



# *Informazione, ridondanza, ambiguità*

Giuseppe O. Longo\*

## *1. Contesto e riduzionismo*

Nel Novecento è avvenuta una grande svolta epistemologica, legata all'informazione, al significato, alla ridondanza, all'ordine e alla struttura, che si contrappone in modo radicale a quella delle scienze della natura, in particolare della fisica.

Quali sono le differenze tra queste due epistemologie, quella classica, che risale più o meno a Galilei e che forse è ancora dominante, e quella nuova, ormai robusta ma non ancora compiutamente sviluppata?

In primo luogo, mentre la fisica raggiunge i propri risultati grazie a una semplificazione che consiste nel sopprimere il contesto e nel considerare solo sistemi e fenomeni isolati, nell'epistemologia informazionale *il contesto è fondamentale*: non vi sono fenomeni, eventi, comunicazioni, accadimenti, trasformazioni che non siano essenzialmente inseriti in un contesto, nel senso che solo dal contesto essi ricevono il loro significato e solo in base ad esso possono essere descritti e spiegati.

In altre parole: mentre la fisica ha ottenuto e in buona parte ancora ottiene i suoi cospicui risultati attraverso la pratica del riduzionismo, cioè grazie all'eliminazione di tutti i legami che a priori connettono il fenomeno o il sistema considerato al conte-

\* Ordinario di Teoria dell'informazione all'Università di Trieste. E' autore di numerosi importanti testi scientifici, saggi, romanzi, racconti e opere teatrali.

sto più ampio; nel campo dell'informazione e della comunicazione questi nessi non possono essere recisi perché costituiscono le *relazioni* che definiscono il fenomeno per quello che è.

Che nell'ambito della comunicazione il contesto sia importante, anzi ineliminabile, è peraltro noto a tutti dalla comune esperienza della lettura: ogni lettera è inserita in una sillaba, ogni sillaba in una parola, ogni parola in una frase, e così via; e ciascun elemento riceve il proprio significato da tutti i contesti più ampi, cioè dagli elementi di livello superiore di cui è parte. Come si vede, in genere esistono più contesti, di ampiezza diversa, contenuti l'uno nell'altro. Inoltre si osservi che se la parola riceve il suo significato dalla frase, la frase a sua volta lo riceve dalle parole che la compongono: la nozione di *significato contestuale* non è lineare o unidirezionale, bensì *circolare*.

## 2. Linearità e complessità

La scoperta di questa circolarità è di enorme importanza, perché la prima impressione che si può avere nei confronti del mondo è che esso funzioni in base a *catene causali lineari*, che hanno origine in un certo punto (spesso arbitrario, o meglio scelto in base a finalità pratiche) e finiscono chissà dove nella vastità dei fenomeni. Per contro, la descrizione o spiegazione contestuale, imperniata sul concetto d'informazione, si basa su circoli o anelli di *retroazione* (o *feedback*).

Gregory Bateson, uno degli artefici della nuova epistemologia, considerò sempre molto importante la nozione di retroazione, che aveva dapprima intuito nel suo lavoro iniziale di antropologo pur senza riuscire a formularla chiaramente, e che poi aveva incontrato nel suo ambito di scoperta ufficiale, l'ingegneria dei sistemi e delle regolazioni. In seguito, con grande perspicuità, la vide all'opera in molti contesti comunicativi (sociali, psicologici, psicopatologici, culturali, politici, ecologici), e nei grandi fenomeni dell'evoluzione e dell'apprendimento, fenomeni che potremmo chiamare *grandi tautologie* e che sono appunto contraddistinti dalla presenza di anelli o di circuiti di retroazione ancora più complicati).

Certo, pensare che il mondo sia lineare è molto comodo. Questa apparente linearità, che la fisica matematica ha ereditato

dal senso comune e che fino a ieri ha tentato di erigere a modello esplicativo generale, nella nuova epistemologia viene sostituita dalla circolarità, una strutturazione molto più complicata, che non si lascia facilmente ridurre e che anzi costituisce uno degli ingredienti essenziali della *complessità*. Dopo la scoperta della circolarità, o della retroazione o più in generale della complessità, non possiamo più permetterci di semplificare la realtà. Dobbiamo rassegnarci a vivere in un mondo complesso, anche a costo di rinunciare a quegli splendidi risultati che la fisica classica ha conseguito grazie alla linearizzazione.<sup>1</sup>

La spiegazione cibernetica evita amputazioni riduttive e resezioni atomistiche di questo tipo, ma affrontando i problemi in tutta la loro complessità non garantisce affatto di poterli risolvere. Poiché la matematica che abbiamo costruito finora è adatta ai problemi lineari, ma non a quelli circolari e più complessi, la vera questione è: saremo in grado di costruire una matematica nuova, che possa descrivere la complessità e che allo stesso tempo sia trattabile con gli strumenti che possediamo? Questa domanda per il momento non ha risposta.

