ma oggi la ricerca va oltre:

*“Come avrebbe potuto Einstein pensare che la sua teoria implicava questioni che avrebbero portato al di là di una visione geometrica verso una concezione dell’universo orientato nel tempo? ...La storia della materia è incastrata nella*

*storia cosmologica, la storia della vita in quella della materia. E infine le nostre proprie vite sono immerse nella storia della società” (Idem, pag. 180).*

**3) Approfondendo in una prospettiva nuova e con strumenti più adeguati la teoria dei tre corpi di Poincaré, Prigogine mette in discussione il concetto stesso di traiettoria e pone su basi scientifiche lo studio dei fenomeni come studio di relazioni.**

*“Una particella correlata con un’altra incontrerà subito una terza. Le correlazioni binarie si trasformano in correlazioni ternarie etc. Abbiamo così un flusso di correlazioni ordinato nel tempo. L’analogia più vicina di un flusso simile sarebbe la comunicazione tra gli esseri umani. Quando due persone si incontrano comunicano. Dopo essersi separate, si ricordano dell’incontro, e incontri successivi porteranno alla disseminazione dei loro effetti. Si può parlare di flusso di comunicazione in una società, allo stesso modo con cui si parla di un flusso di correlazioni nella materia...Si tratta di costruire una dinamica delle correlazioni e non più una dinamica delle traiettorie” (Idem, pag. 80-81).*

Vediamo di ripercorrere i punti salienti della riflessione di Prigogine, saltando le parti più propriamente matematiche, quelle dei grafici e delle formule.

*“Invece di considerare punti individuali associati a traiettorie, consideriamo ora l’insieme descritto dalla distribuzione di probabilità...Vediamo dunque che deve esistere una differenza fondamentale tra la descrizione in termini di traiettorie da un lato e in termini di insieme dall’altro. L’instabilità al livello della traiettoria conduce a un comportamento stabile al livello della descrizione statistica...Ma il fatto nuovo e inatteso è che, oltre a ciò, si ammettono nuove soluzioni, che si applicano agli insiemi statistici e non alle traiettorie individuali...La descrizione in termini di funzioni di distribuzione è dunque più ricca che in termini di traiettorie individuali. Prendere in considerazione gli insiemi statistici non corrisponde a una descrizione approssimativa; al contrario permette di incorporare il carattere caotico delle trasformazioni. Ecco perché possiamo dire che le leggi della dinamica si devono ora esprimere in termini di insiemi...La rottura dell’equivalenza tra la descrizione individuale e la descrizione statistica è il punto centrale del nostro approccio...**Il successo della termodinamica dell’equilibrio ha ritardato la scoperta delle nuove proprietà della materia associata al non equilibrio, come è il caso dell’auto-organizzazione delle strutture dissipative”** (Idem, pag. 83-85-86-88).*

La descrizione in termini di traiettorie rimarrebbe valida se conoscessimo le condizioni iniziali con una perfezione infinita, ma questo non corrisponde a nessuna situazione della realtà. La descrizione in termini di insiemi apre alle dinamiche del caos e sposta la scienza oltre le pretese di verità assolute. Per Prigogine l'alternativa non è tra un mondo geometrico, laplaciano, e un mondo sottoposto all'arbitrio e al capriccio del caso: *"l'indeterminismo...si impone a partire da ora nella fisica. Ma esso non deve essere confuso con l'assenza di previsione, che renderebbe illusoria ogni azione umana. È del limite della previsione che si tratta"* (Idem pag.100).

La conclusione va in questa direzione e ci interessa molto da vicino:

**"Le leggi non governano il mondo, ma questo non è retto dal Caso.** Le leggi fisiche corrispondono a una nuova forma di intelligibilità espressa dalle rappresentazioni probabilistiche irriducibili. Sono associate all'instabilità e, sia al livello macroscopico sia al livello microscopico, descrivono gli eventi in quanto possibili, senza ridurli a conseguenze deducibili e previsibili delle leggi deterministe" (Idem, pag. 186).

Cercando di sintetizzare il percorso sperimentale e concettuale di Prigogine possiamo dire:

1)Ci siamo sempre basati sull'analisi dei sistemi considerandoli fondamentalmente in condizioni di equilibrio, per cui la lontananza dall'equilibrio era vista come transitoria e momentanea.

2)Oggi scopriamo che il punto di vista centrale deve spostarsi sui sistemi dissipativi, lontani dall'equilibrio, perché è lì che avvengono i rimescolamenti e si formano nuovi sistemi che tendono subito nuovamente, attraverso collisioni ecc., verso stati di non equilibrio.

3)Tutto ciò conferma l'esistenza di una freccia del tempo, introdotta dal Secondo Principio della Termodinamica, introducendo la dimensione storica dentro i fenomeni e i processi della natura.

4)In questo quadro non si può più considerare il sistema in termini di traiettoria che è lineare, ma di instabilità perché mentre il punto di partenza di un punto è fisso, nella realtà il punto di partenza delle molecole, ad esempio nel tempo atmosferico, non è stabile e le collisioni successive danno vita a una crescente imprevedibilità.

5)Il sistema si trova in continuazione di fronte a delle biforcazioni e la scelta della direzione non è da noi prevedibile: il sistema sceglie di volta in volta. In questo senso si può parlare di auto-organizzazione.

6) Il punto di svolta si trova in un ambito che è considerato il margine del caos da cui scaturisce una nuova realtà, la cui stabilità e il cui equilibrio sono solo temporanei prima di un nuovo percorso in termini di Caos.

7) Il tempo atmosferico è l'esempio più macroscopico di questi processi.

8) «*Lungi dall'opporre caso e necessità, cominciamo a vedere come entrambi questi aspetti siano essenziali nella descrizione dei sistemi non lineari lontano dall'equilibrio*».

In un altro libro dal titolo *La Nuova alleanza* il Premio Nobel Ilya Prigogine, questa volta con Isabelle Stengers, definisce la meccanica quantistica la fine dell'oggetto galileiano e afferma che le relazioni di indeterminazione di Heisenberg rendono necessaria una revisione del concetto di causalità (Prigogine Ilya-Stengers Isabelle (1981 e 1992), *La nuova alleanza*, Einaudi, Torino: p. 218 e seguenti.) Non solo, ma si rende **impossibile una descrizione oggettiva, completa del sistema in quanto tale**, indipendentemente da come lo si osserva, cosa che pretendeva l'oggettività classica.

*“Bohr ha spesso sottolineato anche la novità di una scelta positiva che si introduce tramite la misurazione nella meccanica quantistica. Il fisico deve scegliere il suo linguaggio, deve scegliere lo strumento sperimentale microscopico ...Noi possiamo misurare le coordinate o i momenti, ma non entrambi contemporaneamente. Non c'è un unico linguaggio teorico in cui si esprimano le variabili a cui può essere attribuito un valore ben definito che possa esaurire il contenuto fisico di un sistema. I vari linguaggi possibili ed i vari punti di vista sul sistema sono complementari. Essi riguardano la stessa realtà, anche se è impossibile ricondurli ad un'unica descrizione. Questa natura irriducibile dei punti di vista su di un'unica e sola realtà esprime l'impossibilità di un'eventuale scoperta di un punto di vista dal quale, come un dio potrebbe fare, sia visibile simultaneamente la realtà nella sua interezza» (Idem pag.227-228).*

Da quando l'universo della scienza e della tecnica si sono imposti come destino dell'Occidente, la separazione tra *res cogitans* e *res extensa* non ha solo aperto la strada alle cosiddette specializzazioni, ma ha anche scavato un fossato tra discipline: il sapere scientifico si è contrapposto alle scienze umane, laddove il primo identifica la Scienza con la esse maiuscola, mentre per le seconde il termine scienza è solo retaggio antico con il significato di “sapere generico” (*scientia*, da *scire*).

Oggi, grazie anche al lavoro di Prigogine, abbiamo di fronte una nuova alleanza, cioè un nuovo orizzonte.

Questo nuovo orizzonte è stato reso possibile dalla scienza della complessità che ha saputo rompere i muri di protezione con i quali era stata edificata la scienza classica. I meriti della nuova scienza non significano demeriti delle scienze umane: al contrario, i riferimenti alle varie forme del pensiero non scientifico sono divenuti non un onore alle armi del nemico sconfitto, bensì il riconoscimento di radici importanti. Non è un caso che il Premio Nobel Prigogine fornisca importanti chiavi di lettura di questo incontro:

*“Ci siamo ispirati in questo saggio, ad alcuni filosofi: Lucrezio, Leibniz, Bergson e Whitehead. Abbiamo ritrovato questa ispirazione anche nell’opera di filosofi contemporanei come Serres o Deleuze. Non vogliamo dar l’impressione di star cucinando un qualche minestrone, ma ci sembra che tutti questi pensatori presso cui abbiamo trovato aiuto per pensare la metamorfosi concettuale della scienza e le implicazioni che ne derivano, abbiano almeno un tratto in comune. Intendiamo dire che tutti costoro hanno cercato di parlare del mondo senza passare attraverso il tribunale kantiano”*  
(Idem p. 284)

*Certo queste parole possono anche essere prese come semplici opinioni e in parte lo sono; per parte mia potrei citare anche Schopenhauer, Nietzsche, la letteratura moderna, Gadamer, ma non si tratta qui di ricreare due schieramenti, platonici contro aristotelici, marxisti contro hegeliani, materialisti contro idealisti, positivisti contro marxisti, razionalisti contro irrazionali, analitici e continentali.*

Il progetto è molto più ambizioso: scoprire se esistono le possibilità di una nuova alleanza, il che vuol dire scoprire gli elementi concettuali che, pur nella diversità degli ambiti, sono capaci di interconnettersi, l’uno contribuendo al lavoro di conoscenza operato dall’altro, e viceversa, in un arricchimento globale.

Questa *nuova alleanza* è non solo possibile, ma necessaria e del suo senso ci parlano le ultime pagine del libro appena citato:

*“Nel momento in cui scopriamo la natura nel senso della **physis**, possiamo anche cominciare a comprendere la complessità dei problemi con cui si confrontano le scienze sociali. Nel momento in cui impariamo il rispetto che la teoria fisica ci impone nei confronti della natura, dobbiamo pure imparare a rispettare gli altri approcci intellettuali...Là dove la scienza ci aveva mostrato una stabilità immutabile e pacificata, comprendiamo invece che nessuna organizzazione, nessuna stabilità è, in quanto tale, legittima o garantita, nessuna si impone, sono tutte prodotte dalle circostanze e sono tutte alla mercé delle circostanze...E’ ormai tempo che ci assumiamo i rischi dell’avventura umana. Ma se oggi possiamo farlo è perché, ormai, **solo così possiamo partecipare al divenire culturale e naturale**, perché questa è la lezione che ci impartisce la natura, se vogliamo davvero ascoltarla. Il sapere scientifico sbarazzato dalle fantasticherie di una rivelazione ispirata, soprannaturale, può oggi scoprirsi essere ascolto poetico della natura e contemporaneamente processo naturale nella natura, processo aperto di produzione e di invenzione, in un mondo aperto, produttivo e inventivo. È ormai tempo per nuove alleanze, alleanze da sempre annodate, per tanto tempo misconosciute, tra la storia degli uomini, delle loro società, dei loro saperi e l’avventura esploratrice della natura” (Idem pag. 286-288).*

Va evidenziato l’intreccio tra il divenire culturale e naturale che riconduce le scienze fisiche, aprendole, nel mondo della cultura, e allo stesso tempo riporta nel terreno della natura le scienze umane (Importante in questo senso è stato il Convegno dal titolo *Relating Culture and Nature. Our Transforming Views Steps Towards A Unified Evolutionary Modeling Framework*” tenuto nel 2000 al Santa Fe Institute sotto la guida di Sander van der Leeuw, professore di archeologia all’ Università di Paris I (Panthéon-Sorbonne), di Timothy A. Kohler, archeologo al Department of Anthropology, Washington State University, e di Henry T. Wright, curatore di archeologia al Museum of Anthropology, Michigan University).

Negli studi e nelle parole dello scienziato c’è molto di più di un suggestivo slancio culturale tra l’ideologico e il presuntuoso, c’è il senso profondo della nuova alleanza le cui premesse sul piano matematico-fisico sono state ampiamente sviluppate. La scienza si fa poesia e storia così come la poesia e la storia si fanno scienza. Della complessità.

Fino ad ora ho messo in luce concetti fondamentali che la scienza della complessità è andata elaborando nel corso degli ultimi decenni; essi sono stati resi possibili dall'accelerazione che soprattutto **l'informatica e le neuroscienze** hanno avuto proprio nello stesso periodo. Di questo parlerò nel prossimo capitolo centrato sul concetto di **Rete**.

Si è creata una rete di relazioni in cui le varie parti dialogano tra loro e ognuna lo fa anche con il tutto; la filosofia ha sicuramente influenzato la scienza, ma *i quanti, le biforcazioni, le strutture dissipative, l'emergenza, l'auto-organizzazione, il caos* sono prodotti autonomi dello studio che della natura hanno fatto gli scienziati. La grande novità del panorama culturale odierno, la vera rivoluzione del nuovo millennio, sta proprio nelle possibilità che la scienza della complessità apre agli orizzonti culturali nel suo complesso. Il fenomeno è, come si dice in ambiente complesso, ricorsivo: **le scienze della natura influenzano le scienze umane che influenzano le scienze della natura.**

## 5) ALL'ORIGINE DEL NUOVO STATUS EPISTEMOLOGICO DELLA COMPLESSITÀ: Parte terza.

Fin qui abbiamo visto come il pensiero complesso sia germinato all'inizio del 1900 per poi prendere forza, consolidarsi e affermarsi sviluppando nuovi rami. L'ultimo e più significativo è stato il **concetto di rete** che sarà l'argomento di questo capitolo.

Prima di entrare in questo recente e nuovo territorio e parlare di queste nuove prospettive può essere utile sentire le parole di due autorevoli fisici, Robert Laughlin Nobel per la Fisica del 1998, e David Pines:

*“Oggi il compito fondamentale della fisica teorica non è più trovare equazioni classiche, ma catalogare e capire le varie forme di comportamento emergente, come, in potenza, la vita stessa. Definiamo questa fisica del prossimo secolo **studio della materia adattativa complessa**...Stiamo attualmente assistendo al passaggio da una scienza passata, strettamente connessa con il riduzionismo, ad una scienza futura che ha come oggetto la materia adattativa complessa...e che, si spera, rappresenterà un trampolino di lancio per nuove scoperte, nuovi concetti e nuova conoscenza” (in M. Buchanan, Nexus, cit. pp. 254-255).*

Lo studio della materia adattativa complessa implica prendere in considerazione un concetto nuovo, quello di **organizzazione**. Sentiamo ancora R. Laughlin su questo punto:

*“Le leggi della natura a cui ci dedichiamo emergono attraverso **un'auto-organizzazione** collettiva e non è affatto necessario conoscere ciò di cui sono fatte per comprenderle e farne uso” (R. Laughlin: Un universo diverso. Reinventare la fisica da cima a fondo, Ed. Codice 2005- pag. XIII).*

*“Penso che **i fenomeni organizzativi fondamentali**, come il tempo atmosferico, possano dirci qualcosa d'importante su fenomeni più complessi come gli esseri umani...Nel contesto di questi casi siamo in grado di dimostrare che **l'organizzazione** può acquisire significato e vita autonoma,*

*fino a trascendere le parti di cui si compone” (Idem, pag. XVII). “Il comportamento della superconduttività ci rivela, con la sua precisione, che la realtà quotidiana è un fenomeno di **organizzazione collettiva**” (Idem, pag. 38). “Nessun fenomeno di **organizzazione collettiva** (nemmeno quelli più elementari come la cristallizzazione e il magnetismo) è mai frutto di deduzione” (Idem, pag. 103). “Nell’era dell’Emergenza (contrapposta all’Era del Riduzionismo, ndr) ci rendiamo conto che **l’organizzazione** è importante in sé, anzi, che in certi casi è la cosa più importante” (Idem, pag. 246).*

Un esempio molto citato per descrivere l’importanza decisiva dell’organizzazione è quello dell’acqua. Si fa notare che i tre stati dell’acqua, solido liquido vapore, non mutano la loro formula chimica che rimane in tutti e tre i casi due atomi di idrogeno e uno di ossigeno; ciò che li distingue è invece l’organizzazione: rigida nello stato solido, continua in quello liquido e caotica nel vapore.

Per gli scienziati della complessità occorre studiare l’organizzazione dei fenomeni e a questo livello si incontrano le diverse discipline, indipendentemente dal loro essere umanistiche o naturalistiche. Abbiamo visto nei capitoli precedenti molti aspetti che hanno a che fare con il tema dell’organizzazione, anche se non abbiamo affrontato l’argomento in sé: **dietro il Caos, le strutture lontano dall’equilibrio, l’emergenza, le biforcazioni, la freccia del tempo si cela il nodo dell’organizzazione.** E’ di questo che parleremo in questo capitolo vedendo come la scienza della complessità sia arrivata a formulare un concetto ancora più complesso rispetto ai singoli aspetti che ho trattato fin qui.

Questo concetto è il **concetto di rete**.

Parlare di organizzazione significa parlare di legami ed è evidente come una realtà più complessa presenti legami maggiori di numero e più differenziati. I primi ad occuparsi di organizzazione sono stati probabilmente gli studiosi di sociologia che hanno messo in evidenza come l’evoluzione storica, alias la freccia del tempo, abbia portato a legami sempre più ampi e sempre più stretti; in questo senso la globalizzazione non è solo e tanto un fenomeno economico, ma qualcosa che coinvolge l’organizzazione della società umana nel suo complesso. Per quanto riguarda la fisica, la chimica e le scienze della natura abbiamo visto come già la più semplice delle organizzazioni, quella che coinvolge tre corpi, esprima un alto tasso di complessità. Con Prigogine abbiamo visto la componente caotica del tempo atmosferico e con gli studi

del Santa Fe Institute vedremo nei capitoli successivi come sia proprio il tema dell'organizzazione che collochi sullo stesso piano la fisica, la chimica, le neuroscienze, la sociologia, l'etologia (es. gli stormi di uccelli e le formiche), l'economia.

La nuova alleanza di cui parla il Premio Nobel.

La complessità di un sistema è data dal numero di legami e di nodi e anche dall'intensità con cui si opera da nodo a nodo.

L'evoluzione in termini di complessità delle relazioni umane è facilmente riscontrabile a livello di uomo comune: pensiamo alle relazioni affettive e sessuali, a istituzioni rigide come il matrimonio, il lavoro e la scuola, alla fluidità delle relazioni che coinvolgono la salute, la religione, il tempo libero. Nonostante le ricorrenti declamazioni anticapitalistiche tutta questa maggiore complessità è il frutto di quella che Popper chiama "Società aperta" e che, senza vergogna, si chiama "liberaldemocrazia" e "capitalismo"; allo stesso tempo essa permette ulteriore complessità. Naturalmente in modo non lineare, ma attraverso elementi di continuità e di rottura, attraverso passi avanti e ritorni. Come una spirale.

Spesso viene citato il cambiamento nell'organizzazione del lavoro come tendenza significativa nello sviluppo in termini di complessità delle relazioni: si sta passando, e in molti ambiti si è già passati, da un'organizzazione lineare, gerarchica e verticale, oltre che unidirezionale, a un'organizzazione reticolare, orizzontale, multidirezionale, senza distruggere le responsabilità, compresi onori ed oneri. Capiremo meglio questo più tardi quando parlerò delle caratteristiche di strutture e organizzazioni reticolari.

Il carattere evolutivo dei sistemi complessi, appartenenti alla fisica, alla chimica, agli esseri viventi, alle società, è ormai ricostruito con estrema chiarezza sia a livello storico sia a livello teorico.

A livello storico lo vediamo nelle trasformazioni geologiche e climatiche, oltre che nei mutamenti degli esseri viventi, mentre il livello teorico ha raggiunto uno status significativo negli ultimi anni, attraverso un approccio sempre più interdisciplinare.

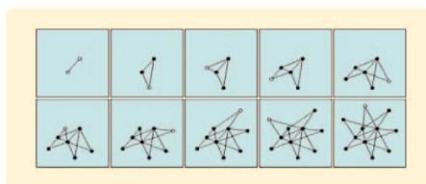
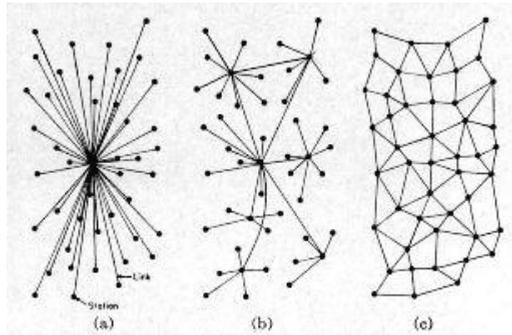


FIGURE 3 Birth of a scale-free network. The scale-free topology is a natural consequence of the ever-expanding nature of real networks. Starting from two connected nodes (top left), in each panel a new node, which is shown as an open dot, is added to the network. When deciding where to link, new nodes prefer to attach to the more connected nodes. Thanks to growth and preferential attachment, a few highly connected hubs emerge. After [1].

Nella foto qui sopra vediamo riprodotto il processo che porta alla formazione di sistemi sempre più complessi, partendo da un semplice segmento composto da due soggetti, passando al legame tra tre nodi e via crescendo con l'intervento di nuovi soggetti: in questo caso i nuovi nodi tendono ad attaccarsi a quelli maggiormente connessi. E' questo un fenomeno che si verifica sia in natura sia nelle società, a livello microscopico e macroscopico: il tutto avviene a invarianza di scala, cioè si tratta di trasformazioni indipendenti dalla scala di valori e, come si vede nella foto, sia che il fenomeno coinvolga quattro soggetti sia che si tratti di dieci o più.

Nel 1960, Paul Baran, ingegnere informatico di origine polacca, fu chiamato dal Presidente del Congresso degli Stati Uniti, per partecipare al team dell'ARPA per la realizzazione del Progetto ARPANET, embrione di Internet, con lo scopo primario di costruire una rete trasmissiva.

Questa doveva essere veloce, sempre attiva, con una dispersione minima di risorse. Nel progetto di queste reti, Baran si è ispirato al modello neuronale umano, dove i neuroni sono milioni, e la morte di un neurone con la caduta di un collegamento, non pregiudica la fine di una trasmissione o del collegamento, ma altri neuroni fungono da collegamento, ricreando un percorso alternativo; nello stesso modo, secondo Paul Baran, avverrebbe la trasmissione in una rete a commutazione di pacchetto. Nonostante una prima accoglienza negativa già nel 1965 divenne il punto di riferimento principale.



Nello schema Baran mostra tre possibili architetture per una rete del genere, *centralizzata, decentralizzata e distribuita*, e sottolineò come le prime due, che dominavano allora i sistemi di comunicazione, erano troppo vulnerabili agli attacchi. La terza rispondeva meglio alle esigenze di comunicazione.

**I legami (links)** sono sempre esistiti e hanno dato vita a strutture e riflessioni; nel corso della storia questi legami hanno assunto forme diverse e gli studi hanno dovuto adeguarsi. L'atomo di Democrito è diverso dall'atomo di Bohr e la fisica quantistica è andata oltre: sappiamo e non sappiamo.

Quei legami hanno sempre costituito delle reti, ma solo da pochi decenni le reti hanno assunto una visibilità maggiore e un ruolo determinante, tanto che non possiamo più ignorarle e anzi dobbiamo riconoscerne una valenza che in passato non vedevamo, forse perché non l'aveva.

Ecco, dunque, che la rete rappresenta oggi quel salto di qualità che coinvolge tutte le cose; il nuovo status assunto dai legami diventa anche un nuovo, specifico e speciale, status epistemologico.

Per la maggior parte delle persone il termine **“rete”** ha a che fare soprattutto con l'informatica e Internet; in inglese abbiamo due parole che anche gli italiani comprendono: **net e web**, **Inter-net** e **world-wide-web**. Fino a trent'anni fa conoscevamo solo la parola **“net”** perché riguardava la rete del tennis e quando in battuta un giocatore la colpiva doveva battere di nuovo. Oggi è tutta un'altra cosa.

La **RETE** non è un semplice e generico insieme di legami, come lo studio dei tre corpi non è un semplice e generico insieme di tre legami tra due corpi. La rete è composta da nodi, che chiamiamo **hub**, e dai legami che uniscono i nodi.

Un esempio facile riguarda il sistema di trasporto aereo: Malpensa, Parigi Charles de Gaulle, Amsterdam Schipol, Francoforte, Zurigo, New York, Los Angeles, Singapore, sono hub principali; Firenze Peretola è un hub secondario, nel senso che se voglio andare a Singapore devo prima andare a Parigi o altro hub principale: questo sistema crea una rete che non è chiusa perché si espande in tutti i continenti. Se io abito a Siena e voglio andare a Singapore la Stazione di Siena è un hub di terzo livello. Questa struttura fa sì che gli hub non sono principali o secondari in termini assoluti, perché la rete, pur essendo strutturata a livello mondiale, non può essere colta nella sua globalità. Ciò significa che devo prendere in considerazione delle regioni che definiscono il carattere degli hub interessati: abitando a Siena e volendo andare a Modena troverò la Stazione di Firenze S.M.N. come l'hub principale, mentre Siena rappresenta l'hub secondario per gli abitanti delle zone collegate a Siena.

**Gli hub sono i nodi, ma il loro valore dipende dai flussi e dall'intensità dei legami con gli altri hub a cui sono connessi:** nell'esempio appena fatto si tratta del numero dei voli e del numero di passeggeri e merci. Lo stesso esempio si può fare con strade e autostrade, con i corsi d'acqua, con i cavi sottomarini che trasmettono informazioni, con le diverse società umane, con i gruppi di amici, con le singole famiglie e anche con ogni individuo. Vengono meno concetti di uso comune come centro e periferia, dal momento che in un sistema reticolare tutto dipende dalla regione che prendiamo in considerazione e a cui ci interessiamo: negli esempi precedenti Firenze è allo stesso tempo centro e periferia.

La comprensione dell'importanza dell'organizzazione in tutti gli ambiti di studio risale agli anni Novanta del secolo scorso, mentre per comprendere il carattere decisivo del sistema a rete dovremo aspettare ancora dieci anni. Nel 2002 esce *Link* di Albert- Lászlò Barabási, fisico e informatico, a cui si deve il concetto di "*rete a invarianza di scala*" e nel 2003 *Nexus* di Mark Buchanan, fisico americano, esperto di emergenze in fenomeni complessi.

Per una recensione dei libri vedi:

<https://emilioctavio5.blogspot.com/2019/02/leggere-per-formarsioltre-opinione.html>

Nelle reti si osservano sia legami deboli sia legami forti, i primi sono in genere più numerosi e comprendono la nostra cerchia di conoscenze, mentre i secondi sono limitati ma forti per il loro carattere istituzionale. Fino ad ora

si erano presi in considerazione solo i legami forti, convinti che solo da quelli avremo visto progredire l'ambiente, ma la prospettiva nuova della complessità ha mostrato che sono i legami deboli che formano i "mondi piccoli" l'elemento decisivo. Questo avviene perché il numero di legami permette la circolazione di un numero maggiore di informazioni che sono la base di ogni sviluppo e la società moderna è sempre più aperta, permettendo così una crescita esponenziale della comunicazione.

### **Le reti privilegiano i legami a mondi piccoli.**

Questo ruolo dei mondi piccoli era stato anticipato dal sociologo Granovetter, professore a Stanford che proprio negli anni Settanta aveva scritto "*La forza dei legami deboli*", e sviluppando i suoi studi negli anni Ottanta e all'inizio del nuovo Millennio. Esempi significativi e differenziati sono riportati anche nel libro di Buchanan e si riferiscono ad grossi eventi successi a Boston negli anni '60, nella Silicon Valley negli anni '70, a Torino e Milano tra gli anni '70 e gli anni '80, in Bangladesh degli anni '80 e '90.

La novità è che si esce dal campo della sociologia tradizionale perché **i mondi piccoli**, altamente connessi, non sono caratteristica esclusiva delle società umane e delle loro costruzioni, come il Web e Internet; ne sono stati trovati ad esempio **in un nematode**, un vermetto lungo un millimetro, il *Cenorhabditis elegans* con i suoi solo 302 neuroni (Watts e Strogatz, 1998). Un fenomeno simile lo si riscontra nella sincronia con cui si manifestano alcuni fenomeni oggetto di studio: il battimano, il lampeggiare delle lucciole, il ritmo cardiaco, il ciclo mestruale tra donne che convivono per lunghi periodi: ci troviamo di fronte a fenomeni non casuali ma di autorganizzazione.

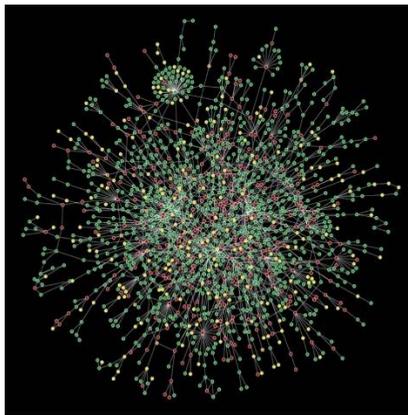
E' interessante notare che non esistono due campi separati, quello che riguarda la fisica e quello sociologico, ma al contrario essi sono strettamente interconnessi, come dimostrano alcuni studi.

Ecco alcuni esempi:

- 1) la crescita delle reti complesse segue il modello della fisica quantistica come elaborato dai due fisici Ginestra Bianconi e Barabàsi seguendo il principio della condensazione dei gas di Bose-Einstein;
- 2) sempre nel campo delle reti complessi si ritrovano gli studi di Wiener sulle proprietà spettrali delle matrici random nella meccanica quantistica;
- 3) anche gli strumenti della teoria dei campi nella fisica quantistica sono serviti a conoscere meglio l'evoluzione dei sistemi complessi (informazioni tratte dal Link 8 del libro di Barabàsi citato sopra).

Appare sempre più chiaro, dunque, come l'organizzazione e soprattutto l'organizzazione delle reti complesse sia il terreno decisivo in cui si incontrano tutte le discipline, dalla fisica alla biologia cellulare all'economia alle relazioni sociali alla comunicazione.

Qui di seguito la rete di interazioni tra le varie proteine del lievito di birra (di Hawoong Jeong Professor Complex System and Statistical Physics Laboratory (CSSPL)).



Gli studi sulla struttura e il funzionamento dei sistemi complessi organizzati a rete non hanno tralasciato la comprensione della maniera in cui le crisi possono colpire il sistema: non c'è dubbio che l'evoluzione in termini di complessità delle strutture naturali e sociali ha prodotto un generale rafforzamento. Ciò non vuol dire assoluta sicurezza, ma senz'altro maggiore robustezza e resilienza.

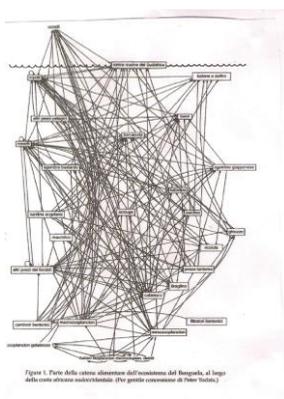
La sua forza dipende dagli hub che tengono insieme il sistema, ma, se si attaccano questi hub, il sistema entra in crisi. In crisi ma difficilmente viene distrutto. Gli ecosistemi possono facilmente sopravvivere all'estinzione di alcune specie, non solo ma il carattere complesso dei vari sistemi fa sì che ogni perdita sia temporanea.

Gli esempi dei coccodrilli australiani, delle lontre in California, dei cinghiali in Toscana mostrano, insieme a numerosissimi altri, che i processi naturali nell'habitat reale non hanno bisogno della protezione degli organi statali, che rischiano di peggiorare la situazione: le lontre protette hanno alterato

drasticamente l'ecologia della costa californiana con la sostituzione dei molluschi con i pesci; i danni provocati dai cinghiali e dai cocodrilli appartengono alla cronaca. Ora è la volta dell'orso in Trentino, mentre la politica protezionistica in nome di un'astratta e semplicista idea dell'ecologia crea danni numerosi e maggiori.

L'errore consiste nel ragionare in modo deterministico e credere che se in un ambiente la popolazione di un certo animale diminuisce in un dato periodo del 50% allora si pensa che nel periodo successiva essa crolli al 25 % fino alla sua scomparsa. Questa visione non tiene conto né del carattere complesso di una rete né del fenomeno di adattamento di cui abbiamo parlato nei capitoli precedenti. Per chi fosse interessato il sito del Santa Fe Institute ([www.santafe.edu](http://www.santafe.edu)) è ricco di studi in questa direzione.

Per capire questo possiamo vedere quanto sia complesso un ecosistema come quello qui riprodotto:



Il pensiero semplice e riduzionista sostiene che la rottura di qualsiasi legame porta a un danno per tutti i soggetti fino alla loro scomparsa.

La realtà è ben diversa, perché il sistema si riorganizza dopo la rottura di alcuni legami.

Cambiando campo di riferimento basta pensare all'11 settembre, quando, nonostante l'attacco a nodi decisivi del sistema americano e di comunicazione, con il quale i terroristi hanno voluto abbattere gli hub del

capitalismo globale, ciò non ha fatto crollare la rete, né quella economica né quella sociale né quella di comunicazione.

E' ciò che avviene in natura da milioni di anni e che per questo lì la resilienza e la ricomposizione a un livello superiore ha mostrato successi maggiori rispetto ai sistemi progettati dall'uomo. Nella storia geologica della Terra le specie si sono estinte al ritmo di 1 su 1.000.000 e visto che sulla Terra esistono da 3 a 100.000.000 di specie anche quest'anno spariranno dalle 3 alle 100 specie.

Nulla di catastrofico.

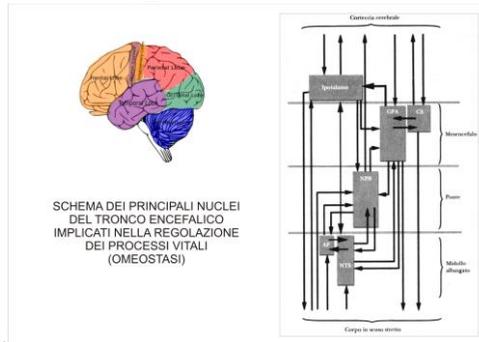
Aver compreso come un sistema complesso, un sistema reticolare, funziona ed è strutturato permette di proteggere meglio gli attacchi che si possono verificare in natura e in società. L'uccisione dell'Arciduca d'Austria a Sarajevo nel 2014 ha gettato il mondo nel Caos, l'11 settembre non lo ha fatto.

Non solo. Pensiamo all'AIDS: finché si sono affrontati i singoli casi (la periferia del sistema, numerosa e visibile) il virus ha continuato come se niente fosse; i primi successi si sono avuti quando si è deciso di affrontare gli hub del sistema, colpiti i quali, i casi hanno cominciato a diminuire. La scienza medica ha poi fatto il resto.

Ciò che in genere sfugge e che qui ho cercato di evidenziare con alcuni esempi è che le reti hanno strutture simili e si muovono nello stesso modo sia che i fenomeni riguardino la fisica, la biologia, l'ecologia, l'economia, la famiglia, insomma fenomeni sia microscopici sia macroscopici.

Lo studio delle reti, come abbiamo visto, è legato alla comprensione delle dinamiche che riguardano **il cervello**: non c'è dubbio che la rete neurale si sia formata sotto la spinta pressante dell'evoluzione che imponeva un funzionamento efficace: si è trattato di un **fenomeno emergente** che è proprio una delle caratteristiche fondamentale dei sistemi complessi composti da molte parti interagenti, dove numerose interconnessioni di vario

genere (chimico, elettrico...) garantiscono struttura e funzioni. (M. Buchanan,



Nexus, cit. p.243).

La comprensione del sistema neuronale come sistema complesso strutturato a rete,

ha permesso un salto di qualità negli studi delle moderne neuroscienze che hanno abbandonato il tradizionale approccio lineare che aveva dominato fino ad allora. Negli ultimi venti anni le neuroscienze sono state un punto di riferimento essenziale che ha permesso di superare vecchi luoghi comuni. Molti studi, ad esempio di Schacter e Ramachadran, hanno svelato importanti caratteristiche della memoria sfatando miti consolidati. Il passo più ampio è stato però realizzato da autori come Damasio, Penrose, Edelman, Eagleman e altri che hanno mostrato come il cervello sia un organo capace di interagire al suo interno tra le varie parti e con gli altri organi del corpo umano, contribuendo in modo decisivo alla formazione del sé.

La classica divisione tra corpo e mente, cuore e cervello è ormai caduta perché è stato dimostrato che anche le emozioni sono strettamente legate all'attività cerebrale: *"In breve gli stati emotivi sono definiti da una miriade di cambiamenti del profilo chimico del corpo, da cambiamenti dello stato dei visceri e da cambiamenti del grado di contrazione di vari muscoli striati del volto, della gola, del busto e degli arti. Ma sono definiti anche da cambiamenti nella collezione di strutture neurali che hanno causato innanzitutto quei cambiamenti e poi anche altri cambiamenti significativi dello stato di numerosi circuiti neurali"* (Emozione e coscienza, pag. 339. Adelphi 2000).

**Dall'emozione al sentimento alla riflessione:** è un processo che ci porta in un universo molto più complesso che le neuroscienze stanno sempre più mettendo a fuoco.

*“L’intelligenza umana esplicita non è cosa semplice né da poco; richiede una mente e il contributo di sviluppi ad essa legati: sentimenti e coscienza. Richiede percezione, memoria e ragionamento. I contenuti della mente sono basati su schemi mappati spazialmente”* (A. Damasio: Sentire e conoscere, Adelphi 2022- pg.49).

Quegli schemi, quelle mappe ci permettono di misurarne l’estensione, di stabilire somiglianze e differenze, di scomporle e ricomporle, attraverso un processo di manipolazione.

Dall’emozione al sentimento alla riflessione alla coscienza e da qui alla cultura: questo è il percorso reticolare che ci porta a gradi di complessità maggiore : « *Quando descriviamo noi stessi coscienti di una particolare scena, ci occorre una **considerevole integrazione delle sue componenti...Una maggiore integrazione dei contenuti mentali, estesa a una maggior quantità di materiale costituito da immagini che scorrono, fornisce un più ampio spettro di materiale cosciente, ma dubito che la coscienza possa essere spiegata ricorrendo alla “connessione” dei contenuti che vi contribuiscono...Quello che invece comincia davvero a generare la coscienza è l’arricchimento del flusso mentale con **quel tipo di conoscenza che denota l’organismo quale proprietario della mente...Ciò che comincia a rendere coscienti i miei contenuti mentali è l’identificazione di ME come proprietario dell’attuale patrimonio della mia mente.*****” Damasio: Sentire e conoscere, 2021- Adelphi 2022, pag. 161-162).

Abbiamo imparato molto dagli studi sulle strutture neurali e ancora molto resta da scoprire, però sono stati messi dei punti fermi che in forma ricorsiva aiutano anche a comprendere strutture complesse di altra natura: non si tratta più di individuare leggi universali a cui ricondurre ogni nostro passo, ma fissare anche nel processo della conoscenza dei collegamenti, individuando nodi e stabilendo legami. Come ricorda Damasio *L’errore di Cartesio* (dal titolo del suo primo libro) non consiste nel riconoscere l’importanza del pensiero nell’ambito della conoscenza, ma nel dualismo che separa il soggetto pensante dall’oggetto pensato. Non esiste un mondo su cui l’occhio dell’osservatore si getta per scoprirne il funzionamento, ma esiste un mondo di cui siamo parte e che nessun osservatore potrà com-prendere dall’esterno. Quel mondo è fatto di tanti

aspetti apparentemente lontani, ma che gli studi sempre più numerosi mostrano quanto siano interconnessi.

Batteri, cervello umano, dinamiche economiche, tempo atmosferico, Internet, fenomeni storici e tant'altro sono molto vicini. La loro città si chiama «complessità».



## **6) CONOSCERE LA CONOSCENZA: LA SCIENZA E LE SUE MOLTE FACCE.** **IL PASSATO.**

Tutti sanno cosa è la scienza anche se molti la confondono con la tecnica e ormai per tutti il termine "*scientifico*" è diventato sinonimo di verità. Verità incontrovertibile. Ciò è legato alla diffusione di una cultura di massa, ma affonda le sue radici nei successi che a partire dal 1600 la scienza ha mostrato di saper realizzare e che dunque ne hanno codificato uno statuto di superiorità. Il processo si è dipanato in modo molto lento ma costante e ha portato a un'affermazione del pensiero scientifico che nel frattempo veniva indicato come espressione della modernità. Ricordo ancora come ai tempi del Liceo la cultura italiana veniva criticata per il suo idealismo dominante e la riluttanza ad adeguarsi al mondo moderno che mostrava sempre più i suoi caratteri materialistici. Certamente la cultura cattolica aveva svolto un ruolo determinante, ma anche l'ideologia comunista non aveva favorito lo sviluppo del pensiero scientifico, perché questo proveniva dal capitalismo e dunque si presentava come classista. Per i cattolici prima la fede e poi la scienza; per i comunisti prima la lotta di classe e poi la scienza.

Per tutti, o quasi, comunque la scienza originata nel 1600 era la Scienza con la Esse maiuscola; per qualcuno invece era la scienza moderna, termine più corretto ma di cui non si scopriva la portata. Parlare di Scienza con la Esse maiuscola significava privare le epoche passate dell'attribuzione di scienza e negare la possibilità che in futuro sarebbe potuto sbocciare un tipo diverso di scienza. Per 400 anni abbiamo vissuto in questa visione e chi vi si opponeva lo faceva in nome della fede o di valori non materiali, tanto che si poteva dar vita a contrapposizioni nette, tutte in funzione dell'assolutizzazione della scienza moderna. Come aveva scritto Comte, prima del sapere positivo (quello scientifico) eravamo in preda di visioni metafisiche o teologiche: dall'astrologia si è passati all'astronomia, dall'alchimia alla chimica, la stessa fisica aristotelica si occupava più di qualità che di materia.

Così il Medio Evo era presentato come un'epoca buia, la Fede era contrapposta alla Ragione, le discipline umanistiche non erano scienza, appellativo delle sole scienze naturali, le epoche antiche non erano riuscite

a superare il loro stadio infantile, molti popoli (ad esempio gli Egiziani e i Romani) avevano fatto grandi cose, ma il loro era più un contributo tecnico che scientifico, mentre i Greci avevano prodotto qualche riflessione interessante sconfinando troppo spesso nella filosofia e dunque nell'astrazione.

Era facile convincersi che la Scienza fosse unica e fosse solo quella relativa all'osservazione della natura secondo regole precise; era facile perché in genere queste trovavano conferma e poi i risultati ottenuti erano grandiosi. Era soprattutto il metodo scientifico che faceva pensare a qualcosa di veramente fondante: da un lato era facile la contrapposizione con certe anime del passato, mentre dall'altro si metteva a frutto gran parte del pensiero classico e cristiano che permetteva di costruire una conoscenza più congruente e adeguata.

Dobbiamo oggi però risalire il fiume.

I Greci usavano la parola *epistheme*, mentre i romani *scientia*. *Scientia* deriva appunto dal latino *scire*, sapere, un sapere forte, non il semplice conoscere (*cognoscere*) che si ricollega, anche se non etimologicamente, al termine greco che indica qualcosa che “*sta al di sopra*” o che “*si erge in forma stabile*” (*epistema* è un tipo di colonna). Non a caso il Thesaurus della Lingua Greca che spiega le parole greche con termini latini, traduce **episteme** con **scientia** e in Aristotele troviamo **tecnai kai epistemai**, cioè **arti e scienze**.

Non c'è dubbio che il mondo greco, rielaborando e approfondendo conoscenze provenienti da altri popoli, ha dato vita a una dimensione culturale vasta e intensa in moltissimi campi della vita umana. In questo senso ha arricchito il patrimonio culturale dell'umanità imprimendo una spinta e una svolta consistenti. I risultati ottenuti in campo fisico, geografico, cosmologico, medico e matematico sono consistenti e importanti, rimanendo tuttora validi o rappresentando un punto di riferimento necessario.

Tutto ciò però non viene comunemente fatto rientrare nel campo della scienza, e questo solo perché dal 1600 si è ritenuto che la scienza si occupasse di quelle materie.

**La scienza per i Greci e poi anche per i Romani era e rimaneva la filosofia.**

Il sapere, la conoscenza, la colonna portante di ogni visione non era nei singoli ambiti, ma in ciò che era capace di raccogliarli nel loro insieme che tutti li giustificava e li inquadrava: questo qualcosa era la filosofia. A partire dai presocratici la filosofia è l'elemento distintivo del mondo greco che segnerà da allora fino ad oggi il discrimine tra Occidente e resto del mondo; già prima di Socrate e Platone il mondo greco in tutte le sue scoperte e realizzazioni gode del terreno fertile aperto dalla filosofia. Si arriverà così fino ad Aristotele il cui pensiero e la cui sistematizzazione saranno il punto di partenza del pensiero cristiano.

Con la solidità teorica del pensiero greco i Romani si preoccuparono più di coltivare gli aspetti pratici della vita quotidiana, dall'agricoltura all'oratoria, e costruirono opere monumentali, non tanto gli edifici, quanto le strade che permisero di tenere in piedi e sotto il controllo del centro un territorio estremamente vasto. Ancora una volta il pensiero di Aristotele, con la sua visione complessiva ed enciclopedica, rimaneva il fondamento del sapere romano e ad esso continuarono a ispirarsi i numerosi scrittori che accompagnarono la crescita della potenza romana. Ciò non significa che i Romani non seppero dare impulso alla crescita del patrimonio culturale universale, al contrario essi allargarono il campo di studio, in relazione anche all'enorme ampliamento territoriale, e svilupparono numerose tecniche in tutti gli ambiti per le necessità di vita quotidiana e di mantenimento del potere.

Anche per loro la scienza rimaneva la filosofia e questa visione fu tramandata al Medio Evo cristiano.

La filosofia di Aristotele rimase dominante grazie all'elaborazione fatta da San Tommaso d'Aquino e il suo naturalismo si rivelò provvidenziale, insieme al razionalismo, nella preparazione del terreno che porterà alla nascita della

Scienza Moderna. Ciò nonostante, la scienza nel medioevo cristiano e anche nel Rinascimento rimane la filosofia. E' interessante notare che anche nel versante opposto, quello che si rifaceva a Sant'Agostino, **la filosofia rimane il sapere centrale, la colonna portante della conoscenza.** Esemplare in tal senso è Petrarca, universalmente riconosciuto come precursore dell'Umanesimo-Rinascimento, il quale non solo ci teneva a precisare che la vera Scienza era quella dell'uomo, ma ci scriveva trattati e ci ironizzava sopra. In un modesto saggio in latino del 1355 *Invectivae contra medicum* scriveva che l'uomo conosce tutti i peli di un elefante ma non conosce nulla di se stesso.

Nel Medio Evo il sapere più alto era riconosciuto nella filosofia, per accedere alla quale era necessario cimentarsi con sette arti considerate propedeutiche, le arti liberali del Trivio e del Quadrivio. Le prime erano molto più importanti perché più vicine alla filosofia ed erano *dialettica, grammatica e retorica*, mentre quelle del Quadrivio, sempre liberali e non meccaniche, erano *aritmetica, astronomia, geometria e musica*.

La separazione tra scienza dell'uomo e scienza della natura fin qui riunite nell'ambito della filosofia comincia ad allargarsi proprio a partire dal XIV secolo e anche in questo caso occorre **sfatare alcuni luoghi comuni.**

**Il primo** riguarda il ruolo della Fede e in generale della religione cristiana nell'affermazione della Scienza Moderna. Troppo spesso si insiste su iniziative oscurantiste della Chiesa che non mancarono certo, ma si dimentica che l'affermazione della Scienza Moderna risulterà possibile solo in ambito cristiano, come dimostrano inversamente i risultati delle civiltà islamiche e orientali. Intanto il Cristianesimo parla di un Cristo Dio e Uomo e poi riconosce il ruolo della persona e il libero arbitrio. Infine, Cartesio, Galileo e Newton non solo sono cristiani ma fondano le nuove teorie proprio sull'esistenza di Dio: come può un Dio perfetto aver creato un mondo imperfetto? E dunque questo mondo può essere decifrato. Vedremo meglio questo aspetto più tardi.

**Il secondo** riguarda l'opposizione tra cultura Medievale e scienza moderna, non riuscendo così a vedere il terreno che fu preparato nei secoli precedenti. Innanzitutto, il grande sviluppo del commercio, la nascita delle città

comunali, la crescita della classe borghese dettero importanti risultati a livello culturale, ma soprattutto spostarono sempre di più l'attenzione sul mondo naturale e sociale.

Il ruolo centrale e superiore della filosofia corrispondeva ancora alla concezione romana dell'*otium*, caratteristica degli uomini liberi, che riguardava l'impegno nel campo ampio della vita culturale, di cui il *negotium*, o attività pratica, era l'opposto e di pertinenza degli schiavi o di artigiani e mercanti.

Una prima, seppur modesta, rottura in questo secolare modo di vivere fu introdotto da San Benedetto (V-VI sec.) che introdusse come fondamento della sua regola il lavoro: il motto del suo ordine era infatti "*Ora et labora*", "*prega e lavora*".

Nel campo dei precursori della Scienza moderna possiamo citare Ruggero Bacone (XIII sec.), Duns Scoto (XIII sec.), Guglielmo di Ockham (XIV sec.), Leonardo (1452-1519), Copernico (1473-1543), Andrea Vesalio (XVI sec.), Tycho Brahe (1546 – 1601), Francesco Bacone (1561-1626) e anche Keplero (1571-1630).

Vediamo come questi scienziati hanno messo in campo concetti che avrebbero permesso la costruzione della nuova casa.

**Ruggero Bacone** sottolinea l'importanza dell'esperienza sensibile, tramite i cinque sensi, per la conoscenza oggettiva della realtà. Era un frate francescano e uomo del suo tempo, ma prese la Scolastica e ne valorizzò la componente naturalistica.

**Duns Scoto**, *Doctor Subtilis*, anch'egli francescano, valorizza l'oggetto, unico e irripetibile, *hic et nunc* (qui ed ora) grazie alla sua materia e alla sua forma.

*Guglielmo di Ockham*, frate francescano, si impose per il suo Rasoio di Okham, che prevedeva nello studio di eliminare tutti quegli elementi che risultavano sovrabbondanti: ciò che è semplice è sempre preferibile e "*Ciò che può essere fatto con meno elementi è fatto inutilmente da più*

*caratteristiche.*” E’ ciò che poi diventerà il riduzionismo, così duro a morire anche in epoca nostra.

Di **Leonardo** e delle sue macchine sappiamo tutto; occorre ricordare che il grande pittore non era semplicemente un visionario ma uno scienziato che sapeva vedere al di là del presente senza opzioni fantascientifiche. Secondo Leonardo, per poter accedere alla verità, si doveva cominciare dall'esperienza diretta della natura, dall'osservazione dei fenomeni, rifiutando l'autorità di autori di libri perché l'esperienza era la maestra anche di quegli autori. Coloro che si limitano a citare l'autorità di altri scrittori sono chiamati *“trombetti e recitatori delle altrui opere”* mentre attribuiva a se stesso il termine di *“inventore”*. Come vedremo tra poco siamo in pieno clima galileiano.

**Copernico** fu un ecclesiastico polacco che riuscì a confermare la validità dell'eliocentrismo e lo fece attraverso gli strumenti matematici, ispirando in tal senso anche la riflessione di Galileo.

**Andrea Vesalio** è considerato il fondatore della moderna anatomia. Fu medico alla corte dell'imperatore Carlo V e il primo a ritenere superata l'antica medicina galenica. Riscrisse completamente le conoscenze anatomiche e mediche, attraverso lo studio del corpo umano per mezzo di autopsie e la pratica della dissezione dei cadaveri.

**Tycho Brahe** o Ticone fu un astronomo che approfondì la riflessione sulla teoria copernicana, permettendo un fertile dibattito che fu utile a Galileo, ma che soprattutto permise a Keplero, suo allievo, di produrre le omonime leggi che regolano il movimento dei pianeti.

Con **Francesco Bacon** (Il Novum Organum è del 1620) siamo ormai molto vicini alla realizzazione del salto dalla filosofia alla scienza moderna. Contemporaneo di Galileo, anche se morì 16 anni prima egli spianò la strada alla costruzione di un metodo che fosse inattaccabile a livello razionale. Il processo da lui proposto si articola in numerosi passaggi che cercano di eliminare pregiudizi e false conoscenze che chiama *Idoli*, venerati al posto del dio della verità. Questa parte è fondamentale (*destruens*, distruttiva) per poter procedere in termini costruttivi (*pars costruens*): qui il metodo si fa più puntuale e parte dall'osservazione empirica dei fenomeni, di cui si stabilisce

un rapporto di causa-effetto. L'osservazione è solo il primo passo che permette una prima interpretazione; questa deve portare alla definizione di un'ipotesi che occorre verificare attraverso la sperimentazione. Il metodo induttivo si integra così con quello deduttivo. Bacone ebbe un ruolo fondamentale, ma la sua attività fu soprattutto teorica, assai elaborata e talvolta artificiosa, attraverso la creazione di molte tavole che dovevano essere utili al discernimento tra vero e falso.

E' per questo motivo che sarebbe stata decisiva l'opera di Galileo, teorico, inventore, scopritore, insomma la figura del vero scienziato moderno.

In genere si considerano come fondatori **Galileo (1564-1642)**, **Cartesio (1596-1650)** e

**Newton (1642-1726)**; in particolare il punto di riferimento è **Galileo Galilei**, tanto che il *metodo scientifico* è chiamato anche *metodo galileiano*. Fino ad allora il metodo della scienza era esclusivamente deduttivo mentre ora esso si incontra con il metodo induttivo che è alla base dell'ipotesi che, una volta verificata, diventa Legge. Universale, Assoluta. Il contributo di Galileo è enorme sia a livello pratico sia a livello teorico: qui non mi interessa parlare del cannocchiale, ma di come e su cosa si fonda il metodo galileiano

Il punto centrale lo troviamo espresso in un noto passo de *Il saggiaiore dove Galileo scrive: "Parmi, oltre a ciò, di scorgere nel Sarsi ferma credenza, che nel filosofare sia necessario appoggiarsi all'opinioni di qualche celebre autore, sì che la mente nostra, quando non si maritasse col discorso d'un altro, ne dovesse in tutto rimanere sterile ed infeconda; e forse stima che la filosofia sia un libro e una fantasia d'un uomo, come l'Iliade e l'Orlando Furioso, libri ne' quali la meno importante cosa è che quello che vi è scritto sia vero. Signor Sarsi, la cosa non istà così. La filosofia è scritta in questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto innanzi a gli occhi (io dico l'universo), ma non si può intendere se prima non s'impara a intender la lingua, e conoscer i caratteri, ne' quali è scritto. Egli è scritto in lingua matematica, e i caratteri son triangoli, cerchi, ed altre figure geometriche, senza i quali mezzi è impossibile a intenderne umanamente parola; senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro laberinto"* (Cap. VI).

Il primo aspetto di carattere generale, che verrà ripreso in forma più ampia nel *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*, riguarda il principio di

autorità, *l'ipse dixit*: con riferimento ad Aristotele egli nota la validità del suo pensiero, ma che esso può non essere sempre corretto e che la verità dipende dall'osservazione diretta. Così per Aristotele l'origine dei nervi era nel cuore, mentre l'esperienza mostra che sia nel cervello, dunque non serve, come fa Simplicio nel Dialogo, negare l'esperienza.

Il secondo aspetto riguarda la convinzione che l'universo, **la realtà**, sia come **un grande libro** che dobbiamo imparare a leggere, ma che, per poter capire cosa ci sia scritto e dunque cosa dice, occorre innanzitutto imparare la lingua (e i suoi caratteri) con cui è scritto. A questo punto Galileo chiarisce quali siano questi caratteri e questa lingua, affermando che quel libro (l'universo) è **scritto in "lingua matematica"** e i suoi caratteri sono triangoli, cerchi, ed altre figure geometriche. La matematica non è così un semplice strumento ma l'essenza del metodo necessario a comprendere l'universo, perché altrimenti ci aggireremmo nel buio di un oscuro labirinto.

**La scienza non è più la filosofia, ma la conoscenza della natura:** matematica e sperimentazione sottraggono la centralità dello studio alla tradizionale ricerca qualitativa ed esclusivamente deduttiva.

*Il Saggiatore* è del 1623, il *Dialogo* del 1632, mentre il *Discours de la méthode (pour bien conduire sa raison, et chercher la vérité dans les sciences)* di Cartesio è del 1637.

Qui troviamo altri elementi che inquadrano meglio quanto segnalato da Galileo.

Quattro sono i punti a cui Cartesio fa riferimento:

- 1) non considerare vera nessuna cosa se non la conosco con evidenza come tale;
- 2) dividere ogni difficoltà in particelle;
- 3) partire dal più semplice per arrivare al più complesso;
- 4) enumerare ogni processo e fare una revisione generale.

Unendo il metodo galileiano al metodo cartesiano arriviamo a quello che sarà il metodo considerato scientifico: il tutto è la somma delle parti e più sono le parti che riesco ad individuare e più accurato sarà lo studio, uno studio che deve basarsi sull'evidenza dei cinque sensi e che deve interrogare ogni componente del fenomeno in questione.

Tutto ciò va però inserito all'interno di una visione ancora più generale che Cartesio pone come caratteristica determinante: la separazione tra *res cogitans* e *res extensa*. Questa separazione presuppone la separazione dell'osservatore (il soggetto pensante) dai fenomeni studiati (l'oggetto esteso, cioè misurabile). E' a partire da questa premessa che si ritiene possibile lo studio serio dei fenomeni, uno studio che proprio per queste caratteristiche è considerato oggettivo. A partire dal 1600 tutta la cultura europea si consoliderà in queste convinzioni: *riduzione della complessità dei fenomeni, approssimazione nella misurazione, ininfluenza di errori e scarti sempre accettabili in un quadro più ampio, distacco e ininfluenza dell'osservatore, materia oggettiva perché dai limiti definiti.*

Dopo Galileo e Newton la Scienza Moderna ha preso il posto della filosofia come disciplina in grado di apportare sempre maggiore conoscenza della realtà: conoscenza vera non astrazioni. Nessun dubbio percorre la mente degli scienziati sul metodo, dal momento che dimostra di funzionare, e infatti si susseguono a un ritmo vertiginoso grandi quantità di scoperte in tutti i campi legati all'osservazione della natura. Dalla prima rivoluzione industriale alla seconda verso la fine del 1800 scienza e tecnica procedono a braccetto rivoluzionando la vita delle persone e fornendo loro sia migliori condizioni di vita sia nuove e più ampie prospettive. In questo turbinio febbrile il metodo scientifico permette lo sviluppo di branche fino ad allora considerate secondarie, come la meccanica, e anche la medicina fa un salto di qualità. Le discipline di base, come la fisica e la chimica, grazie al ruolo che la matematica ha nel metodo scientifico, coinvolgono molti settori, rinnovandoli talvolta anche dalle fondamenta, come è il caso della medicina.

A livello teorico si conferma quanto elaborato nel 1600. Conferma e sistematizzazione portano nell'Ottocento a sviluppare compiutamente le

premesse insite nel pensiero scientifico nato nel Seicento; ciò è dovuto a **Pierre-Simon de Laplace**, astronomo, fisico e matematico che è continuamente citato per l'elaborazione del celebre demone a cui ha legato il suo nome. Grande studioso della teoria delle probabilità, alla quale dette significativi contributi, cercò di approfondire criticamente i problemi che l'applicazione del calcolo probabilistico poneva allo studio dei fenomeni naturali; le difficoltà e le contraddizioni che egli incontrò in questi studi lo portarono alla creazione di un'intelligenza onnicomprensiva, il famoso **demone**, in grado di risolvere in termini certi quei problemi.

Leggiamolo:

*“Dobbiamo dunque raffigurarci lo stato presente dell’universo come l’effetto del suo stato anteriore, e come la causa di quello che seguirà. Un’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 un’unica e medesima formula i movimenti dei più grandi corpi dell’universo e quelli del più lieve atomo: niente sarebbe incerto per essa, e l’avvenire, come il passato, sarebbe presente ai suoi occhi. Lo spirito umano offre, nella perfezione che ha saputo procurare all’Astronomia, una pallida immagine di questa intelligenza. Le sue scoperte in Meccanica e in Geometria, aggiunte a quella della gravitazione universale, l’hanno messo in grado di includere nelle medesime espressioni analitiche gli stati passati e futuri del sistema del mondo”.*

Il testo è del 1819 ed è intitolato *Saggio filosofico sulle probabilità*: esso è considerato il saggio in cui viene formulata nel modo più rigoroso sul piano scientifico una concezione deterministica. Gran parte della scienza, della fisica in particolare, della filosofia, della letteratura del secolo XIX si intreccia in modo profondo con questa visione: non voglio dire che ne è una necessaria conseguenza, ma che in essa si ritrovano molte tensioni intellettuali di quel secolo. I distinguo, soprattutto di natura dialettica, non alterano il quadro d’insieme: **il Dio, che era alla base della visione scientifica di Cartesio e Galileo, è ormai diventato il Dio della Scienza e sta per diventare il Dio della Storia.**

Il senso della Scienza Moderna è l'onniscienza.

Riassumiamolo con le parole di Mauro Ceruti nel saggio "La fine dell'onniscienza" (ED. Studium, 2014):

"Le possibilità di controllo e di previsione dei fenomeni sono definite dalle decisioni dello sperimentatore stesso. Cruciale diventa la scelta del sistema da isolare e da sottrarre al gioco delle influenze incontrollabili...Di questa convinzione Newton ha dato una formulazione sintetica: si deve andare alla ricerca delle cause sufficienti per la spiegazione dei fenomeni, perché la natura è semplice e non abbonda di cause superflue...Una volta definite le cause vere e una volta separate da quelle superflue diventerebbe possibile determinare il decorso temporale e gli stati futuri del sistema in questione con esattezza e per tutta l'eternità. Questa prospettiva epistemologica è proposta da Pierre-Simon de Laplace, che la riassume nell'ideale regolativo di un punto di vista onnisciente, attribuito a un'intelligenza soprannaturale, a un demone... La scienza classica considera possibile realizzare questo ideale...L'epistemologia della scienza moderna ha distinto le scienze in scienze "forti" e in scienze "deboli", in scienze "mature" e in scienze "immature", in scienze "sperimentali" e in scienze "storiche". Queste espressioni derivano appunto dalla **convinzione che il metodo scientifico sia per natura unico** e che tutte le discipline che ambiscono a definirsi scientifiche debbano prima o poi sottoporsi ai canoni di questo metodo, debbano cioè essere ricondotte a un'attività volta a determinare leggi invarianti e a dare di queste leggi formulazioni matematiche quantitative e computabili". (pag. 20-21-22).

Nel prossimo capitolo parlerò di ciò che è stato fatto e proposto in termini generali per dar vita a una dimensione epistemologica contrastante rispetto a quella classica. Nei capitoli precedenti abbiamo visto cosa è successo all'interno delle "scienze forti" che ha messo in discussione la "scienza classica". Nei prossimi due capitoli parlerò di come si è cercato di ricomporre in un quadro più ampio quegli elementi di crisi individuando, nella pratica e nella teoria, nuovi orizzonti per una visione complessa di studio e di vita.

## **7) CONOSCERE LA CONOSCENZA: LA SCIENZA E LE SUE MOLTE FACCE.** **IL FUTURO (parte prima)**

La scienza classica è una scienza che si pretende onnisciente, in grado cioè di trovare le leggi fondamentali che reggono il funzionamento della natura. Questa prospettiva risulta accentuata nel 1800, quando raggiunge il massimo di formulazioni teoriche e di realizzazioni pratiche. Nei post precedenti abbiamo visto cronologicamente come la ricerca scientifica abbia lentamente messo in discussione molti dei principi su cui la scienza classica era fondata. Le numerose scoperte e un nuovo approccio hanno inevitabilmente messo in discussione anche il sistema complessivo su cui quell'idea di scienza era fondato.

In questo e nel prossimo capitolo vedremo dove e come si è proceduto a formare, conformare e confermare una proposta culturale complessiva che partisse dal rifiuto del determinismo e dell'universalismo, senza bisogno di affermare una visione culturale relativistica o basata sulla casualità. Vedremo i luoghi, le persone, le teorie che sono andate oltre l'onniscienza, ma che allo stesso tempo sono andati oltre le scoperte fatte nei singoli ambiti disciplinari. Ne abbiamo visto tracce anche nei capitoli precedenti e che naturalmente hanno come punto di riferimento quella *Nuova Alleanza* di cui per primi hanno parlato Prigogine e Stengers. La *Nuova Alleanza* è un percorso inevitabile nel momento in cui cessa la separazione tra scienze forti e scienze deboli che attribuisce solo alle prime il senso di verità che la scienza si attribuisce. La *Nuova Alleanza* si colloca in una prospettiva multidisciplinare, anzi inter e transdisciplinare.

In questa prima parte parlerò del Santa Fe Institute, che esemplifica il percorso che l'universo della complessità sta portando avanti, e della "Sfida della complessità" di cui parla il filosofo Edgar Morin che più di altri ha lavorato per trovare un senso comune tra i diversi compagni di viaggio.

## SANTA FE INSTITUTE

Come evidenziato da Prigogine la scoperta di un nuovo approccio scientifico ha aperto nuove strade: convegni, pubblicazioni, centri di ricerca sono andati crescendo nel corso degli ultimi anni. È un terreno nuovo e merita attenzione, ma prima di tutto è importante soffermarsi sull'attività di un centro prestigioso: il Santa Fe Institute. Il suo prestigio nasce, come vedremo, dalla presenza di ricercatori importanti, dalla quantità e qualità di iniziative e dall'approccio scientifico dichiaratamente multidisciplinare.

Seguirò due percorsi per capire meglio di cosa si tratta: come viene visto dall'esterno e come esso si presenta.

**(1)**La storia del Santa Fe Institute è legata allo sviluppo della scienza della complessità e propongo alcune informazioni da un libro uscito in Italia nel 1995; ne è autore un fisico teorico e divulgatore scientifico, Morris Mitchell Waldrop, e il titolo è "Complessità. Uomini e idee al confine tra ordine e caos."

*"L'Istituto era una piccola organizzazione privata, fondata (nel 1984 ndr) dal fisico Murray Gell-Mann ed altri scienziati per studiare aspetti di sistemi complessi, espressione con cui intendevano qualsiasi fenomeno, **dalla fisica della materia condensata alla società nel suo complesso**: qualsiasi cosa si componesse di un gran numero di parti fortemente interattive...Dopo Arrow e Anderson, Gell-Mann era il terzo premio Nobel che sentiva nominare in relazione all'Istituto di Santa Fe (siamo nel 1987 ndr). Era una struttura fondata da anziani accademici ricchi di privilegi, di fama e di Premi Nobel...L'Istituto era popolato in gran parte da fisici e informatici di Los Alamos, l'originale Shangri-la dell'armamento nucleare" (Walldrop, Morris Mitchell, *Complessità*, Interlibri, Torino: pp. 74-75).*

*"Sì, aveva proprio ragione: nonostante le incombenze amministrative il rimanente 20% del suo lavoro lo ricompensava di tutto. Nell'autunno del 1988 l'Istituto di Santa Fe era in pieno fermento, e non solo per il programma di economia. Circa un anno prima infatti erano arrivati, attraverso la National Science Foundation e il Ministero dell'Energia, i fondi federali preannunciati*

*da lunga data. Cowan (il Direttore del S.F.I., n.d.A.) non era riuscito ad ottenere dagli enti tutto il denaro di cui abbisognava –ad esempio non ce n’era ancora a sufficienza per assumere un corpo docente stabile- comunque era riuscito a strappar loro la promessa di pagare un milione e settecentomila dollari nel corso dei successivi tre anni, a cominciare dal gennaio 1988. Così l’Istituto aveva ora una sicurezza finanziaria fino all’inizio del 1991. E finalmente c’era abbastanza denaro per potersi dedicare sul serio alle questioni che ne avevano ispirato la nascita.*

*Il comitato scientifico, sotto la guida di Gell-Mann e di Pines, aveva perciò dato il via libera a quindici nuovi convegni. Alcuni di questi si ripromettevano di affrontare il problema della complessità da un punto di vista fisico: un primo esempio era il convegno dedicato a **‘Fisica dell’Informazione, Entropia e Complessità’**...Altri incontri promettevano di affrontare la complessità sotto l’aspetto biologico, come i due importanti convegni sul sistema immunitario...Intanto anche il comitato scientifico caldeggiava l’idea di chiamare visitatori e Post-Doc non associati ad alcun particolare programma di studio o convegno”(M.M. Walldrop, *Complessità*, cit. pp. 394-395).*

*“Santa Fe svolse così la funzione di un gigantesco catalizzatore. Qui, scienziati di altissimo livello –del calibro di Frank Hahn e Ken Arrow- collaboravano con personalità come John Holland e Phil Anderson per capire, nel corso di numerosi incontri, se si potesse davvero operare con un apprendimento induttivo anziché con una logica deduttiva, tagliando il nodo gordiano dell’equilibrio e occupandosi di un’evoluzione aperta, tutti problemi che erano già stati affrontati da altre discipline. Santa Fe fornì la terminologia specifica, le metafore e la competenza necessarie per applicare quelle tecniche all’economia. Ma soprattutto diede legittimità scientifica a una diversa visione della disciplina. Quando infatti si seppe che Arrow, Hahn, Sargent e altri scrivevano articoli su tali argomenti, molti si convinsero che fosse perfettamente ragionevole fare lo stesso” (M.M. Walldrop, *Complessità*, cit. p. 524).*

Qui ho riportato solo alcuni brani che permettono di avere un'idea sull'attività del S.F.I., ma il libro merita di essere letto interamente da chi volesse avvicinarsi al mondo della complessità entrando nel merito di aspetti centrali nelle varie discipline, come la teoria dei rendimenti crescenti in economia, l'auto-organizzazione nelle reti regolatrici del genoma in biologia, la logica e la meccanica della vita artificiale nel campo informatico, il dilemma del prigioniero nel campo dell'evoluzione e tante altre cose.

*“L’istituto di Santa Fe non si pone regole ortodosse né impone alcun vincolo ai propri partecipanti, nella convinzione che proprio dal confronto interdisciplinare possa emergere **una nuova visione unificante della scienza. La scoperta cioè di quelle leggi elementari sottese a eventi eterogenei e apparentemente inspiegabili quali la decadenza di civiltà progredite, l’estinzione in massa dei dinosauri, il crollo della Borsa nel lunedì nero del 1987, la formazione di organi sofisticati come l’occhio e il cervello, la genesi di una galassia...**”* (M.M. Walldrop, *Complessità*, cit., nel risvolto di copertina).

**(2)** Come sappiamo la scienza della complessità non riduce i fenomeni all'interno di discipline astrattamente delimitate e definite. Lo studio dei fenomeni viene sviluppato in quanto parte di una rete complessa, i cui attributi sono comuni al di là delle discipline conformate in modo tradizionale. Ci sono fenomeni che diremmo appartenere alla fisica che hanno tratti decisivi caratteristici di altri fenomeni che diremmo appartenere a discipline considerate meno o non scientifiche come l'economia, la sociologia e la storia.

Il carattere interdisciplinare diventa così una necessità, assumendo le caratteristiche piuttosto della transdisciplinarietà, e questo appare chiaro già nel costituirsi del S.F.I.

Le informazioni sul Santa Fe Institute si possono prendere direttamente dal sito web: [www.santafe.edu](http://www.santafe.edu). Ed è ciò che faremo.

*“The Santa Fe Institute (SFI) is devoted to creating **a new kind of scientific research community**, emphasizing multidisciplinary collaboration and focusing on what has come to be known as studies of complexity and complex adaptive systems. **SFI seeks to break down the barriers between traditional disciplines**, to spread its ideas and methodologies to other institutions, and to encourage the practical application of its results.*

*The Santa Fe Institute is a private, non-profit, multidisciplinary research and education center, founded in 1984. Since its founding SFI has devoted itself to creating a new kind of scientific research community, pursuing emerging science.*

*Operating as a small, visiting institution, SFI seeks to catalyze new collaborative, multidisciplinary projects that break down the barriers between the traditional disciplines, to spread its ideas and methodologies to other individuals and encourage the practical applications of its results”.*

Le aree in cui è articolata la Home del sito sono:

**RESEARCH:** Temi, Progetti, Ricercatori, Pubblicazioni, Risorse, Borse di Studio...

**NEWS + EVENTS:** News, Newsletters, Podcasts, Media Center, Eventi, Community, Intelligenza Collettiva 2023...

**EDUCATION:** Programmi, Progetti, Complexity explorer, Ricerca Post-Dottorato ...

**PEOPLE:** Ricercatori, Facoltà dei Frattali, Scuola Miller, Staff, Governance ...

**APPLIED COMPLEXITY** – Progetti in Corso ( i) Scaling of Human Social Organizations, ii) *Applied Belief Dynamics*, iii) *The Complexity of Sustainability*).

**ACTioN:** *Complessità applicata-L'Applied Complexity Network (ACTioN) di SFI* è una comunità di aziende, governi e organizzazioni non profit che lavorano alla frontiera della scienza della complessità...

**CULTURE:** *Progetto InterPlanetario, Heliotown II, Monoliti, Broken Symmetry Society.*

**GIVE:** Donazioni

**ABOUT:** Tutto ciò che c'è da sapere in più.

Infine, consultabile on line c'è il S.F.I. Bulletin che esce anche più volte l'anno dove sono riportati studi di particolare interesse in varie discipline, progetti di ricerca, oltre a work in progress, notizie, eventi, riconoscimenti ecc. e lo si trova tra le Newsletters.

Come si può vedere si tratta di una struttura aperta, una vera e propria rete, dove circolano e si sviluppano idee e progetti, con la partecipazione delle persone a diversi livelli, sia di studio sia di ricerca sia di insegnamento, e provenienti da tutto il mondo. E' dunque un Centro Studi complesso, cioè dinamico, interconnesso e auto-organizzantesi, capace di attirare e catalizzare intelligenze, da quella del giovane studente a quella del ricercatore per giungere al Premio Nobel.

Lo studio dei sistemi complessi è il punto di riferimento di tutta l'attività che ruota intorno al SFI e di cui il SFI è propulsore, ben sapendo che il termine complessità è tutt'altro che definito e definibile.

Come scriveva Ken Baake in un articolo apparso sul Bulletin del S.F.I. del 1999:

*“La parola complessità, uno dei concetti centrali all’Istituto, presenta forse la più grande sfida a livello di definizione. Un certo numero di scienziati riconosce di non sapere cosa voglia dire realmente. L’apparente vaghezza del termine, comunque, può essere ciò che la rende così valida come catalizzatrice per il pensiero. Una parola come complessità è nuova e irrisolta; non si tratta di un inerte strumento di descrizione scientifica, ma piuttosto un’idea il cui significato evolve proprio attraverso l’interazione con i ricercatori”.*

Per concludere questa parte propongo alcuni concetti che gli studiosi del Santa Fe Institute hanno contribuito a sviluppare e chiarire dando corpo a un progetto di ricerca che è andato innervandosi sempre più e in molteplici direzioni, anche relative a discipline comunemente considerate distanti.

**Il concetto di emergenza e di auto-organizzazione** è ad esempio usato negli studi storici relativi all’attuale situazione dell’Europa Orientale da parte di Cosma Shalizi; le proprietà emergenti delle interazioni sociali negli studi di Lesley King sulla guerra civile in El Salvador e in Sud Africa; l’uso di modelli

complessi elaborati nel campo della biologia è alla base del progetto di ricerca sulla solidità dei processi sociali da parte di Erica Jen. Un'analisi dettagliata della produzione operata dai ricercatori del SFI permette di allargare il campo degli esempi.

Ricordo, ad esempio, come Christopher G. Langton, ricercatore esperto di **Vita artificiale**, elabora il concetto di margine del caos, che abbiamo già visto in uno dei primi capitoli: ciò che rende possibile la vita e la mente è un certo tipo di equilibrio tra le forze del disordine e quelle dell'ordine. E se guardiamo il comportamento dei sistemi piuttosto che i loro componenti si trovano i due estremi dell'ordine e del caos. Proprio fra i due estremi, in una sorta di transizione di fase astratta detta 'margine del caos' si trova anche la complessità: questi sistemi sono abbastanza stabili per memorizzare informazione, ma anche abbastanza labili da trasmetterla: sono i sistemi che possono essere organizzati per eseguire computazioni complesse, reagire al mondo, essere spontanei, adattativi, **vivi**.

Margine del caos, auto-organizzazione e sistemi emergenti ritornano negli studi del **biologo** Stuart Kauffman:

*“Il rapporto tra auto-organizzazione e selezione naturale...I sistemi viventi sono molto vicini a questa transizione di fase al margine del caos, dove le cose sono più sciolte e fluide. E la selezione naturale **non** è l'antagonista dell'auto-organizzazione. E' più simile a una legge del moto: una forza che spinge di continuo sistemi emergenti, autorganizzanti verso il margine del caos...Diciamo dunque che la transizione di fase è il luogo adatto per la computazione complessa...Mutazione e selezione ti condurranno là” (M.M. Walldrop, *Complessità*, cit. pp. 486-487).*

**Il concetto di coevoluzione e non di ottimizzazione** emerge dagli studi di John Holland, capace di **unire informatica e biologia**:

*“In particolare, voleva capire un grande paradosso dell'evoluzione: perché la lotta incessante che dà origine alla corsa agli armamenti produce anche simbiosi e altre forme di cooperazione...In un mondo competitivo, perché gli*

*organismi collaborano tra di loro? Perché non adottano precauzioni difensive nei confronti di alleati che potrebbero da un momento all'altro attaccarli?"*(M.M. Walldrop, *Complessità*, cit. pp. 418).

La risposta viene dalla soluzione del cosiddetto **dilemma del prigioniero**, nota con il termine *Tit for Tat*, emersa alla fine degli anni Settanta in occasione di un torneo tra programmi per computer organizzato dal collega di Holland, Robert Axelrod. Il *Tit for Tat* divenne, nelle simulazioni al computer e nei programmi Echo elaborati da Holland, l'elemento portante di una spiegazione di dinamiche evolutive, anzi coevolutive, nei comportamenti sociali. In modo particolare i numerosi programmi, elaborati per studiare se una popolazione di individui che coevolvono attraverso l'algoritmo genetico potesse scoprire la strategia *Tit for Tat*, mostrarono che appariva e si diffondeva con rapidità tra la popolazione o la *Tit for Tat* o una strategia simile. Gli studi in questo campo dimostrano come le interazioni *Tit for Tat* conducano alla cooperazione nel mondo naturale pur escludendo il beneficio dell'intelligenza, come dimostrano i casi dei licheni, delle acacie e del caprifico" (Le informazioni sono tratte sempre dal libro di Walldrop, cap. VII.).

Lo stesso concetto di coevoluzione viene sviluppato negli studi di **economia** portati avanti soprattutto da William Brian Arthur:

*"Non c'è divisione tra chi fa e chi subisce perché apparteniamo a una stessa rete interconnessa...**Il concetto di ottimizzazione perde ogni significato...**Si deve parlare invece di adattamento e coadattamento...Mentre iniziamo a capire i sistemi complessi, capiamo anche di far parte di un mondo caleidoscopico sempre mutevole, interconnesso, non lineare...Dobbiamo rinunciare alla ottimalità e mantenere aperto il maggior numero di scelte possibili...Il ruolo del S.F.I. è quello di aiutarci a osservare il fiume in continuo mutamento e a capire ciò che stiamo vedendo. Se si ha un sistema davvero complesso, le configurazioni esatte non possono ripetersi...Esistono persone in sintonia con questo genere di cose: sono coloro che amano il processo e le configurazioni, all'opposto di quelli che si trovano più a loro agio con la stasi e l'ordine...(Come scrive il genetista Lewontin) i primi vedono il mondo come un processo di flusso e mutamento, con lo stesso materiale che circola costantemente in combinazioni infinite...(i secondi) se forze disordinate*

*allontanano di poco un sistema dall'equilibrio, cercano subito di ricacciarcelo"* (.M.M. Walldrop, *Complessità*, cit. pp 537-540).

**Margine del caos, sistemi emergenti, auto-organizzazione, co-adattamento, coevoluzione** sono termini o, meglio, metafore come si ama dire a Santa Fe, con i quali si cerca di sviluppare lo studio dei sistemi complessi. Come abbiamo visto, questi termini hanno le loro radici negli studi della fisica novecentesca, così come si è sviluppata da Bohr a Prigogine, ma si irradiano verso discipline da sempre considerate non scientifiche.

La scienza della complessità come studio di sistemi complessi apre la strada a un incontro tra discipline diverse, incontro posto su un piano più alto di ricerca, un incontro che è nelle parole di Prigogine la nuova alleanza, titolo e concetto centrale del libro scritto nel 1981 insieme ad Isabelle Stengers.

### LA SFIDA DELLA COMPLESSITÀ

La comparsa del termine "complessità" in ambienti scientifici e la sua rapida diffusione hanno posto subito l'esigenza di chiedersi cosa sia la complessità, anche per l'abitudine secolare a procedere per de-finizioni. Rinchiudere e delimitare ogni elemento della vita, anche le parole, nel tentativo (e nell'illusione) di una migliore com-prensione (etim. prendere insieme). Purtroppo chi opera nell'ambito della complessità non può procedere a de-finizioni perché questa è una sua caratteristica, il che non vuol dire né che domini l'arbitrarietà né che si debba tacere.

Sentiamo cosa dice Isabelle Stengers in *La sfida della complessità*, Feltrinelli, Milano:

*"La nozione di complessità, sia che venga denunciata come una deviazione della scienza sia che venga annunciata come la sua redenzione, appartiene a un discorso a proposito della scienza. Non possiede...uno statuto assimilabile a nozioni come quelle di traiettoria, di guscio atomico o di codice genetico.*

*Non rimanda nè a una disciplina specializzata nè a un insieme di tecniche capaci di risolvere una classe di problemi ben definiti” (pag. 61)*

Non può esserci un paradigma della complessità: si tratta dunque di procedere per approcci successivi entrando sempre più nelle profondità di questa nozione. Per capire meglio tale questione la studiosa belga, nello stesso saggio, cita un noto biofisico francese di origini algerine, Henri Atlan, a proposito della **differenza tra complicazione e complessità**

*“Un sistema complicato è un sistema di cui comprendiamo la struttura e i principi di funzionamento: di principio nulla impedisce che con tempo e denaro si possa giungere ad avere una conoscenza integrale. Al contrario il sistema complesso sarebbe quello di cui abbiamo una percezione globale, nei termini della quale possiamo identificarlo e qualificarlo, pur sapendo di non comprenderlo nei suoi dettagli” (La sfida della complessità, Feltrinelli, Milano, pag. 68-69).*

*La conclusione del saggio è che “la scoperta della complessità è lungi dall’essere una panacea universale. È piuttosto scoperta di problemi che non di soluzioni” (op.cit. pag. 80).*

Questo punto di vista è anche quello da cui parte Edgar Morin:

*“In ogni modo la complessità si presenta come difficoltà e come incertezza, non come chiarezza e come risposta...Per lungo tempo molti hanno creduto - e molti forse credono ancor oggi- che la carenza delle scienze umane e sociali stesse nella loro incapacità di liberarsi dall’apparente complessità dei fenomeni umani, per elevarsi alla dignità delle scienze naturali, scienze che stabilivano leggi semplici, principi semplici, e facevano regnare l’ordine del determinismo. Oggi vediamo che le scienze biologiche e fisiche sono caratterizzate da una crisi della spiegazione semplice” (E. Morin, La sfida della complessità, Feltrinelli, Milano. pag.49).*

Edgar Morin è considerato il pensatore, per alcuni filosofo per altri sociologo, che per primo e meglio ha cercato di sistematizzare il senso dei cambiamenti che la scienza ha sviluppato al proprio interno: il pensiero complesso nasce all’interno di quella che Prigogine e Stengers hanno chiamato *Metamorfosi della scienza*. È in questo ambito che si muove tutto il pensiero di Morin e

soprattutto operano le sue aperture che coinvolgono naturalmente altre discipline e che nelle numerose proiezioni toccano campi svariati (dal cinema all'etica). Qui mi concentrerò sui nodi fondamentali e consolidati di quella che Morin chiama «sfida della complessità».

A questo proposito egli individua alcune strade che conducono a questa sfida.

### 1) L'irriducibilità del caso o del disordine.

Da sempre la Scienza, quella classica con la Esse maiuscola, ha ricondotto il Caso alla nostra ignoranza, ma oggi l'approccio appare differente. Lo studio del calore, delle indeterminazioni microfisiche, delle strutture dissipative hanno portato alla luce aspetti nuovi:

*"il matematico Chaitin ha definito il Caso come incompressibilità algoritmica, aggiungendo che non possiamo dimostrare se quello che ci sembra Caso non sia invece dovuto alla nostra ignoranza.*

*Da un lato dobbiamo constatare che il disordine e il caso sono presenti nell'universo e svolgono un ruolo attivo nella sua evoluzione. D'altro canto, non siamo però in grado di risolvere l'incertezza arrecata dalle nozioni di disordine e di caso: lo stesso caso non è sicuro di essere un caso "(E. Morin, op.cit. pag.50)*

Il Caso cessa di essere un'eccezione che per forza dobbiamo ricondurre dentro un quadro di leggi necessarie e diventa componente essenziale del processo storico.

### 2) Il superamento di quell'astrazione universalista che eliminava la singolarità, la località e la temporalità.

Questo avviene nelle scienze naturali, dove *"la biologia contemporanea non considera più la specie come un contesto generale entro la quale l'individuo è un caso singolare...La vita stessa è una singolarità, all'interno dei vari tipi di organizzazioni fisico-chimiche esistenti"* (idem, pag. 50). Lo stesso vale per

la cosmologia come per le discipline ecologiche: *“E così non possiamo eliminare il singolare e il locale ricorrendo all’universale. Dobbiamo al contrario connettere queste nozioni”* (idem, pag. 50).

Cominciare a fare i conti con la temporalità, la località e la singolarità significa dotarsi di strumenti importanti per cogliere la dimensione reticolare delle relazioni umane: essi non vogliono significare relativismo culturale, ma al contrario vogliono stimolarci a pensare in modo ampio, aperto e interrelato cercando di cogliere il peso che nell’insieme generale può avere la dimensione specifica (singola, locale e temporale), senza doverla sempre annullare in un’astrazione universalistica, trasformandola in un’eccezione o in un’anomalia.

### **3) Relazione di complementarità –e allo stesso tempo di antagonismo logico- fra le nozioni di ordine, disordine e organizzazione.**

*“Va in questo senso il principio dell’order from noise – formulato da Heinz von Foerster nel 1959- che si opponeva al principio classico dell’order from order (l’ordine naturale che obbedisce alle leggi naturali) e al principio statistico dell’order from disorder (per il quale un ordine statistico a livello delle popolazioni si produce a partire dai fenomeni disordinati e aleatori al livello degli individui). **Il principio dell’order from noise indica che da un’agitazione o da una turbolenza disordinata possono nascere fenomeni ordinati (preferirei dire organizzati)**”* (idem, pag. 51).

L’idea di rumore implica il carattere non codificato né dell’ordine né del disordine; esso individua una zona dove si realizzano le trasformazioni, una zona che coincide con quello che abbiamo visto come il margine del caos.

Possiamo dire che questo concetto rappresenta il punto d’incontro tra la continuità e la rottura: di per sé il turbinio e l’agitazione di comportamenti e relazioni non garantisce l’evoluzione, in quanto può rimanere tale molto a lungo; ma in determinate condizioni esso è capace di ricomporsi in un insieme ordinato, cioè in una dimensione di organizzazione stabile.

#### 4) La via dell'organizzazione.

*“L'organizzazione è ciò che determina un sistema a partire da elementi differenti, e costituisce dunque un'unità nello stesso tempo in cui costituisce una molteplicità. La complessità logica dell'unitas multiplex ci richiede di non dissolvere il molteplice nell'uno, né l'uno nel molteplice”*(idem, pag. 51).

Per Morin la via dell'organizzazione dei sistemi complessi si articola secondo tre momenti concettuali:

- a. Un sistema è allo stesso tempo qualcosa di più e qualcosa di meno della somma delle sue parti.
- b. In essa vige il principio ologrammatico, per cui, come in un ologramma, ogni punto contiene quasi tutta l'informazione dell'insieme che l'immagine rappresenta.
- c. Né riduzionismo, che ignora il tutto, né olismo, che ignora le parti.

Morin cita a questo proposito un esempio che si riferisce a una brutale caduta demografica nella città di Berlino negli anni '50. Mentre per la maggior parte degli studiosi di demografia questo fenomeno fu ritenuto eccezionale e legato alle particolari condizioni della città tedesca in quegli anni, Pierre Chaunu vide in quei valori il punto critico che annunciava il declino demografico generale. *“Così la comprensione dei fenomeni globali o generali ha bisogno di anelli, di andirivieni e di spole fra i punti singolari e gli insiemi”* (idem, pag. 52).

Morin parla di spiegazione circolare; io credo che dovremmo aprire la nostra mente a metafore che sappiano coniugare figure diverse: penso ad esempio alla figura della spirale che permette di recuperare la circolarità, all'immagine della struttura reticolare multidirezionale che recupera la linearità. Dovremmo infine riuscire ad accompagnare queste figure nello studio dei fenomeni storici, saperle connettere, tenerle presenti contemporaneamente come filtri concettuali, strumenti diversi che portano luci diverse e forniscono una capacità conoscitiva più profonda.

## 5) Il principio dell'organizzazione ricorsiva.

*“Ricorsiva è quell'organizzazione i cui effetti e i cui prodotti sono necessari per la sua stessa causazione e per la sua stessa produzione. E' proprio il problema dell'autoproduzione e dell'autorganizzazione...Le nozioni di effetto e di causa erano già diventate complesse con la comparsa della nozione di **anello retroattivo** di Norbert Wiener (nel quale l'effetto ritorna in maniera causale sulla causa che lo produce): ciò che è prodotto e ciò che produce diventano nozioni ancora più complesse, e si richiamano vicendevolmente...La complessità non è soltanto un fenomeno empirico (caso, alea, disordini, complicazioni, grovigli nell'ambito dei fenomeni), ma è anche un problema concettuale e logico che confonde le demarcazioni e le frontiere così nette fra concetti quali produttore e prodotto, causa ed effetto, uno e molteplice” (idem, pag. 52).*

In campo storico questo principio permette di andare ancora più in profondità contribuendo a superare una visione così frequente come quella lineare e causalistica; si tratta di un arricchimento di punti di vista, di prospettive, di percorsi e di flussi. Uno studio che, oltre a saper individuare un tessuto reticolare, riesce anche a individuare nei segmenti che lo compongono flussi multidirezionali e in uno stesso segmento flussi bidirezionali è in grado di fornire strumenti e chiavi di lettura più vaste e profonde.

## 6) La via della crisi dei concetti chiusi e chiari.

*“Qui abbiamo davvero una rottura con la grande idea cartesiana per cui la chiarezza e la distinzione delle idee sono indice della loro verità, e non possiamo quindi avere una verità che non si possa esprimere in maniera chiara e distinta. Oggi vediamo le verità manifestarsi nelle ambiguità e in un'apparente confusione. Assistiamo alla fine del sogno di stabilire una demarcazione chiara e distinta fra scienza e non scienza...vi è anche una crisi della demarcazione netta tra oggetto e soggetto, o fra organismo e ambiente” (idem, pag. 53).*

Morin propone di servirsi del concetto di auto-eco-organizzazione. Il problema che sta dietro queste parole riguarda le relazioni interne al sistema e il rapporto con l'ambiente, il concetto di autonomia e quello di dipendenza. Autonomia e dipendenza, nella riflessione di Morin, sono allo stesso tempo complementari e antagonisti:

*“Un sistema aperto deve essere nel contempo chiuso, e deve mantenere la propria individualità e la propria originalità...Nell’universo delle cose semplici è necessario che una porta sia o aperta o chiusa, mentre nell’universo complesso è necessario che un sistema autonomo sia nel contempo aperto e chiuso. Per essere autonomi bisogna essere dipendenti”* (idem, pag. 54).

### **7) Il ritorno dell’osservatore.**

Abbiamo già visto come a partire dalla fisica quantistica la scienza abbia modificato il ruolo dell’osservatore, obbligando tutte le discipline, scientifiche e non, a una costante, progressiva e sempre più decisiva reintroduzione del ruolo dell’osservatore.

*“L’osservatore-concettualizzatore deve integrarsi nella sua osservazione e nella sua concezione...Possiamo dunque formulare il principio della reintegrazione del concettualizzatore nella concezione: qualunque sia la teoria, e di qualunque cosa essa tratti, essa deve rendere conto di ciò che rende possibile la produzione della teoria stessa. Se in ogni modo non è in grado di rendere conto di ciò, deve pur sapere che il problema rimane posto”* (idem, pag. 55).

Alla logica classica, per la quale la contraddizione era il segnale d’allarme che indicava l’errore, Morin sostituisce una visione dialogica, capace di aprire la strada a un pensiero multidimensionale valorizzando con ciò il significato etimologico della parola complessità:

*“Tutte le complessità a cui ho fatto riferimento costituiscono il tessuto della complessità. Complexus è ciò che viene tessuto insieme, e il tessuto deriva da fili differenti e diventa uno. Tutte le varie complessità si intrecciano dunque, e si tessono insieme, per formare l’unità della complessità, ma l’unità del*

*complexus non viene con ciò eliminata dalla varietà e dalla diversità delle complessità che l'hanno tessuto” (idem, pag. 56).*

## CONCLUSIONE PARZIALE

Ho intitolato questo capitolo “**Conoscere la conoscenza : la scienza e le sue molte facce. Il futuro (parte prima)**” e l’esperienza del Santa Fe e di E. Morin hanno fornito delle risposte o, meglio, hanno indicato qual è il terreno su cui deve muoversi la Scienza già ai nostri giorni. La Scienza di oggi e del futuro ha molte facce perché ha cessato di essere univoca e monocromatica; essa si presenta come una rete in cui ogni hub è rappresentato da ogni singola disciplina e pretende un riconoscimento sia in sé sia per le relazioni che riesce a stabilire con gli altri hub. Come ogni rete (lo abbiamo visto nel capitolo 6) anche la Scienza trae nutrimento e linfa vitale dall’intensità degli scambi che ogni hub stabilisce con gli altri hub, che influenza e da cui è influenzato. La scoperta di una freccia del tempo da parte di Prigogine ha rivoluzionato gli studi storici, mentre questi hanno riscoperto il valore dell’individualità e dell’evento incontrandosi con molti aspetti della fisica quantistica.

La letteratura tra Ottocento e Novecento ha permesso un incontro insperato con le scoperte della fisica nel XX secolo e piano piano sono emersi concetti che ci permettono di collocare la storia dell’uomo nella storia della natura, superando atteggiamenti unilaterali che si presentano come residuo di una visione deterministica. L’uomo e la natura dialogano tra loro e non esiste una superiorità dell’uno o dell’altra; l’uomo non vede più la natura come nemica, ma come parte di un contesto di cui anch’egli è parte integrante; in questo senso non esiste un moralistico rispetto della natura posto al di fuori del rispetto che l’uomo ha di se stesso; non esiste un uomo astratto, ma uomini in carne e ossa il cui comportamento non è dissimile da quello degli altri esseri animati con cui dialogano, si confrontano e combattono. La complessità permette di superare quelle visioni tradizionali che hanno spaccato l’esistenza, la conoscenza e la riflessione in due parti, in modo semplice e moralistico.

Naturalmente esistono fenomeni semplici che richiedono una scelta tra due opposti, ma oggi ci troviamo a vivere fenomeni complessi e a confrontarci con questi. Il conflitto attuale tra Russia e Ucraina è un fenomeno semplice: la Russia è l'aggressore, l'Ucraina è l'aggredata. Un omicidio è un fenomeno semplice dal punto di vista istituzionale e giudiziario, mentre (in genere) è un fenomeno complesso da un punto di vista psicologico e sociale.

La complessità diventa un filtro importante per un salto di qualità sia nella conoscenza sia nella vita personale: di questo parlerò nell'ultimo capitolo.

## **8) CONOSCERE LA CONOSCENZA: LA SCIENZA E LE SUE MOLTE FACCE.** **IL FUTURO (parte seconda)**

Abbiamo visto come la scienza classica sia una scienza che si pretende onnisciente, in grado cioè di trovare le leggi fondamentali che reggono il funzionamento della natura. Nell'ultimo post mi sono soffermato sul lavoro multidisciplinare che coinvolge giovani studiosi e premi Nobel a Santa Fe nel Nuovo Messico e sull'elaborazione del pensiero complesso da parte di uno studioso che è stato tra i primi a individuare nuovi orizzonti. In questo capitolo proseguirò proponendo le riflessioni teoriche che maggiormente hanno permesso di cogliere dei nodi importanti nell'elaborazione di un processo epistemologico complesso, citando Gadamer e Ceruti, e l'attività non solo teorica che si svolge nel Nord-Est degli Stati Uniti grazie al NECSI.

Vorrei cominciare riprendendo uno dei passi conclusivi del saggio di Morin citato nel precedente capitolo, dove si introduce un concetto decisivo nell'approccio al mondo della complessità, quello di "**strategia**". Come sempre questa parola da qualche decennio è diventata di moda e la sentiamo pronunciare tra i concorrenti delle gare televisive, dove viene usato per indicare un comportamento che si fa per furbizia e trarre dei vantaggi, quasi un sotterfugio. Parole nuove diventano di moda senza capirne minimamente il senso.

Vediamolo e vediamo perché è importante oggi giorno:

*"Il problema della complessità non consiste nella formulazione di programmi che le menti possano inserire nel proprio computer. La complessità richiede invece la strategia, perché **solo la strategia può consentirci di avanzare entro ciò che è incerto e aleatorio**...La strategia è l'arte di utilizzare le informazioni che si producono nell'azione, di integrarle, di formulare in maniera subitanea determinati schemi d'azione, e di porsi in grado di raccogliere il massimo di certezza per affrontare ciò che è incerto...La*

*complessità non ha una metodologia, ma può avere il proprio metodo...Così il metodo della complessità ci richiede di pensare senza mai chiudere i concetti, di spezzare le sfere chiuse, di ristabilire le articolazioni fra ciò che è disgiunto, di sforzarci di comprendere la multidimensionalità, di pensare con la singolarità, con la località, con la temporalità, di non dimenticare mai le totalità integratrici. E' la tensione verso il sapere totale, e nello stesso tempo la coscienza antagonista del fatto che, come ha detto Adorno, la totalità è la non verità" (E. Morin, La sfida della complessità, Feltrinelli, Milano, pag. 59).*

## **STRATEGIA, ORIZZONTE, VINCOLI E POSSIBILITÀ**

### Edgar Morin

Il saggio di Morin che abbiamo preso in considerazione è del 1985 e lo ritroviamo come capitolo (il primo della seconda parte) di un testo più ampio che Morin ha pubblicato nel 1990, ampliando un lavoro precedente del 1982: il saggio in questione è *Science avec conscience*.

Da questo testo riprendiamo la parte che riguarda **il concetto di strategia**, cui si fa cenno nel precedente paragrafo.

*“Dobbiamo imparare a pensare insieme ordine e disordine. In genere dobbiamo saper lavorare con il caso; è ciò che chiamiamo strategia. Abbiamo imparato, statisticamente, in forma diversa, a lavorare con l'aleatorietà. Dobbiamo andare più lontano. La scienza in gestazione si applica al dialogo sempre più ricco con l'aleatorietà, ma, perché questo dialogo sia sempre più profondo, dobbiamo sapere che **l'ordine è relativo** e in relazione e che **il disordine è incerto**. Che l'uno e l'altro possono essere due facce dello stesso fenomeno; una esplosione di stelle è fisicamente determinata e ubbidisce alle leggi dell'ordine fisico-chimico, ma allo stesso tempo costituisce accidente, deflagrazione, disintegrazione, agitazione e dispersione, quindi disordine” (E. Morin, *Science avec conscience*, ed. portoghese, p 203. Traduzione mia).*

Il concetto di strategia qui introdotto si presenta come componente decisiva nella gestione del rapporto ordine-disordine inteso come costitutivo della materia e della vita degli uomini. Questo concetto è ripreso e sviluppato poco dopo nel capitolo intitolato *'Per un pensiero complesso'*:

*“La strategia si sviluppa con il perfezionamento dell’apparato neurocerebrale nelle specie animali, principalmente nella linea evolutiva dei vertebrati. **La strategia si definisce in opposizione al programma.** Un programma è una sequenza di azioni predeterminate che si può realizzare solo in un ambiente con poche eventualità o poco disordine. La strategia si fonda in un esame delle condizioni, a un solo tempo, determinate, aleatorie e incerte, nelle quali l’azione entra in scena mirando a una finalità specifica. Il programma non si può modificare, si può solo fermarlo in caso di imprevisto o pericolo. **La strategia può modificare il percorso delle azioni previste, in funzione delle nuove informazioni che arrivano attraverso il cammino che essa può inventare.** La strategia può persino usare l’eventualità a proprio vantaggio, come Napoleone usò la nebbia di Austerlitz; essa può usare l’energia nemica come fa il lottatore di karaté che, senza sforzo, rovescia l’avversario. Gli animali montano strategie di attacco e di fuga, di finta e di schivate, di astuzia e di esca contro le sue prede e i suoi predatori. Noi esseri umani, sia nel piano individuale per ottenere un posto, un vantaggio o un piacere, sia nel piano delle imprese, dei partiti, dei sindacati e degli Stati, usiamo strategie più o meno raffinate; cioè immaginiamo le nostre azioni in funzione delle certezze (ordine), delle incertezze (disordine, eventualità) e delle nostre attitudini a organizzare il pensiero (strategie cognitive, piano d’azione) e agiamo, modificando eventualmente le nostre decisioni o percorsi, in funzione delle informazioni che sorgono durante il processo. L’azione, pensiamoci bene, è possibile solo se c’è ordine, disordine e organizzazione. Troppo ordine asfissia la possibilità d’azione. Troppo disordine trasforma l’azione in tempesta e passa a essere una scommessa col caso (E. Morin, op. cit. pag. 220-221)*

Il concetto di strategia è un nodo cruciale nell’elaborazione del pensiero complesso e nella realizzazione della sfida della complessità. Senza paradigma, senza programma (**πρό γράμμα**: scritto prima), senza l’univocità tipica della dimensione lineare, senza più il rapporto causa-effetto, la complessità è concepibile solo all’interno di una visione globale, all’interno di un quadro di riferimento. Le vie ricordate nel capitolo 8 hanno senso solo se riescono a proporsi, cioè a pensarsi, **non come tecnica, ma come strategia**, cioè come visione d’insieme, capace di tenerle insieme, di

connetterle e articularle, di comprenderle, cioè **cum-prehendere**, prendere insieme.

### Hans-Georg Gadamer

Prendere insieme una visione è tipico dell'orizzonte. Eccoci, dunque, al **concetto di orizzonte** così come lo sviluppa H. G. Gadamer in *Verità e metodo*, concetto che, pur da un altro punto di vista, fornisce una prospettiva ancora più profonda a quanto sinora messo in evidenza.

Il filosofo tedesco parte dal concetto di situazione:

*“La coscienza della determinazione storica è anzitutto coscienza della situazione ermeneutica. La presa di coscienza di una situazione, però, è sempre un compito carico di una peculiare difficoltà. Il concetto di situazione implica infatti, come sua caratteristica essenziale, che essa non è qualcosa a cui ci si trovi di fronte e di cui si possa avere una conoscenza obbiettiva. La situazione è qualcosa dentro cui stiamo, nella quale ci troviamo già sempre ad essere, e la chiarificazione di essa è un compito che non si conclude mai. Ciò vale anche per la situazione ermeneutica, cioè per la situazione in cui ci troviamo nei confronti del dato storico trasmesso, e che abbiamo da comprendere. Anche la chiarificazione di questa situazione, cioè la riflessione sulla storia degli effetti (il titolo del paragrafo è Il principio della Wirkungsgeschichte, ndr), non è qualcosa che si possa concludere; tale inconcludibilità non è però un difetto della riflessione, ma è legata alla stessa essenza dell'essere storico che noi siamo”* (Gadamer Hans Georg (1983), *Verità e metodo*, RCS, Milano: p. 352).

Il concetto di situazione, il situarsi cioè, il trovarsi in un sito, risulta strettamente connesso con quello di *orizzonte* (Ὠρίζειν in greco vale proprio *porre, segnare un limite*), dunque il porre confini; e questa relazione si presenta di particolare significato:

*“Ogni presente finito ha dei confini. Il concetto di situazione si può definire proprio in base al fatto che la situazione rappresenta un punto di vista che limita le possibilità di visione. **Al concetto di situazione è legato quindi essenzialmente quello di orizzonte.** Orizzonte è quel cerchio che abbraccia e comprende tutto ciò che è visibile da un certo punto. Applicando il concetto*

*al pensiero, noi siamo usi parlare di limitatezza di orizzonte, possibile allargamento di orizzonte, apertura di nuovi orizzonti, ecc. Il linguaggio filosofico, a partire da Nietzsche e Husserl, ha adoperato in particolare questo termine per indicare il fatto che il pensiero è legato alla sua determinatezza finita e per sottolineare la gradualità di ogni allargamento della prospettiva. **Chi non ha un orizzonte è un uomo che non vede abbastanza lontano e perciò sopravvaluta ciò che gli sta più vicino.** Avere un orizzonte significa, invece, non essere limitato a ciò che è più vicino, ma saper vedere al di là di questo. Chi ha un orizzonte sa valutare correttamente all'interno di esso il significato di ogni cosa secondo la prossimità o lontananza, secondo le dimensioni grandi o piccole (H. G. Gadamer, *Verità e metodo*, cit. pp 352-353).*

150 anni prima la poesia aveva anticipato questo concetto grazie a Leopardi. Non dispiaccia ricordare quanto espresso nell'Infinito, dove il poeta scrive: *"Sempre caro mi fu quest'ermo colle e questa siepe che da tanta parte dell'ultimo orizzonte il guardo esclude"*. Ciò che è vicino, il colle e la siepe, limitano l'orizzonte, ma sono necessari proprio per aprirsi verso quell'orizzonte: dentro il finito (in-finito) per negarlo e andare oltre (in-non-finito).

Io credo che il pensiero di Gadamer aiuti a collocare in una prospettiva più adeguata quanto evidenziato da Morin in precedenza: non si tratta solo della storicità degli eventi e dei soggetti, storicità che nutre il nostro presente e lo conferma, ma anche della prospettiva verso la quale tale storicità guarda, una prospettiva che non può che essere inconcludibile. L'opera di Gadamer è del 1960, ma riesce a fornire la qualità del pensiero di riferimento capace di orientare la riflessione posteriore. Certo l'orizzonte di Gadamer non è la strategia di Morin, ma i due concetti aiutano a comprendere la direzione verso la quale guarda la complessità e per la loro prossimità arricchiscono la capacità di lettura dei fenomeni sempre più assimilati dalla loro storicità.

## Mauro Ceruti

Nella stessa direzione va la riflessione di Mauro Ceruti soprattutto ne *// vincolo e la possibilità*, un'opera del 1996, che proprio per questo risente in maniera decisiva degli sviluppi della scienza della complessità e del pensiero complesso.

Il lavoro di Ceruti appare di notevole importanza perché riprende i vari elementi messi in luce da scienziati, filosofi e storici e fornisce una sistematizzazione ampia delle problematiche già affrontate da Morin, sviluppando in modo particolare l'aspetto legato al rapporto **continuità e rottura**, tradotto nel linguaggio del filosofo in **vincolo e possibilità**.

Il libro sviluppa concetti che abbiamo già incontrato: li riprenderemo velocemente soffermandoci soprattutto su quegli aspetti che aprono nuove prospettive.

Ceruti mette in evidenza come sia superata la concezione del metodo come ricerca del punto archimedeo a partire dal quale definire e costruire l'edificio del sapere. In questo senso si è mossa e si muove la scienza del XX secolo, che ha progressivamente sgretolato l'impianto della conoscenza, non più un tutto visto e compreso dall'esterno, non più sintesi, omogeneizzazioni, uniformazioni, ma pluralità dei punti di vista, dei linguaggi, dei modelli, dei temi, delle immagini che concorrono alla produzione delle conoscenze. Di fronte a una scienza onniscente si usa nel contesto scientifico di oggi l'immagine della rete di modelli che *“mostra come gli approcci scientifici di tipo locale non cooperano armonicamente ad un'immagine unitaria del sapere e dell'universo, ma al contrario si intersecano, si accavallano, si ignorano, si contrappongono, si integrano, si fondono, si scindono (M. Ceruti, Il vincolo e la possibilità, p.12)”*.

E' così che emerge la reintegrazione dell'osservatore e il suo ruolo non può più essere esterno: l'osservatore sa di portare sempre con sé il peccato originale della sua limitatezza. La storia della scienza si presenta dunque come storia evolutiva in cui sono presenti sia la continuità sia la rottura: *“Non possiamo percepire un cambiamento senza uno sfondo, senza un'invariante che ci faccia percepire il cambiamento”* (op. cit. pag. 15).

La necessità di un metalivello inviolato rimane, ma non è più nel concetto di legge tradizionale, garante di uniformità, invarianza e assolutezza. Per avere cambiamento deve esserci uno sfondo, una invariante (un metalivello) che ci faccia percepire il cambiamento. Oggi il metalivello si presenta come non assoluto e il fatto che esso sia inviolato *hic et nunc* non garantisce che lo sia per sempre.

**Bisogna comprendere quello sfondo come costruito e non come dato.** Il metalivello inviolato *“dipende dall’universo di discorso adottato...dalla nostra collocazione nello spazio e nel tempo, dalle nostre scelte e dai nostri progetti (op. cit. pag. 16)”*: si passa così da una scienza della necessità a una scienza del gioco.

Natura e storia giocano giochi che non posseggono una strategia vincente elaborata all’inizio:

*“il decorso del gioco avviene sempre nell’interazione e tramite l’interazione fra le regole poste come vincoli e come costitutive del gioco, il caso e la contingenza di particolari eventi e particolari scelte, e le strategie dei giocatori volte ad utilizzare le regole ed il caso per costruire nuovi scenari e nuove possibilità” (op. cit. pag. 17)*

La legge, quale espressione di vincoli, definisce i limiti del possibile, ma non limita semplicemente i possibili. **Il vincolo é anche opportunità.** La possibilità si costruisce sul vincolo, ma non necessariamente è da esso deducibile. **Esiste dunque una storia del possibile.** In conclusione, non si prospetta un punto di vista panoptico, che rinvenga il senso della storia tramite la scoperta di grandi leggi, grandi strutture, grandi regolarità, ma la storia è caratterizzata da una molteplicità irriducibile di tempi, di ritmi, di decorsi evolutivi che si contemplanò, si contrappongono, si implicano.

Questo è in sintesi il discorso che viene sviluppato nel libro preso in considerazione: esso ci riporta a concetti che abbiamo incontrato e altri ne sviluppa, sempre in un ambito che possiamo definire epistemologico, nella duplice valenza del termine con riferimento sia alla scienza sia alla conoscenza.

Vorrei ora dilungarmi su due punti su cui Ceruti sente la necessità di soffermarsi.

1) L'ultimo paragrafo del capitolo *Ambivalenza del moderno* sviluppa una riflessione sui tempi della natura, i tempi della storia e i tempi della conoscenza.

Dopo aver ribadito che la scienza contemporanea ha posto in primo piano il carattere radicalmente storico ed evolutivo di ogni dimensione del nostro universo e del nostro sapere, Ceruti mette in evidenza come sia mutato il rapporto evoluzione-continuità:

*“Le indagini scientifiche del nostro secolo...hanno innanzitutto posto in primo piano gli aspetti di discontinuità, gli effetti soglia dei processi evolutivi e genetici. Ma con ciò hanno mostrato che questi aspetti non si contrappongono semplicemente agli aspetti di continuità, ma sono complementari ad essi”* (op. cit. pag. 52).

In discussione, e in modo più radicale, sono messe anche la linearità e l'univocità della direzione dei processi evolutivi, e ciò ha a che fare con tutte le discipline: *“Questi mutamenti riflettono un mutamento più generale nella concezione e nella rappresentazione del tempo della storia, del tempo della natura, del tempo della conoscenza”* (op.cit. pag.53).

Questo mutamento coinvolge oltre alle scienze naturali e altre scienze sociali anche la stessa scienza storica: Il paragrafo in questione, dopo aver evidenziato come ogni momento storico si caratterizzi non solo e non esclusivamente per l'omogeneità, ma anche e forse meglio per l'eterogeneità di molteplici presupposti, si conclude con alcune riflessioni di carattere generale:

*“L'immagine della storia come laboratorio epistemologico piuttosto che come memoria della scienza suggerita da Jean Piaget e Rolando Garcia mi sembra ben caratterizzare lo slittamento in corso...da un'analisi in cui grandi paradigmi appaiono come vicendevolmente esclusivi, ad un'analisi il cui oggetto sono le diverse forme di interazione dei paradigmi (o dei programmi di ricerca, delle tradizioni scientifiche, ecc.)...Il mutamento del tempo della conoscenza che caratterizza il nostro sapere porta da un'idea di tempo lineare e cumulativa, ad un'idea di tempo ( o meglio di tempi) stratificata, in cui i vari cicli, ritmi e direzioni interagiscono e si combinano secondo modalità storicamente variabili...Le direzioni di sviluppo del sapere si producono nel momento stesso di produzione delle conoscenze, sono il risultato di un'interazione irriducibile e costruttiva fra le nostre scelte e le molteplici dimensioni del reale, del tempo, della conoscenza. Sempre di più scopriamo la complessità dei giochi cognitivi a cui partecipiamo. Ma sempre di più*

*scopriamo anche di essere soggetti attivi, e irriducibili, in questi giochi”* (op. cit. pag. 56-57)

2) Il secondo punto su cui vorrei soffermarmi riguarda il rapporto tra vincolo e possibilità così come viene sviluppato nella parte finale del libro. Il punto di partenza è la riflessione sul fatto che le scienze dell’evoluzione, pur nate nell’Ottocento, hanno spesso ignorato l’oggetto caratteristico della loro indagine, il cambiamento in quanto fenomeno costruttivo e creativo, in quanto momento produttore di novità reale. Esse hanno privilegiato l’invarianza, cui non potevano non essere legate, perché *“solidali ad una tradizione epistemologica...che si è definita nei termini dell’ideale regolativo di un luogo fondamentale e neutro di osservazione e di spiegazione dei fenomeni...Su questa base...la scienza classica ha potuto operare una serie di scissioni –ad esempio fra generale e particolare, fra natura e storia, fra atemporalità e temporalità, reversibilità e irreversibilità, fra ripetibile e irripetibile”* (op. cit. pag. 125).

Per Ceruti appare importante non solo prendere atto della crisi del punto di vista archimedeo che è alla base della scienza classica, ma sviluppare le potenzialità che quella crisi è capace di liberare.

Come già aveva messo in evidenza Prigogine le leggi perdono il loro carattere di assolutezza, ma non lasciano all’arbitrio del caso: esse esprimono gli insiemi di possibilità, in continua decomposizione e ricomposizione. Gli errori, i limiti, le difficoltà diventano strumento di conoscenza e partecipano tout court ai processi evolutivi.

*“Lo studio delle potenzialità evolutive di un sistema non si identifica con la ricerca di una capacità di previsione puntuale ed esaustiva del suo futuro, e i limiti incontrati dalle nostre capacità di previsione diventano, in positivo, nuove conoscenze sulla storia della natura e sulla natura della storia...Le leggi esprimono gli insiemi delle possibilità entro i quali, di volta in volta, hanno luogo i processi evolutivi. Il decorso evolutivo non è mai dato in anticipo... (Le leggi) sono le regole di un gioco, stabiliscono ...una gamma di possibilità, in cui si ritagliano gli effettivi decorsi spazio-temporali dovuti in parte al caso in parte all’abilità o alle deficienze dei giocatori...Ogni processo evolutivo ha a che fare con questioni di scelta. **All’interno di un medesimo quadro di partenza, di una medesima situazione storica, dei medesimi vincoli e condizioni preesistenti, esistono diverse strategie possibili...La***

*prevalenza di una strategia rispetto ad un'altra dipende in parte dai vincoli preesistenti, in parte dal caso, dalla storia in senso proprio intesa anche come decorso di eventi singolari, contingenti, irripetibili...Se una direzione prevale, esistono certo nel passato buone ragioni per il suo successo, ma queste condizioni non sono mai tali da sfiorare la necessità. La necessità si costruisce sempre, è sempre a posteriori” (op. cit. pag. 130-132).*

L'uso della parola gioco può trarre in imbarazzo, ma intorno ad essa si è ormai da molto sviluppato un ampio dibattito che ha prodotto una larga letteratura e che va al di là della teoria dei giochi e del dilemma del prigioniero; come ricorda lo stesso Ceruti in una nota a pagina 131 Eigen e Winkler-Oswatitsch hanno mostrato come le idee di strategia, gioco, giocatore sono ben più di una metafora e si collocano nel cuore stesso della nostra comprensione della natura.

*“Esiste una storia naturale delle possibilità, in cui nuovi domini di possibilità si producono in dipendenza delle grandi svolte dei vari processi evolutivi, date di volta in volta da effetti soglia, punti di biforcazione, amplificazione di fluttuazioni. E all'interno di questa storia naturale si producono processi di fissazione delle possibilità, che diventano vincoli in grado di eliminare talune alternative possibili e di produrne delle nuove”.*

Appare dunque chiaro che vincoli e possibilità, lungi dal riproporsi in termini antitetici, aprono interessanti prospettive di riflessione ponendosi come adeguati strumenti di lettura. All'interno di una rete di fenomeni si aprono delle possibilità: esse sono date e determinate dal tipo di rete cui sono vincolate e di cui sono espressione, ed è per questo che il numero delle possibilità non è infinito. A mano a mano che si percorre la rete in una direzione invece che in un'altra, alcune possibilità tendono ad emergere e modificano il quadro d'insieme della rete, modificando i vincoli e ricomponendoli su un altro piano. È a partire da questa interazione e da questo condizionamento, in cui la scelta, la decisione, il taglio assumono una nuova e decisiva importanza, che si deve intervenire; in questo senso non c'è distinzione tra taglio prospettico ed operativo, perché la ricomposizione dell'orizzonte significa immediatamente scelta teorico-pratica di un settore della rete, quindi di un possibile che siamo noi a rendere più possibile.

Le conseguenze da un punto di vista conoscitivo sono notevoli e riconducono a quanto visto in precedenza, cioè alla crisi dei processi conoscitivi classici.

*“In particolare il cambiamento decisivo consiste nel porre alla base delle scienze evolutive la nozione di vincolo e non la nozione di causa...Le nozioni di viability, di vincolo, di possibilità, di deriva naturale, di storia naturale dei vincoli e delle possibilità costituiscono una ridefinizione positiva delle limitazioni e della finitezza del punto di vista dal quale studiamo i processi evolutivi che spezza ogni legame con i valori classici e normativi dell’onniscienza, della completezza” (op. cit. pag. 154-155).*

Questa prospettiva individua un atteggiamento nuovo che va oltre il determinismo sia nella variante causalistica tradizionale sia nella variante dialettica e si ricollega a quella dimensione che Morin chiama dialogica e di cui abbiamo visto gli sviluppi all’inizio del presente capitolo.

La scienza della natura va oltre il determinismo e scopre il carattere storico dei processi naturali; in questa nuova prospettiva epistemologica si muovono tutte le scienze, più o meno dure, più o meno esatte. Tempi diversi, nuovi orizzonti, reciproche interferenze caratterizzano i diversi percorsi delle diverse discipline.

### **NECSI (NEW ENGLAND COMPLEX SYSTEM INSTITUTE)**

In questa parte propongo l’esperienza e la riflessione del *New England Complex Systems Institute*, che arricchisce il panorama di studio e ricerca inaugurato dal S.F.I. andando oltre il primitivo campo quando si occupava principalmente di educazione, apprendimento e insegnamento.

I brani che seguono sono tratti direttamente dal sito Internet del Necsi ([necsi.edu](http://necsi.edu)) che illustra in modo aggiornato problematiche, studi ed iniziative : la traduzione è mia.

*“Il New England Complex Systems Institute (NECSI) è un istituto di ricerca e istruzione accademica indipendente con studenti, borsisti post-dottorato e docenti. Oltre al team di ricerca interno, NECSI ha collaborazioni con università come MIT, Harvard, Brandeis e altre a livello nazionale e internazionale.*

*NECSI è stato determinante nello sviluppo della scienza dei sistemi complessi e delle sue applicazioni. Studiamo come le interazioni all'interno di un sistema portano ai suoi modelli comportamentali e come il sistema interagisce con il suo ambiente. I nostri nuovi strumenti superano i limiti delle approssimazioni classiche per lo studio scientifico di sistemi complessi, come organizzazioni sociali, organismi biologici e comunità ecologiche. L'approccio unificato basato sulla matematica di NECSI va oltre i confini delle scienze fisiche, biologiche e sociali, nonché dell'ingegneria, della gestione e della medicina”.*

*“La scienza dei sistemi complessi cambia il modo in cui pensiamo alla scienza e al suo ruolo nella società. Va oltre l'approccio tradizionale e riduzionista di concentrarsi sulle parti di un sistema, per integrare la rete di relazioni all'interno e tra i sistemi. Queste relazioni producono i comportamenti "emergenti" che vediamo in tutti i sistemi fisici, biologici, sociali, economici e tecnologici. Questo approccio consente ai ricercatori di affrontare questioni un tempo considerate al di fuori della portata della scienza, tra cui il comportamento umano, le interazioni sociali e le conseguenze delle politiche e delle decisioni della nostra società.*

*Il New England Complex Systems Institute è all'avanguardia in questo campo. Sviluppiamo nuovi approcci matematici e li applichiamo a questioni importanti per la scienza e la società, come la conservazione della biodiversità, la comprensione delle origini dell'altruismo, il miglioramento del sistema sanitario e la prevenzione della violenza etnica o delle crisi economiche. Combiniamo una base quantitativa in fisica, informatica e matematica con simulazioni al computer e analisi di dati ad alta dimensione per descrivere modelli di comportamento del mondo reale.*

*Attraverso la sua ricerca, NECSI sta espandendo i confini della conoscenza e riformulando i problemi sociali come problemi scientifici. (vedi: Archivio ricerche)”.*

La scuola del XXI secolo deve saper rispondere alle nuove esigenze in termini concettuali e non semplicemente tecnici o tecnologici. In questo senso due

direttrici fondamentali vengono proposte nella **valorizzazione della componente individuale** e nello **sviluppo interdisciplinare del curriculum**.

Per quanto riguarda il primo aspetto si parla di *a) Ability levels and patterns of different abilities; b) Learning styles; c) Personality Characteristics*.

Per il secondo aspetto si riconosce che :

*"Uno degli sviluppi più entusiasmanti nel mondo della scienza oggi è il crescente coinvolgimento dei ricercatori nelle collaborazioni interdisciplinari e l'aumento della fecondazione incrociata di idee, e attività di ricerca, di persone in diversi campi della scienza... I vantaggi per la scienza interdisciplinare nel lavoro sono inestimabili e le varie possibilità di applicazione sono promettenti non solo per la scienza ma per molti aspetti della vita quotidiana".*

La scuola è sempre più riconosciuta come un sistema complesso e come tale deve essere studiata e dunque pensata. Per questo motivo pensare la scuola significa saper approfittare dei concetti che lo studio dei sistemi complessi ha saputo produrre.

*"(Il nostro lavoro) nasce dalle intuizioni ottenute dalle applicazioni delle nuove idee di sistemi complessi che stanno ora comparando nelle scienze matematiche, fisiche, biologiche e sociali. In effetti, queste applicazioni vengono integrate nel quadro concettuale di lavoro di molte professioni (ad esempio, ingegneria, medicina, finanza e gestione) così come delle scienze. Ad esempio, l'interdipendenza e la coevoluzione negli ecosistemi, con modelli emergenti formati dall'auto-organizzazione, sono ora considerate altrettanto importanti della selezione competitiva nella comprensione dell'evoluzione biologica".*

E' importante capire che le grandi trasformazioni concettuali che hanno pervaso la scienza e che sono andate consolidandosi negli ultimi decenni, se modificano radicalmente gli orizzonti della nostra vita quotidiana, a maggior ragione incidono in modo determinante nell'ambiente scolastico che ha nel sapere (produzione, diffusione, confronto, diverse forme di relazione e interrelazione) il suo punto identificativo. Ovviamente questo discorso non

ha alcun valore per chi ha deciso che la scuola debba essere principalmente un Centro Sociale.

*“L'interesse diffuso per le strategie dei sistemi complessi è stato intensificato dalla manifesta complessità dell'economia e della società globali ed è stato accelerato dalla crescita di Internet e dalle opportunità diversificate e decentralizzate di comunicazione e collaborazione nella vita quotidiana dei cittadini e delle organizzazioni di ogni dimensione.*

*Concetti come organizzazione gerarchica multiscala, interdipendenza, patterning emergente, modellazione basata su agenti, attrattori dinamici, caos deterministico, flussi e vincoli di informazioni, interazione sistema-ambiente, traiettorie di sviluppo, paesaggi di fitness e auto-organizzazione stanno diventando strumenti chiave per un ragionamento qualitativo su sistemi complessi reali e la creazione quantitativa di modelli e simulazione nei contesti di sistemi sintetici”.*

Alcuni percorsi sono già stati individuati e alcuni concetti provenienti dallo studio dei sistemi complessi sono già chiaramente assunti come determinanti nell'approfondimento dei processi educativi che dovranno conformare la scuola del XXI secolo.

*“La conoscenza dei sistemi complessi poggia su tre fondamenti: **Sperimentazione e osservazione nel mondo reale; uso del calcolo per la creazione di modelli e per la ricerca e l'analisi delle informazioni; e la teoria sottostante sulle proprietà dipendenti dal tempo dei sistemi non lineari.** È importante che gli studenti comprendano i concetti di feedback in generale e di feedback adattivo in particolare, e le loro conseguenze per l'evoluzione dinamica dei sistemi. Il fatto che i sistemi del mondo reale abbiano molteplici cause ed effetti e siano aperti allo scambio di informazioni, materia ed energia con il resto del mondo ha conseguenze che gli studenti di tutte le età appropriate trarrebbero grande beneficio dalla comprensione....*

*Gli studenti, a un'età appropriata, e attraverso l'uso di osservazioni e tecnologia appropriata possono arrivare a comprendere flussi e vincoli di informazioni, organizzazione gerarchica multiscala, interazione sistema-ambiente, traiettorie di sviluppo, strumenti selettivi, paesaggi di fitness e altri strumenti concettuali di sistemi complessi”.*

Gli strumenti di cui abbiamo bisogno, i “tools”, non sono qualcosa di tecnico o tecnologico, ma riguardano un atteggiamento mentale, una predisposizione spirituale e astratta, sono cioè strumenti concettuali nuovi, aperti e flessibili: essi sono gli unici in grado di permetterci di entrare in contatto e di confrontarci con la nuova realtà dei sistemi complessi o con la nuova comprensione complessa che abbiamo dei sistemi reali.

*“In effetti, le persone devono capire che non solo hanno a che fare con la realtà di sistemi complessi, ma in realtà hanno a che fare con modelli di quei sistemi, che ne siano consapevoli o meno. Ad esempio, i governi e le imprese prendono decisioni finanziarie sulla base di modelli economici che tentano di indicare loro le probabili conseguenze di tali decisioni. A loro volta, tutti i cittadini, consumatori e lavoratori affrontano le effettive conseguenze di tali decisioni basate su modelli. Quando gli individui prendono decisioni economiche, di carriera e di altra vita, tali decisioni devono essere basate su un modello (a volte non formulato esplicitamente, ma comunque un modello) che presenti le probabili conseguenze delle loro azioni individuali. Anche le cose più cariche di emozioni che le persone fanno, come il corteggiamento e l'interazione con i membri della famiglia, si basano in una certa misura su modelli di dinamiche interpersonali; cioè, una serie di ipotesi che tentano di prevedere come le persone risponderanno a varie azioni. Capire come funzionano i modelli e cosa possono e non possono fare è un enorme vantaggio in tutti gli aspetti della vita, non solo per le persone che svolgono professioni quantitative come la scienza, la tecnologia, gli affari e l'economia...”*

*Tutti comprendono che gli individui e i sistemi sociali modificano il loro comportamento sotto l'influenza di varie pressioni. Queste modifiche di solito sono adattive e tendono ad aiutare l'individuo o il sistema a far fronte: questo è un feedback adattivo. Ma a volte qualche grande perturbazione sposta*

*l'individuo o il sistema oltre qualche soglia verso un nuovo stato - o verso qualche grave danno o addirittura distruzione (generalmente il risultato di un "circolo vizioso", nel linguaggio comune)".*

In questa direzione, cioè su quali fondamenti dei sistemi complessi valga la pena imparare, vengono messe in evidenza alcune difficoltà che gli studenti incontrano.

*"C'è motivo di credere che molte delle idee fondamentali associate a nuovi modi di pensare alla complessità possano essere difficili da apprendere per gli studenti. Numerose ricerche hanno documentato una varietà di difficoltà che gli studenti hanno con l'apprendimento di concetti rilevanti per la comprensione di sistemi complessi che sono attualmente insegnati nei corsi di scienze esistenti. Ad esempio, molti studenti, anche a livello universitario, credono che le reazioni chimiche si fermino all'equilibrio (Kozma, Russell, Johnston e Dershimer, 1990), o che l'evoluzione sia il risultato dell'uso o del disuso dei tratti e che i tratti acquisiti siano trasmessi da un individuo all'altro, da una generazione alla successiva (cioè, visione lamarckiana) (Bishop & Anderson, 1990; Samarapungayan & Wiers, 1997). Inoltre, è stato suggerito che concetti importanti relativi a sistemi complessi possono essere controintuitivi o in conflitto con credenze comunemente condivise (Casti, 1994). Molte persone credono che esista una relazione lineare tra la dimensione di un'azione e il suo effetto corrispondente: un'azione piccola ha un effetto piccolo, mentre un'azione grande ha un effetto corrispondentemente grande. Tuttavia, è ormai comunemente riconosciuto che nei sistemi complessi e dinamici, una piccola azione può avere interazioni nel sistema che contribuiscono a un'influenza significativa e su larga scala, il cosiddetto "effetto farfalla". Altri ricercatori hanno proposto che le persone tendano a favorire spiegazioni riduttive che presuppongono il controllo centrale e la singola causalità deterministica e che ci sono resistenze profonde nei confronti delle idee che descrivono vari fenomeni in termini di auto-organizzazione, processi stocastici e decentralizzati (Feltovich, Spiro e Coulson, 1989; Resnick, 1994; Wilensky & Resnick, 1999). Coerentemente con queste prospettive, recenti ricerche suggeriscono che potrebbe esserci un diverso "modo di pensare" impiegato da individui con una comprensione avanzata dei sistemi complessi (ad esempio, scienziati che lavorano in questo*

*campo) e novizi (studenti universitari) quando risolvono problemi che riguardano esempi familiari o "quotidiani" di fenomeni di sistemi complessi (ad esempio, in che modo le formiche cercano cibo, una farfalla in Brasile può influenzare il tempo in Alaska o come progettare una città in modo tale che beni e servizi siano massimizzati) (Jacobson, 1999) . Ad esempio, una soluzione degli studenti proponeva una città con alloggi centralizzati e distribuzione alimentare; mentre uno scienziato di sistemi complessi ha descritto una soluzione che modellava le interazioni decentralizzate delle persone in una città. Nel complesso, gli studenti universitari tendevano a risolvere i problemi utilizzando affermazioni riduttive, assumevano il controllo centrale, descrivevano un'unica fonte di causalità, erano prevedibili e si concentravano sugli oggetti, mentre gli esperti di sistemi complessi tendevano a risolvere i problemi con affermazioni che consideravano l'insieme sistema, hanno descritto il controllo decentralizzato e molteplici fattori causali, hanno notato la natura probabilistica delle soluzioni ed erano orientati al processo”.*

Dunque se la conoscenza è una proprietà emergente, colui che conosce e l'oggetto della conoscenza non possono risultare separati; al contrario oggetto del conoscere diventa principalmente il conoscere, l'attività stessa del conoscere. Questo vuol dire non solo che conoscere si presenta sotto forma di spirale, ma anche che non si può parlare di conoscenza se nel processo non entrano in gioco, non vengono coinvolti anche i fondamenti conoscitivi, quelli che chiamo i fondamenti epistemologici.

*“Un importante principio per la progettazione di ambienti e strumenti di apprendimento che si occupano di sistemi complessi è rendere espliciti allo studente i concetti fondamentali. Ad esempio, anche i bambini molto piccoli sono stati visti muoversi con le formiche, portando pezzi di cibo e in genere "girando" intorno ai formicai. Tuttavia, nonostante questa esperienza di osservazione del mondo reale piuttosto dettagliata delle formiche, si può sostenere che pochi bambini piccoli - per non parlare dei bambini più grandi o persino degli adulti - hanno sviluppato una comprensione di importanti concetti fondamentali di sistemi complessi come i movimenti casuali delle formiche nell'ambiente, feedback positivo relativo alla generazione di ferormone quando si trova il cibo, all'autorganizzazione come caratteristica*

*del formicaio e così via. Pertanto, sarà importante che i concetti di sistemi complessi relativi a vari fenomeni siano resi salienti ed espliciti agli studenti...”.*

Applicare concetti derivati dai sistemi complessi alla scuola deve dunque richiedere un salto di qualità: quei concetti non devono essere appresi in termini di nuovi e più moderni contenuti, ma proposti attraverso percorsi che sappiano attivare nello studente una riflessione più profonda. Si tratta cioè di dotarsi di strumenti concettuali nuovi.

Le ultime citazioni sono tratte dal sito di NECSI di 15 anni fa quando l'Istituto aveva iniziato da pochi anni e quando accompagnava le nuove scoperte nel campo della complessità con il tentativo di dar vita a progetti di studio che, nei contenuti ma soprattutto nel metodo, creassero un modo nuovo di porsi di fronte alla conoscenza.

Da allora NECSI ha formato, sviluppato e consolidato questo nuovo approccio, come si può constatare dalle numerose attività di cui si parla nel sito. Non è importante qui riportare uno ad uno i progetti, i percorsi, le iniziative che permettono di collocare il NECSI tra le esperienze migliori nel campo della complessità e della formazione alla complessità. Può però essere interessante ricordare sia il Corso Internazionale di questo luglio sia avere un'idea del bacino di utenza:

1) Corso intensivo sulla complessità: estate 2023 (<https://necsi.edu/summer-2023-complexity-course>)

La dimostrazione dell'applicazione dei metodi dei sistemi complessi sarà effettuata attraverso studi di:

*Sistemi sociali: sistema educativo, sistema sanitario, sistema militare;*

*Sistemi psicosociali: modelli di comportamento sociale, mente, creatività;*

*Sistemi biologici: fisiologia, cervello, sistemi cellulari, reti genetiche;*

*Sistemi fisici: meteorologia.*

2)I partecipanti ai programmi educativi dei NECSI hanno incluso individui provenienti da 10 aziende di Fortune 500 (le 500 aziende più importanti), molte agenzie governative e organizzazioni non profit/ONG, nonché studenti o docenti di 150 università di tutto il mondo. Il top è dato da MIT, Università di Cambridge, Stanford, università di Oxford, Harvard, Istituto di tecnologia della California, University College London, Università di Tsinghua. Dall'Italia solo quattro Università: La Sapienza di Roma, la Bocconi, Ca' Foscari di Venezia e l'Università di Milano.

Si conclude qui il percorso da me proposto per avvicinare all'universo della complessità.

Nel prossimo e ultimo capitolo mostrerò come la comprensione di questo nuovo approccio in termini di orizzonti possa servire a ognuno di noi nella vita di ogni giorno e nella costruzione della nostra persona.

## 9) LA COMPLESSITA', LA NOSTRA PERSONA, LA NOSTRA VITA.

Nei nove capitoli precedenti il discorso è stato sviluppato soprattutto a livello teorico, in modo da comprendere come l'approccio con cui ci siamo avvicinati alla conoscenza per tanti secoli è ormai entrato in crisi e richiede prospettive e orizzonti nuovi. Il rapporto tra teoria e pratica è quasi sempre stato unidirezionale, con le acquisizioni culturali che hanno modellato anche i comportamenti dei diversi strati della società. Questa è stata la norma perché la società è sempre stata fortemente polarizzata, da un lato ceti alti alfabetizzati e dall'altro grandi classi popolari semianalfabete.

Da un secolo il quadro delle relazioni e dei flussi all'interno di ogni società si è modificato: esiste un terreno comune tra i diversi strati grazie alla nascita di una società di massa e di un'alfabetizzazione di massa. Internet ha poi accelerato e reso universale questo nuovo amalgama.

Il legame, anzi l'intreccio, tra i diversi elementi che costituiscono una società è diventato talmente complesso, non dico inestricabile, che occorre dotarsi di strumenti nuovi.

Nei nove capitoli precedenti ho riproposto in modo sintetico e personale il nuovo percorso teorico che si sta imponendo in rapporto alla conoscenza, un percorso molto fluido, che coinvolge tutti gli aspetti portando alla luce il protagonismo di ogni individuo. Fino a qualche decennio fa il protagonismo dei più era legato all'adesione a un gruppo (partitico, sportivo, filosofico, religioso, etnico ecc.), adesione generica che si basava su una convinzione fortemente ridotta, idealizzata, semplificata dell'ideologia elaborata in modo ampio e compiuto dalla componente che l'aveva creata e sviluppata. Una specie di Bignami delle idee forti permetteva anche ai ceti più sprovvisti di sentirsi protagonisti.

Il **protagonismo passivo** ha lasciato il posto a un **protagonismo attivo**, per cui ognuno si sente legittimato a esprimere con forza, e anche violenza, le proprie opinioni e lo fa servendosi di tutti gli strumenti mediatici presenti, cresciuti in modo esponenziale. Lo abbiamo visto recentemente quando è emerso il fenomeno di massa dei NO-VAX che, in genere privi di competenze mediche, hanno fatto irruzione da protagonisti attivi nella scena sociale. Gli esempi che si possono fare ormai riguardano tutti i campi del vivere civile, al

di fuori del proprio ruolo, delle proprie conoscenze, delle proprie competenze. Medicina, astronomia, clima, diritto, storia tanto per fare qualche riferimento. Non si tratta più di opinioni che possono arricchire il dibattito pubblico, ma vere e proprie prese di posizione minacciose capaci di sfociare in atti violenti e vandalici. Ci si sente protagonisti attivi in alternativa ai medici, agli astronomi, agli scienziati, chimici e fisici, che indagano l'atmosfera, ai giudici, agli storici di professione: l'anatema è immediato, perché i nuovi protagonisti attivi lottano contro i "poteri forti" e poiché siamo cresciuti nel mito della "rivoluzione" ottengono un certo credito.

C'è poi il **moralismo diligente**, di chiara origine cattolica e comunista, che, lasciato l'ambito religioso-ideologico, si è diffuso a macchia d'olio nel tessuto sociale. Tutto si riduce allo scontro tra Bene e Male. Un tempo le cose erano facili e semplici, ma oggi, in una realtà che si fa sempre più complessa, le sfumature abbondano e ci si può ergere a fautori del Bene solo se riduciamo la complessità di eventi e persone a due modesti microcosmi. I nuovi protagonisti attivi hanno alla base della loro azione la convinzione che stanno agendo per il Bene, il Bene del pianeta, il bene del Paese, il bene della salute, il Bene della Storia, il bene dell'individuo. Senza questo atteggiamento moralistico che affonda nella cultura che ci ha nutrito per secoli questi protagonisti attivi perderebbero seguito mostrando tutta la loro evanescenza.

**Complessità:** l'atteggiamento complesso nel costruire la nostra conoscenza e la nostra esistenza è l'antidoto al protagonismo attivo, semplicista superficiale moralistico idealista e ipocrita, privo di orizzonti e prospettive. Nei nove capitoli precedenti c'è un aspetto che spero non sia sfuggito al lettore e riguarda la maggior parte dei brani riportati. Se si escludono le parti specifiche, gli autori, filosofi o scienziati, non si limitano ad un'affermazione teorica frutto di corrette deduzioni logiche, ma si riferiscono sempre a situazioni specifiche che riguardano i contesti in cui siamo immersi tutti noi. Si parla di previsioni atmosferiche, di economia, di atteggiamenti più adeguati da tenere in situazioni critiche, di scuola e educazione, di violenza, di comunicazione, insomma di tutto ciò che ci appartiene e con cui siamo quotidianamente obbligati a confrontarci.

**Per la prima volta nella storia degli uomini** gli strumenti teorici non sono lontani dalla vita delle persone presso le quali cadevano sotto forma di briciole; per la prima volta abbiamo gli strumenti per poter affrontare situazioni complesse senza il bisogno di delegare a strutture di potere sia l'elaborazione sia la realizzazione del mondo. Certamente la ricchezza teorica non è patrimonio di tutti e io, pur essendo una persona di media cultura, non sono in grado di spiegare in che modo si muovono certe medicine o prevedere l'andamento della Borsa di Francoforte né ho la ricetta perché un amore non finisca. Ho però gli strumenti per poter essere protagonista della mia salute, delle mie finanze, delle mie relazioni sentimentali. Questi strumenti ho cercato di proporli nei nove capitoli precedenti. Essi non sono una ricetta per dolci, non sono il manuale d'istruzioni da seguire passo dopo passo, non sono un algoritmo, ma prima di tutto rifuggono un approccio semplice, che riduce ciò che ci sta davanti a un cammino obbligato o a un'alternativa secca. Questo cammino obbligato e questa alternativa secca sono ormai luoghi comuni, che hanno avuto anche una certa validità quando il terreno in cui operavamo era qualcosa di semplice, ma oggi non solo non funzionano, ma distraggono e soprattutto atrofizzano le nostre funzioni e dunque le nostre possibilità.

Il patrimonio che l'universo della complessità ci permette di usare non è una Legge Universale né uno stretto paradigma né una regola con le dovute eccezioni: esso è prima di tutto un patrimonio culturale, un atteggiamento mentale fatto di **strumenti completamente nuovi** e a cui non siamo abituati.

Ne ricapitolo alcuni.

1) Non abbiamo, di fronte a noi, obiettivi e punti di arrivo, ma **orizzonti** e prospettive.

2) Non abbiamo percorsi obbligati, ma **strategie**, cioè ampi quadri di comportamento che possono dar vita a tattiche diverse e che sono continuamente rivedibili.

3)Esistono certezze che hanno formato e conformato il mondo e la nostra persona: esse sono solo dei vincoli da cui si aprono le possibilità che rappresentano il nostro futuro: il nostro futuro esprimerà di volta in volta **nuovi vincoli** da cui dipenderanno **nuove possibilità**.

4)**Non esiste un “vero qualcosa”, né un “vero mondo” né un “vero amore” né un “vero io”,** ma si tratta sempre di percorsi di costruzione di cui noi siamo protagonisti, e responsabili. Come ho già mostrato nel secondo capitolo, il carattere approssimativo della geometria euclidea, diventa, nel campo delle relazioni, la consapevolezza che il momento iniziale è un momento approssimativo con cui entriamo in gioco, ma che topologicamente deve preparare la sua continua trasformazione, sulla base di vincoli che dobbiamo saper riconoscere soprattutto per individuare le possibilità che quei vincoli permettono;

5)In un sistema complesso, come le relazioni interpersonali e soprattutto amoroze, **il “ti-amo” iniziale non è più sufficiente** (anche la sua ripetizione nel tempo). In un sistema complesso *piccole differenze nelle condizioni iniziali generano differenze grandissime nei fenomeni finali*: quel “io-ti-amo” iniziale è solo un modesto punto di partenza la cui traiettoria è nelle nostre mani: una parola, un gesto, un evento possono imprimere spostamenti non previsti. E’ in fondo la storia di ogni relazione;

6)Il fatto ampiamente dimostrato che in un sistema complesso il tutto è maggiore della somma delle parti comporta la comprensione di come, ad esempio, **una relazione di coppia, o familiare, non può basarsi né sull’autonomia dei singoli**, per cui *il tutto è eguale alla somma delle parti*, **né sul compromesso** che comporta che *il tutto è minore della somma delle parti*. Purtroppo, queste sono le due strade oggi percorse;

7)**Il passato, il presente, il futuro** sono macro-tempi, ma essi sono costituiti da una **rete** che li collega in modo aperto; difficilmente tutti i rami sapranno procedere e connettersi, alcuni si esauriranno, altri li ritroveremo nel tempo successivo e tra questi alcuni presenteranno flussi di maggior portata.

8)**Non dobbiamo ottimizzare** nulla di ciò che ci proponiamo, ma valutare sempre tra rischio e possibilità, costi e benefici: non si tratta di rinunciare ai

nostri sogni e adeguarci ai vincoli di cui siamo fatti, ma neppure di vedere solo il sogno dimenticando i vincoli che ci conformano.

9)La libertà ci appartiene come i vincoli; **non esiste una libertà assoluta**, anzi essa si esprime solo a partire dai vincoli che ci conformano e dalle possibilità che si aprono davanti a noi: la libertà è innanzitutto scelta e dunque responsabilità.

10)**La responsabilità non è colpa**, ma rispondere, prima di tutto a noi stessi, delle scelte che facciamo, semplicemente per valutare se queste permettono di proseguire nella strategia o impongono di cambiarla.

11)Il crollo delle Leggi Assolute in campo scientifico comporta il crollo di Valori Assoluti per quanto riguarda le scelte di vita personale. **Non esiste un Bello, un Bene, un Giusto, un Corretto come bussola**. Lo vediamo nel soggettivismo con cui ognuno valuta e sceglie: ciò che è bello, buono, giusto, corretto per me può non esserlo per altri. E la divergenza può assumere anche svariate tonalità. Dalle Leggi e dai Valori Assoluti la reazione istintiva e diffusa porta all'affermazione di un Relativismo generalizzato; **la scienza della complessità** ha mostrato che ciò che ci sta di fronte non è **né il carattere assoluto di norme né la relativizzazione di tutto**, bensì che esiste un orizzonte, più ampio del punto di arrivo certo della Legge e più ristretto del confuso e totale soggettivismo relativista.

Questo orizzonte è mostrato dalle nostre scelte che operano in rapporto ai vincoli che di volta in volta ci conformano.

12)**Questi vincoli** non sono solo il frutto della nostra **storia individuale** che ci ha formati a seguito del contesto familiare e delle nostre scelte, ma riguardano anche il **contesto storico e sociale** in cui siamo inseriti. Due vincoli storico-sociali che vengono spesso tralasciati riguardano il sistema giuridico e quello economico, suscettibili sempre di trasformazione, ma che dimentichiamo essere il frutto evolutivo della nostra specie.

13)La scienza della complessità parla di **imprevedibilità**, ma questa **non significa che siamo soggetti al Caso e che qualcosa di impensabile può succedere senza che noi possiamo accorgercene**. Come ho già detto sia a

livello scientifico sia a livello personale non tutto è possibile davanti a noi, ma solo un gradiente che chiamo orizzonte.

14) L'imprevedibilità è l'altra faccia della certezza. Poiché non siamo abituati a convivervi, avendo sempre avuto come riferimento solo leggi e valori assoluti, rimaniamo sconcertati e abbiamo bisogno di ristabilire la fede nelle certezze; solo che **di fronte alla crisi dei punti fermi possiamo stabilire certezze solo drammatizzando l'esistente.**

In passato non mancavano situazioni drammatiche e tutti sapevano che individui e società potevano essere investiti da catastrofi: crisi di approvvigionamenti (es. la benzina), guerre, terremoti, rivoluzioni, crisi sanitarie, incendi e tutto ciò che la storia aveva fatto conoscere. L'aspettativa di quelle situazioni era però accettata non tanto per un inattuale fatalismo, ma perché faceva parte del nostro tessuto genetico e culturale: mio nonno sapeva che poteva scoppiare una seconda guerra, e visse questa aspettativa con la serenità di chi conosce il mondo e la sua storia; sapeva anche che i suoi due figli potevano partire per la guerra e che potevano non tornare. Cosa che successe per uno dei due. Non drammatizzò mai questa realtà.

Oggi invece tutto è cambiato.

L'idea di progresso, articolata in tutti i campi, ha fatto credere che pace, benessere e lunga vita abbiano modificato la storia dell'uomo; gli enormi successi in campo tecnologico, economico, sociale insieme allo sviluppo di società di massa che aprivano le porte alle donne e ad altri gruppi minori hanno cancellato dalla nostra mente i possibili eventi negativi a cui abbiamo assistito nel corso dei millenni.

**Il Sol dell'Avvenire è stato spostato dal piano politico-ideologico a quello individuale.** In questo modo, di fronte ad eventi catastrofici, ma abituati al Bene Assoluto, anzi all'Ottimo Assoluto, non si è avuta la capacità di affrontare secondo esperienza storica e culturale, quanto ci trovavamo a vivere.

E così si è creato e sviluppato un panico artificioso e strumentale.

- 1) Riscaldamento globale e fine della vita sulla Terra, negli scenari apocalittici che abbiamo conosciuto nei discorsi di persone esasperate e in alcuni film assurdi;

- 2) La ricchezza degli studi astronomici ha alimentato il dibattito, permettendo l'elaborazione di teorie completamente astratte, non falsificabili e quindi inutili, degne più della fantascienza che della scienza. Non parlo solo degli alieni, ma soprattutto di quella teoria che ipotizza la scomparsa dell'universo del tutto imprevedibile;
- 3) La disinformazione sull'evoluzione socioeconomica mondiale, per cui nonostante l'evidente miglioramento delle condizioni di vita nell'ultimo secolo, è bastata una crisi (2008, Grecia ecc.) per ricordare che è tutta colpa del capitalismo e prevedere il suo collasso. Non si capisce che esiste anche in natura una transizione di fase, uno stato di turbolenza che sono fattori normali e che l'ordine non è la norma, ma solo uno stadio temporaneo e provvisorio;
- 4) Il ruolo che per la prima volta la donna comincia ad avere ha messo in discussione gli equilibri tradizionali (matrimonio, famiglia, eterosessualità...) e da questa turbolenza si è aperto il vaso di Pandora di comportamenti estremi e ipotesi prive di fondamenti culturali: crisi della famiglia uguale fine della famiglia, crisi dell'amore uguale fine dell'amore. Anche qui niente orizzonti ma il soggettivismo assoluto scambiato per ritorno alla verità e alla certezza,
- 5) Lo stesso vale per popoli ed etnie storicamente perdenti che pretendono un riconoscimento; c'è però chi lo fa nel flusso della storia (Cinesi e Indiani ad esempio) e chi si limita a chiedere risarcimenti (soprattutto afroamericani). Ed ecco il moralismo di woke, cancel culture, con le ridicole esternazioni, non prive di seguito, contro il patriarcato, i maschi, i bianchi.

Si è preferito il panico catastrofista alla riflessione razionale e complessa. Non si fa riferimento alla società libera e aperta per creare nuovi spazi di libertà; non ci si basa sulla ricchezza, tecnologica ed economica, creata per contrastare effetti atmosferici; non si parte dai progressi scientifici per combattere malattie vecchie e nuove. Si tagliano i ponti con la storia e si ripete il Terrore giacobino della Rivoluzione francese.

Nella creazione di queste mie riflessioni, meglio sistematizzate rispetto a precedenti interventi, ho sempre avuto in mente una bussola: **oggi è possibile operare delle scelte a partire dalle conoscenze acquisite**. In questa

sede ho proposto alcuni esempi, ma ciò che deve interessare è il modo con cui ci avviciniamo alle situazioni che viviamo e questo vale soprattutto per quelle realtà che ci impegnano maggiormente e in cui siamo maggiormente coinvolti: l'amore in primis, ma anche l'amicizia e il benessere psicofisico. **Il metodo non le soluzioni**, che possono essere molteplici e variegate. **Il come non il cosa.**

Il metodo scientifico ci ha abituati a gestire la nostra vita come se esistesse sempre una soluzione; ci ha abituati a ragionare per verità ed errore, come due aspetti contrapposti e non come due elementi parziali e non assoluti di un'unica situazione. I risultati ottenuti in campo scientifico e l'evoluzione positiva delle relazioni sociali hanno mostrato la validità di quel metodo, ma anche il suo carattere limitato. Limitato agli aspetti sostanzialmente semplici dei problemi che venivano affrontati. Oggi che è esplosa la complessità in tutto ciò che viviamo, quel metodo risulta riduttivo ed estremamente parziale.

*Da un lato* ci accorgiamo che qualcosa non torna più e, invece di andare alla radice, ci ingegniamo a creare orpelli su orpelli, *dall'altro* siamo tentati di tornare alla nostra "comfort zone" visto che ha funzionato per tanti secoli. E così continuiamo a dicotomizzare: **res cogitans e res extensa, natura e cultura, fede e ragione, sentimento e mente, Occidente e Oriente.**

Ci sono situazioni in cui solo una strada è percorribile per uscirne positivamente, ma ormai sono poche, perché la maggior parte che ci vede coinvolti ha bisogno di spazio e tempo, ha bisogno di avvicinarsi al problema, di studiarne le relazioni, di valutare in base all'esperienza e alla teoria acquisita, per procedere attraverso il metodo "trial and error". Si tratta di qualcosa di diverso dal motto "sbagliando s'impara" perché questo partiva dal presupposto che fosse nota la risposta giusta. Non è un caso che a livello scientifico sia mutata la nozione di problema: prima era qualcosa che aveva una soluzione, mentre oggi ha recuperato il valore etimologico, *pro-ballein, gettare avanti, affrontare.*

Un tempo si trattava di risolvere un problema ed esisteva una ed una sola via per farlo, in modo tale che la soluzione era perfetta, nel senso etimologico del termine, *per-facere, fatta completamente, in tutto e per tutto.* Oggi si sente sempre più spesso dire "non sono perfetto, ma ci provo" ed è un

involontario riconoscimento della mutata condizione del conoscere, ma non se ne coglie né il senso né il valore.

La condizione dello studioso e dell'uomo comune contemporanei non sono poi così distanti, perché entrambi hanno bisogno di realizzare **un salto epistemologico**, che permetta di cambiare quel metodo che continua a essere il nostro metodo conoscitivo: semplicismo, riduzionismo, valori assoluti.

Basterebbe cominciare da piccole cose, un'amicizia, un amore, una relazione, un piccolo sguardo dentro di noi per allenarsi e abituarsi al nuovo metodo. Il salto epistemologico è tutto qui; non occorre conoscere le formule dei *"numeri quantici e delle codifiche convenzionali"*; per cominciare è sufficiente provare con uno dei tanti percorsi proposti in questa sede.

Purtroppo, incapaci di fare questo passo i più o continuano a credere in verità che ben presto si rivelano eteree oppure oppongono alle leggi universali e alla conoscenza oggettiva il Caso che nega la nostra responsabilità.

**Noi però sappiamo: né Caso né Leggi universali, ma Orizzonti.**

**NA BIBLIOGRAFIA AMPIA**  
**UTILE PER ENTRARE NEL MONDO DELLA COMPLESSITA'**

Questo capitolo presenta un'ampia bibliografia che può aiutare ad approfondire i temi affrontati e sviluppati nei capitoli precedenti. In parte si tratta di testi a cui ho fatto riferimento in questo lavoro e in parte invece si tratta di opere che possono completare quanto sin qui presentato.

Ho suddiviso i libri in base alla disciplina di riferimento, senza pretese accademiche, sapendo bene che oggi non esiste più una demarcazione netta tra le diverse materie, come ho anche mostrato nei diversi capitoli.

Naturalmente si tratta di una bibliografia che va oltre i limiti imposti dallo studio della complessità e dei fenomeni complessi, perché ogni libro che qui viene riportato ha contribuito, da solo o in collegamento con altri, del tutto o per piccole parti, allo sviluppo delle riflessioni che animano il mio testo e al percorso che mi ha portato proprio in termini reticolari a quanto esposto. Poiché una bibliografia come questa sebbene ampia rimane ancora arida, nel prossimo e ultimo capitolo produrrò una bibliografia ragionata, non esaustiva di tutti i testi qui esposti, ma seguendo un filo tematico, in modo da poter orientare chi fosse interessato in questa direzione.

<b>FISICA</b>			
I.Prigogine- I. Stengers	La nuova alleanza. Metamorfosi della scienza	Einaudi	1981
I.Prigogine	La fine delle certezze	Bollati Boringhieri	1997
I.Stewart	Dio gioca a dadi? -	Bollati Boringhieri	1993
R. Laughlin	Un universo diverso	Codice ed.	2005

A.Aczel	Entanglement	Cortina	2004
A.Aczel	Chance	Cortina	2005
C. Marletto	The science of I can and I can't	Penguin Books,	2021
A.Geffer	Due intrusi nel mondo di Einstein	Cortina	2015
M. Kumar	Quantum	Mondadori	2010
J. Bernstein	Salti quantici	Adelphi	2013
L. Smolin	La rinascita del tempo	Einaudi	2014
J. Barrow	I numeri dell'universo	Mondadori	2003
S. Hawking	La teoria del tutto	Rizzoli	2003
S. Hawking	Dal big bang ai buchi neri	Rizzoli	1998
S. Hawking	Breve storia del tempo		1988
A.Gargani	Lo stupore e il caso	Laterza	1985
G.C. Ghirardi	Un'occhiata alle carte di Dio	Il saggiatore	2015
L. Lederman-C. Hill	Fisica quantistica per poeti	Bollati Boringhieri	2013
C. Rovelli	Sette brevi lezioni di fisica	Adelphi	2014
C. Rovelli	L'ordine del tempo	Adelphi	2017
C. Rovelli	Helgoland	Adelphi	2020
T.S. Kuhn	La tensione essenziale	Einaudi,	1985
I.Laszlo	Evoluzione	Feltrinelli	1985
G. Galilei	Il Saggiatore		1623
G. Galilei	Il discorso sopra i massimi sistemi del mondo		1632
R. Descartes	Discours sur la méthode		1637

## NEUROSCIENZE

A.Damasio	L'errore di Cartesio	Adelphi	1995
A.Damasio	Emozione e coscienza	Adelphi	2000
A.Damasio	Il sé viene alla mente	Adelphi	2010
D. Schacter	Alla ricerca della memoria	Einaudi	1996
V.S. Ramachadran	L'uomo che credeva di essere morto	Mondadori	2012
V.S. Ramachadran	Che cosa sappiamo della mente	Mondadori	2004
G. Edelman	Seconda natura	Cortina	2007
D. Eagleman	Il tuo cervello. La tua storia	Corbaccio	2016
D. Eagleman	In incognito	Mondadori	2012
G. Rizzolatti-C. Sinigaglia	So quel che fai. Il cervello che agisce e i neuroni specchio	Cortina	2006
M. Piattelli Palmarini	Chi crediamo di essere	Mondadori	2011
R. Penrose	La mente nuova dell'Imperatore	Sansoni	1992
K. Redfield Jamison	Una mente inquieta	TEA ed.	2006 (ex 1995)

## EPISTEMOLOGIA

M. M. Walldrop	Complessità. Uomini e idee al confine tra ordine e caos	Instar Libri	1995 (ex. 1987)
M. Ceruti	Il vincolo e la possibilità -	Feltrinelli	1996
AA.VV.	La sfida della complessità	Feltrinelli	1985

M. Ceruti	La fine dell'onniscienza	Studium ed.	2014
N. Negroponte	Essere digitali	Sperling e Kupfer	1995
G. Gadamer	Verità e metodo	Bompiani	1983 Ex.1960
A-L. Barabasi	Link	Einaudi	2004
M.Buchanan	Nexus	Mondadori	2003
B. Mandelbrot	Gli oggetti frattali	Einaudi	1987
B. Mandelbrot- R. Hudson	Il disordine dei mercati	Einaudi	2005
F. Varela	Un know-how per l'etica-	Laterza	1992
Maturana-Varela	L'albero della conoscenza	Garzanti	1987
M. Taylor	Il momento della complessità	Codice	2005
F. Von Hayek	L'ordine sensoriale	Rusconi	1990 (1952)
T. Wolfe	Il regno della parola	Giunti	2016
T. Pievani	La vita inaspettata	Cortina	2011
N. Taleb	Antifragile	Il Saggiatore	2013
A.L. Saxenian	The new argonauts	Harvard	2006
P.W. Anderson - K.J.-Arrow - D. Pines -	The economy as an evolving complex system	CA:Addison-Wesley	1988
Enciclopedia Einaudi	Prigogine-Stengers Organizzazione (vol.10) Vincolo (vol. 14)	Einaudi	1980
F. Varela	Principles of biological Autonomy	North Holland	1979

Atlan, H.	Ruolo positivo del rumore nella teoria dell'informazione ecc	Annali di fisiologia, biologia e medicina.	1970
Atlan, H.	Entre le cristal et la fumée	Seuil, Paris.	1979
Bateson, G.	Una sacra unità. Altri passi verso un'ecologia della mente,	Adelphi	1997
J. Brockman	I nuovi umanisti	Garzanti	2005
Bocchi, G.-Ceruti, M	Origini di storie,	Feltrinelli	1993
Gould, S. J.	La vita meravigliosa	Feltrinelli,	1990
Morin, E. (a cura di)	Rélier les connaissances. Le défi du XXI siècle	Seuil, Paris.	1999
Morin E.	Scienza con coscienza	F. Angeli	1984
Morin E.	L'uomo e la morte	Newton Compton	1980
Morin E.	I sette saperi necessari all'educazione del futuro	Cortina	2001
JP. Changeux-p. Ricoeur	La natura e la regola	Cortina ed.	1999
AA.VV.	A companion to epistemology	Blackwell	1993
N. Mancini	Errore della scienza	L'arco Firenze	1950
Y. Bar-Yam	Making things work	Necsi	2004
T. Stoppard	Arcadia	Einaudi	2003 ex.1993

## STORIA-SOCIOLOGIA

C. Darwin	L'origine della specie		1859
C. Darwin	L'origine dell'uomo e la selezione sessuale		1871
I. Berlin	Il potere delle idee	Adelphi	2003 ex.1988
H. Arendt	Vita activa	Bompiani	2008 ex.1958
Ortega y Gasset	La ribellione delle masse	SE	2001 ex. 1930
F. Savater	Dizionario filosofico	Laterza	1996
E. Canetti	Massa e potere	Adelphi	1981 ex.1960
P. Ricoeur	Soi-même comme un autre	Ed. du Seuil	1990
G. Lipovetsky	L'ère du vide	Gallimard	1999
J.L.Gaddis	The landscape of history	Oxford University Press	2002
J. Diamond	Armi, acciaio e malattie	Einaudi	1998
D. S. Landis	La ricchezza e la povertà delle nazioni	Garzanti	2000
R.B. Reich	L'economia delle nazioni	Il Sole 24 ore	1993
M. Shellenberger	Apocalypse never	Harper Collins	2020
B. Lonborg	False alarm	Basic Books N.Y.C.	2020

P. Bruckner	La tirannia della penitenza	Guanda	2007
P. Bruckner	Il fanatismo dell'apocalisse	Guanda	2014
R. Zitelmann	La forza del capitalismo	IBL Libri	2020
R. Hughes	La cultura del piagnisteo	Adelphi	1994
R. Descartes	Meditazioni metafisiche	Laterza	1997
F. Rampini	Suicidio occidentale	Mondadori	2022
R. Aron	L'oppio degli intellettuali	Lindau	2017 ex.1955
N. Ferguson	Occidente	Mondadori	2011
R. Stark	La vittoria dell'occidente	Lindau	2014
B. Gates	La strada che porta a domani	Mondadori	1995
B. Gates	Business@lla velocità del pensiero	Mondadori	1999
G. Easterbrook	Sonic boom	Random house	2009
B. Benedettelli	50 sfumature di violenza	Cairo ed.	2017
O.Pétre-Grenouilleau	La tratta degli schiavi	Il mulino	2006
S. Pinker	Il declino della violenza	Mondadori	2013

## I MIEI LAVORI SUL TEMA SPECIFICO DELLA COMPLESSITA'

Within the network of the mind: emotions, feelings, thought (appendix on aesthetics: impossibility of a horizon)	Eta Beta Milano	2023
Appunti sull'estetica: impossibilita' di un orizzonte	Eta Beta Milano	2022
Parole e il labirinto della vita	Eta Beta Milano	2022
Words and complexity	Eta Beta Milano	2022
corso di letteratura non deterministica	Eta Beta Milano	2021
Dodici lezioni di Storia. Flussi.	Eta Beta Milano	2020
Lascia che il tarlo scavi, lascia la piaga gemere: amore e complessità	Eta Beta Milano	2019
Viaggio e labirinto	Eta Beta Milano	2019
La poesia costruisce l'io	Eta Beta Milano	2018
I cipressi di San Cornelio	Firenze	2010
Dentro la rete: la storia e il pensiero complesso	FIRENZE	2004

## TESTI IN LINGUA STRANIERA DI NON FACILE REPERIBILITA'

Jantsch E.	The self-organizing universe	(Pergamon Press, Oxford 1980)
Eigen M., Winkler-Oswatitsch R. - (orig. in tedesco)	Laws of game. How the principles of nature govern chance-	(Penguin Books, Harmondsworth 1975)

Ekeland I.	Le calcul, l'imprevu-	(Paris, Seuil 1984)
Ekeland I.	Au hasard-	(Paris, Seuil 1991)
Atias C., Le Moigne J.L.- Morin (a cura di)	Epistemologie de la complexité.	
Morin E., Piattelli-Palmarini M. (a cura di)	L'unité de l'homme	(Seuil, Paris 1974):
Von Foerster H.-	Notes pour une epistemologie des objets vivants.	
Livingstone P.	-Disorder and Order (	Anma Libri, Stanford 1984):
Von Foerster H.	Disorder/Order: Discovery or Invention?	
Maturana H.	Biology of language. The epistemology of reality.	
Stengers I.	Quelle histoire pour les sciences? in Histoire des sciences et psychogenese	Cahiers de la fondation Archives Jean Piaget, n.4. 1983
AA.VV.	La querelle du déterminisme. Philosophie de la science d'aujourd'hui-	Paris, Gallimard 1990)
Morin, E.	<i>La méthode,</i>	Seuil, Parigi. (1977-2001),
Poincaré, H.	<i>Méthodes nouvelles de la mécanique céleste,</i> Paris.	, Paris. (1899)
Poincaré, H.	<i>Le hasard</i> in Science et méthode	Paris. (1914)

Pierre Bergé, Yves Pomeau e Monique Dubois-Gance	Des rythmes au chaos	Odile ed. 1994
D. Ruelle	Chance and chaos	Princeton 1993

**UNA BIBLIOGRAFIA RAGIONATA**  
UTILE PER ENTRARE NEL MONDO DELLA COMPLESSITA'

I libri indicati nella precedente bibliografia contenevano solo autore, titolo, casa editrice e anno di pubblicazione; in più li avevo suddivisi in base alla disciplina di riferimento, senza pretese accademiche, sapendo bene che oggi non esiste più una demarcazione netta tra le diverse materie, come ho anche mostrato nei diversi capitoli.

Ho già detto che si tratta di una bibliografia che va oltre i limiti imposti dallo studio della complessità e dei fenomeni complessi, perché ogni libro lì riportato ha contribuito, da solo o in collegamento con altri, del tutto o per piccole parti, allo sviluppo delle riflessioni che animano il mio testo e al percorso che mi ha portato proprio in termini reticolari a quanto esposto.

In questo ultimo capitolo produrrò una bibliografia ragionata, non esaustiva di tutti i testi esposti, ma seguendo un filo tematico, in modo da poter orientare chi fosse interessato in questa direzione.

### **POCHI LIBRI**

Questa parte è rivolta a chi si avvicina per la prima volta al mondo della complessità volendo coprire diverse aree che gli permettano di avere quelle basi necessarie da cui poter procedere per successivi approfondimenti.

Per quanto riguarda la **FISICA** il mio suggerimento è:

- 1) I. Stewart, Dio gioca a dadi? Bollati Boringhieri- 1993;
- 2) A. Aczel, Entanglement. Cortina Edizioni- 2004.

Si tratta di due libri che possono essere letti anche da persone di media cultura.

**Il primo** propone uno sguardo ampio, fatto di esempi, che ripercorre quanto si è andato scoprendo a partire dalla fine dell'Ottocento. Il titolo richiama alla mente una celebre sentenza di Einstein per il quale, come si è visto nel corso dei capitoli, quanto emergeva dalla fisica quantistica doveva essere ricondotto all'interno dei paradigmi noti, per cui espresse la frase che *“Dio non gioca a dadi”* con la quale intendeva riprodurre la visione deterministica diffusa dalla scienza del 1600.

Nel libro si parla di Caos e di ordine, di errore, dei fenomeni strani che sempre più si presentavano agli studi degli scienziati; ci si interroga sulla struttura della realtà e su come non sia più possibile rinchiuderla in schemi e leggi validi per sempre. Insomma, un libro che ci aiuta a comprendere quanto è di volta in volta emerso nella ricerca scientifica contemporanea.

**Il secondo** affronta l'argomento più controverso della fisica quantistica, quello dell'entanglement, ma non si limita a questo, fornendo i retroscena storici e concettuali che hanno portato i fisici a mettere in discussione i paradigmi galileiani, cartesiani e newtoniani. Non è stato un processo semplice che si è sviluppato sempre di più dopo l'affermazione del principio di Heisenberg. La seconda parte del libro si concentra sull'intervento di Einstein (EPR) e la sua incapacità di riconoscere la rottura di quei paradigmi: l'autore segue passo dopo passo quel conflitto e mostra le diverse fasi che hanno dimostrato l'errore di Einstein e l'affermazione della fisica quantistica anche nei suoi concetti più radicali. Ciò avviene in maniera non superficiale e comprensibile, anche senza bisogno di entrare dentro le formule proposte. Il libro si conclude mostrando le prospettive che l'affermazione dell'entanglement aprono alla ricerca e all'innovazione tecnologica.

Per quanto riguarda le **NEUROSCIENZE**:

- 1) A. Damasio, *L'errore di Cartesio*. Adelphi- 1995;
- 2) D. Schacter, *Alla ricerca della memoria*. Einaudi- 1996;  
(in alternativa) V.S. Ramachadran, *L'uomo che credeva di essere morto*. Mondadori-2012.

**Damasio** è un neuroscienziato che opera da decenni sul campo e che non si limita alla divulgazione. I suoi libri coprono un trentennio e l'ultimo è del 2022: egli ha elaborato teorie coerenti a partire dalla sua attività clinica di neuroscienziato sviluppando aspetti sempre nuovi e risposte più approfondite agli interrogativi precedenti. Damasio riporta numerose esperienze e dagli interrogativi che queste hanno posto ha elaborato una serie di riflessioni che svilupperà nei libri successivi. La conclusione più importante riguarda "*L'errore di Cartesio*" che solo l'attività di ricerca recente in campo neuroscientifico ha permesso di evidenziare. L'errore consiste essenzialmente nella separazione tra "*res cogitans e res extensa*", cioè tra lo e mondo, tra Soggetto e Oggetto. Quella separazione ha

condizionato lo sviluppo scientifico nei secoli successivi e ha avuto anche molti meriti, ma oggi non è più accettabile. Riconosciamo infatti che quei due aspetti non possono essere separati, ma che esiste una continua interrelazione tra ciò che chiamo Soggetto e quello che definisco, arbitrariamente, il mondo. Non è più solo la fisica quantistica a mettere in discussione la teoria e le sue conseguenze; ora anche le neuroscienze aprono nuovi interrogativi e forniscono risposte a quegli interrogativi: ecco come la complessità non è una tesi filosofica ma sboccia dalla ricerca in rapporto a quanto acquisito fino ad ora.

**I due libri proposti sulla memoria** mostrano come gli sviluppi in campo neuroscientifico abbiano chiarito meglio struttura e funzioni della memoria, superando quanto era considerato verità ancora pochi anni fa. Anche in questo caso i due libri propongono moltissimi casi studiati dai neuroscienziati e sviluppano le conseguenze che da essi derivano. Si tratta di casi clinici, talvolta bizzarri, ma che hanno permesso di comprendere meglio cosa si nasconde nel nostro cervello: non sono risultati definitivi e la materia è in continua evoluzione, ma entrambi i libri rappresentano la base degli studi in questo campo e ci mostrano quanto ancora ci sia da fare e soprattutto ci fanno comprendere la distanza abissale tra le nuove scoperte e il senso comune che fatica a staccarsi, in questo come in altri campi, dalle acquisizioni assunte per secoli e ormai diventate solo degli stereotipi.

Per quanto riguarda la **COMPONENTE EPISTEMOLOGICA**:

- 1) M. M. Walldrop, *Complessità. Uomini e idee al confine tra ordine e caos*. Instar Libri-1995 (ex. 1987);
- 2) M. Ceruti, *Il vincolo e la possibilità*. Feltrinelli- 1996.

Di **entrambi i libri** ho parlato abbastanza nei diversi capitoli, l'8° per il primo e il 9° per il secondo. Nei capitoli c'è sufficiente materiale per essere invogliati a una lettura completa e personale dei due testi.

**Il primo** segue passo per passo la strategia del Santa Fe Institute, dei suoi ricercatori e Premi Nobel, e di come si stesse delineando già 30 anni fa un nuovo percorso di indagine basato sull'interconnessione tra diverse discipline.

**Il secondo** è invece più teorico e sviluppa in quella sede quanto emergeva in misura crescente dalla ricerca in campo fisico, biologico, informatico e altro. Il titolo spiega in maniera chiara il senso di tutto il percorso teorico di Ceruti e smentisce luoghi comuni molto diffusi: il vincolo, ovvero il sistema nel quale ci troviamo ad operare con i suoi limiti e confini, non è un ostacolo a una libertà astrattamente intesa come qualcosa che è capace di fare tutto, ma rappresentano il punto di partenza per le possibilità che si aprono davanti a noi. La ricerca sul campo e la riflessione teorica mostrano i nuovi orizzonti che abbiamo di fronte e come questo metta in discussione l'approccio tradizionale, fattosi sempre più ideologico anche in campo scientifico.

Per quanto riguarda la **COMPONENTE STORICO-SOCIOLOGICA**:

- 1) R.B. Reich , L'economia delle nazioni. Il Sole 24 ore- 1993;
- 2) D. S. Landis, La ricchezza e la povertà delle nazioni. Garzanti – 2000;  
(o in alternativa) J. Diamond, Armi, acciaio e malattie. Einaudi – 1998.

Una delle acquisizioni poste dalla Scienza in tempi recenti è il carattere storico di ogni fenomeno, quella che Prigogine chiama "*la freccia del tempo*". Naturalmente, partendo da questo presupposto non dovrebbe esistere una disciplina storica in quanto tale, ma ogni disciplina dovrebbe proporre anche una dimensione storica, oltre che teorica. Purtroppo, si tratta di un terreno che fatica, e molto lentamente, a scrollarsi di dosso quell'aura di "specificità speciale" che l'ha sempre contraddistinta. Troppo spesso si parla di **Storia** (vedi i manuali liceali) come qualcosa che ha a che fare soprattutto con la politica. Con la presenza sempre maggiore di altri fenomeni, economici culturali sessuali sociali comunicativi..., si è cercato di allargare a questi lo studio della Storia, passando così da una Storia Totalizzante a una Storia Frammentata. In fondo è quanto sottolineo nei miei lavori: è il passaggio dai "lanternoni" ai "lanternini" di cui parlava Pirandello: dalle leggi universali al relativismo culturale.

I libri teorici che hanno cercato di muoversi in questa nuova direzione non sono molti e tra questi ho citato il testo di Gaddis e i contributi al Convegno organizzato da Morin nel 1999 dal titolo *Rélier les connaissances*, ma il primo è in inglese e il secondo in francese. Per questo preferisco proporre due testi che per il loro valore metodologico fanno capire come si muova la storia in ambito sociale con riferimento al presente-futuro e alla ricostruzione-

comprensione del passato. Sono libri che entrano nel merito della realtà e che per questo smantellano i tradizionali approcci.

**Il primo libro** è stato scritto dal Ministro dell'Economia di Bill Clinton e fornisce un quadro ampio delle trasformazioni in atto nell'era della Rivoluzione Informatica e della Globalizzazione. Il suo valore sta proprio nel fatto che 30 anni dopo le linee evolutive indicate sono state ampiamente confermate e rappresentano ancor oggi un punto di riferimento per chi volesse confrontarsi con la storia dei giorni nostri. È incomprendibile come, nonostante ciò, nelle scuole, nei mezzi di comunicazione, in politica si continui ad ignorare quanto espresso in quel libro. Si continua a ragionare e a fare proposte come se la realtà mondiale fosse ancora quella degli anni '60; in questo senso alcuni argomenti risultano decisivi e decisiva risulta la comprensione o meno di questi sviluppi: 1) *Dagli alti volumi di produzione all'alto valore aggiunto;* 2) *La nuova struttura reticolare dell'impresa;* 3) *La fine dei campioni nazionali;* 4) *Le tre mansioni del futuro;* 5) *La formazione degli analisti simbolici.*

Le tematiche e le linee di tendenza proposte entrano in diretto contatto, sul terreno proprio della realtà sociale, con tutti gli aspetti evidenziati dal pensiero complesso nelle sue svariate sfaccettature, dal Santa Fe Institute al NECSI alle riflessioni europee.

**Il secondo libro** ci riporta con i piedi per terra dopo i 150 anni di sbornia ideologica e moralistica. L'autore offre una ricostruzione storica ampia e documentatissima obbligandoci a fare i conti con eventi e realtà che ignoriamo o sottovalutiamo. Andando al di là del relativismo storico Landes, Professore Emerito ad Harvard, ci ricorda il peso che la natura e la geografia non hanno mai smesso di esercitare e come il ruolo preminente in epoche diverse di società non occidentali, come quella cinese, quella islamica, giapponese, precolombiana o quella indiana, abbiano dovuto soccombere di fronte ad elementi di sviluppo che non sono dipesi né dal Caso né da Forze del Male né da valori morali, ma che rinviano ad aspetti culturali codificati, confermati e conformati. I numerosi esempi sono lì a dimostrare la tesi e a fornire un metodo per leggere la realtà di qualsiasi epoca, come quello dell'orologio, strumento inventato dai cinesi, ma usato solo come oggetto estetico, dal momento che verità assoluta era la convinzione che il Celeste

Impero coincidesse col Mondo Intero. Insomma, i vinti di un tempo possono risultare i vincitori di oggi, e viceversa: ciò che conta in realtà è la capacità di dar vita a strumenti sociali di cui possa beneficiare un sempre più ampio strato di popolazione. E questo vale per il cibo, i beni di consumo quotidiano, ma anche le possibilità culturali e le istituzioni stesse. Naturalmente il processo non è lineare, ma molto articolato, reticolare, in una parola complesso.

## **TUTTA LA BIBLIOGRAFIA**

Qui di seguito un rapido excursus sull'insieme degli altri libri proposti.

### **1)FISICA**

Per chi volesse procedere con ordine dovrebbe cominciare con *Cartesio e Galileo* per ritrovare quei concetti che sono alla base della scienza moderna. Anche i libri di *Hawking* potrebbero rappresentare una pietra di paragone nell'ambito della tradizione, sebbene negli ultimi anni abbia riconsiderato la possibilità di dar vita a una "Teoria del tutto", quella teoria che andrebbe contro le novità introdotte dalla scienza della complessità.

Nel campo di queste novità può essere utile leggere i libri di *Prigogine*, che possono anche essere seguiti saltando le parti più propriamente matematiche e che fondano quanto verrà sviluppato successivamente: *La fine delle certezze*.

Altri testi di carattere generale sono quelli del Premio Nobel *Laughlin*, dello studioso di cui ho parlato, *Aczel*, e della giovanissima scienziata italiana *Chiara Marletto*.

Per chi volesse addentrarsi nella specificità della fisica quantistica allora ci sono i libri di *Kumar*, *Bernstein* e anche *Lederman*.

I due *Gefter*, figlia e padre, si interrogano sui problemi connessi alla fisica contemporanea e lo fanno in modo molto discorsivo dialogando con i protagonisti. I libri di *Kuhn e Laszlo* sono un po' datati, mentre i libri di *Rovelli*, scienziato e divulgatore, possono essere un riferimento, sebbene il testo sul tempo si ponga in alternativa a quello di *Smolin*.

Con questi ultimi libri siamo però un po' distanti dal voler approfondire in modo più diretto il concetto di complessità.

## **2)NEUROSCIENZE**

In questo campo il punto di riferimento non può che essere *Damasio* sia per l'attività sul campo sia per la ricerca teorica. Ho già citato *Schacter e Ramachadran* per quanto riguarda la memoria. Un grande classico è il libro di *Penrose*, ma possono essere utili anche *Edelman e Eagleman*, mentre per un approfondimento più discorsivo allora si possono leggere sia *Piattelli Palmarini* sia *Sinigaglia*.

L'ultimo libro proposto, *Una mente inquieta*, è il resoconto di una scienziata che ha convissuto con la sindrome bipolare, un importante punto di vista dall'interno in cui i risultati della ricerca scientifica dialogano con l'esperienza personale quotidiana della persona.

## **3)EPISTEMOLOGIA**

Questa parte è quella che offre una gran quantità di testi di più facile lettura in cui si snoda attraverso diverse prospettive lo sviluppo in chiave epistemologica del pensiero complesso.

Il testo del filosofo *Gadamer* pone le basi teoriche cui farà riferimento Ceruti nel libro proposto. A parte questo c'è il gruppo legato a *Morin con Ceruti, Bocchi e Pievani* ed è quello che ha insistito maggiormente sul concetto di complessità: a questo proposito per chi volesse avere un inquadramento generale c'è *La sfida della complessità* curato da Morin ma con numerosi interventi dei principali protagonisti di questo nuovo approccio.

*Mandelbrot* è importante per quanto riguarda i frattali, *Barabasi e Buchanan* per il concetto di rete con una vasta documentazione, mentre uno dei fondamenti teorici legati alla società prodotta dalla rivoluzione informatica è il libro di *Negroponte, Being digital*, che si trova anche nella traduzione italiana. Tra gli altri libri che privilegiano ora questo ora quell'aspetto un importante riferimento deve essere in *La sacra unità di Bateson*.

E' utile sapere che tutti questi libri affrontano l'argomento attraverso un rapporto continuo con vari aspetti della realtà, perché l'approccio epistemologico alla complessità non si muove più solo in chiave teorica ma

proponendo concetti stimolanti a partire dall'esperienza comune e verificandoli di conseguenza.

Concetti stimolanti non Verità assolute.

C'è infine *Arcadia* di *Stoppard* perché si tratta di un'opera teatrale in cui vengono sviluppati, nel dialogo tra i personaggi, diversi aspetti delle nuove acquisizioni scientifiche che hanno dato vita anche ad espressioni emblematiche, come la celebre frase "*Le montagne non sono piramidi e gli alberi non sono conifere*".

#### **4)STORICO-SOCIOLOGICO**

Nell'elenco proposto occorre procedere a una successiva suddivisione.

Esistono **opere di carattere generale** che rappresentano un quadro di riferimento necessario se si vuole una ampia panoramica sull'evoluzione della cultura intesa come l'insieme di elementi caratteristici delle diverse società. In questo quadro rientrano *Descartes, Darwin, Berlin, Arendt, Ortega y Gasset, Canetti, Aron, Ricoeur e Savater*.

Ci sono poi i **libri più di carattere storico** ma legati alla società contemporanea come le opere di *Gaddis, Diamond, Bruckner, Hughes, Ferguson e Stark*.

Infine ci sono **libri più legati a temi attuali** ma che sono trattati in una prospettiva che va al di là della cronaca e che individua invece dei nodi evolutivi: abbiamo così *Shellenberger e Lomborg* per una riflessione non semplicistica delle problematiche ambientali; *Gates, Easterbrook, Zitelman, Rampini, Pinker e Benedettelli* per una riflessione sulle dinamiche sociali, economiche e politiche troppo spesso affrontate in termini ideologici.

Ho aggiunto poi l'unico libro che conosco che affronta il tema della schiavitù in modo molto approfondito e attraverso una ricchissima documentazione proponendo finalmente una lettura del fenomeno storicamente determinato.

Ho messo anche *L'era del vuoto* di *Lipovetsky* come esempio fondante di quel relativismo culturale che si colloca agli antipodi del pensiero complesso e traccia le linee della così detta *cultura post-moderna*.

#### **5) IL PERCHE' DEI MIEI LIBRI**

Ho deciso di inserire nella bibliografia anche i miei lavori non perché pensi che siano dei capolavori né per farmi bello, ma perché sono il frutto di una riflessione che in questo secolo è andata allargandosi e approfondendosi nei temi che hanno contribuito alla formazione della mia persona. Tra l'altro, se nei social italiani non hanno lasciato traccia, lo stesso non si può dire all'estero e in particolare sul sito Academia.edu e nei gruppi su Facebook dove sono stati occasione di discussione e anche di un certo apprezzamento. Come Professore di Letteratura e Storia ho approfondito questi temi cercando di coniugare quanto insegnato alle Superiori con i nuovi riferimenti alla complessità: per quanto riguarda la storia il libro del 2004 *“Dentro la rete: la storia e il pensiero complesso”* affronta il tema a livello metodologico, ponendo così le basi delle mie lezioni in Italia, Brasile e Francia; 15 anni dopo ho deciso di riprendere gli argomenti sviluppati nelle mie lezioni e fornire una lettura degli eventi tra il 1000 e il 2000 alla luce della complessità: *Dodici lezioni di Storia. Flussi*.

La Letteratura è stata, oltre che materia d'insegnamento, fonte decisiva nella costruzione della mia persona. Ho scritto molto, ma soprattutto, mettendo a frutto quanto proposto nelle mie lezioni, ho creato il testo *“Corso di letteratura non deterministica”* a cui ho lavorato per più di un decennio e che non è certo un manuale anche se diviso per autori. È stato preceduto da un libro in cui metto in evidenza il legame tra la poesia e la costruzione della persona, *“La poesia costruisce l'IO”*. Il legame tra scienza e letteratura che si è fatto molto più profondo negli ultimi 150 anni fornisce una lettura non convenzionale e originale per quanto riguarda il fenomeno letterario.

Un altro lavoro che ritengo originale è quello relativo all'amore, tema decisivo per me e per l'età che viviamo: *“Lascia che il tarlo scavi, lascia la piaga gemere: amore e complessità”*. Fuori dai luoghi comuni sull'amore che inondano la comunicazione e avendo come riferimento l'unico testo sull'amore che fornisca basi serie, *“La doppia fiamma”* di Octavio Paz, esso cerca di fornire un orizzonte credibile e vivibile grazie all'incontro tra la mia storia personale e i riferimenti alla complessità. Lo stesso vale anche per *il libro sulla Parola*, tradotto anche in inglese, in cui ho cercato di portare alla luce la ricchezza della parola così come ci ha insegnato a fare la poesia moderna, ricchezza e carattere decisivo in una società inondata dalla quantità di parole ridotte però a strumenti “usa e getta”.

L'importanza del viaggio è stato un altro tema che ho sviluppato e lo stesso vale per ciò che riguarda le emozioni, i sentimenti e il pensiero, oltre a una riflessione senza pretese sull'estetica, termine anche questo dato per scontato e dunque privo di consistenza.

Il libro che rappresenta meglio la costruzione della mia persona attraverso la frammentarietà della mia esistenza e che rappresenta a livello di metodo ciò che io ritengo oggi debba essere la prospettiva della scrittura è "*I cipressi di San Cornelio*", che ha avuto un riconoscimento al Premio Città di Castello del 2018.

#### 6) TESTI IN LINGUA STRANIERA DI NON FACILE REPERIBILITA'

Ho voluto aggiungere anche alcuni libri che forse oggi sono più facili a reperire grazie ad Amazon e che ho potuto leggere solo perché ho vissuto più di dieci anni all'estero.

Tra quelli che ho indicato possono essere utili:

*La méthode* di Morin ormai anche in traduzione italiana, un'opera enorme di grande spessore; i libri di Von Foerster e Livingstone su ordine, disordine e rumore; il libro di Isabelle Stengers sul tema della storia nelle scienze.