D'altra parte la semplificazione (ottenuta mediante la formalizzazione, specie quella matematica, e l'enunciazione di leggi o regole) è un'operazione del tutto naturale e spontanea, che ha probabilmente un forte valore di sopravvivenza. Di fronte alla complessità disarmante e allarmante del mondo, non solo lo scienziato ma tutti gli esseri umani ne tentano una semplificazione, anzi una *ricostruzione*. Che cosa fanno l'artista, il ritrattista, il compositore, il narratore, lo scienziato, il tecnico se non tentare di ricostruire il mondo secondo regole e procedimenti

---

<sup>1</sup> La descrizione matematica di un fenomeno contiene, in linea di principio, tutti i termini successivi al primo, quello lineare. Poiché questa descrizione è troppo complessa per essere utilizzata, di norma la si riduce trascurandone tutti i termini tranne il primo. Si ottiene così un modello lineare, che può essere anche lontanissimo dal fenomeno originale. E' opportuno sottolineare l'importanza che nello sviluppo della nuova epistemologia ha avuto e ha il calcolatore, strumento che consente elaborazioni matematiche e formali un tempo impossibili. Il calcolatore consente di superare almeno in parte la necessità della linearizzazione (v. nota 1) e, in un certo senso, trasferisce alcune qualità secondarie nel campo delle qualità primarie (rivelando così la natura storica di questa distinzione). Inoltre mette in luce, nel quadro che la fisica ci può offrire del mondo, la presenza di un residuo ineludibile d'incertezza e di disordine.

diversi ma tutti essenzialmente volti a fornirne un modello più semplice nel quale scoprire la “verità” o addirittura vivere meglio?

In un mondo troppo complesso non abbiamo parametri e leggi che ci aiutino a prendere decisioni compatibili con la nostra sopravvivenza, quindi dobbiamo semplificare il mondo “dato”, sostituendogli un modello, un’immagine. Anche la percezione, che potrebbe sembrare un rispecchiamento passivo del mondo nei sensi e nella mente, è al contrario basata su un’elaborazione raffinatissima, di cui non siamo consapevoli e di cui scorgiamo le tracce solo in casi particolari, ad esempio quando siamo soggetti alle cosiddette illusioni ottiche. Insomma la semplificazione è una necessità “economica” o addirittura vitale.

### 3. *La ridondanza*

A questo proposito, una delle caratteristiche più importanti dei fenomeni comunicazionali è la ridondanza. La definizione che darò di ridondanza è molto generale. Forniamo a un osservatore una configurazione (una figura, uno scritto, una successione numerica...) in parte coperta, in modo che l’osservatore possa osservarne solo una porzione. Se dalla parte visibile l’osservatore può ricavare inferenze sulla parte nascosta, cioè se può congetturare la configurazione nascosta con esito migliore di quello puramente stocastico, allora la parte visibile contiene informazioni su quella nascosta e nel suo complesso la configurazione è *ridondante*. Quando la parte nascosta viene scoperta, essa fornisce all’osservatore una quantità di informazione (o di “sorpresa”) minore di quanto gliene avrebbe fornita se egli non avesse avuto accesso alla parte scoperta. Al limite, se la parte scoperta consente di risalire univocamente e completamente a quella nascosta, questa, una volta disvelata, non fornisce alcuna informazione che l’osservatore già non possedeva. Naturalmente la presenza di ridondanza e la sua quantità dipendono, come l’informazione, dal singolo osservatore, dalle sue capacità di osservazione e di associazione, dalla sua storia, dal suo addestramento e così via.

Dal punto di vista comunicativo in genere, e in particolare dal punto di vista tecnico, le implicazioni della ridondanza sono enormi. Per esempio nel caso di uno scritto la ridondanza confe-

risce *robustezza* al testo, cioè consente di ricostruirlo anche quando ne venga distrutta o distorta una parte. Nella lingua parlata le vocali sono quasi sempre ridondanti, ma consentono di articolare in modo comprensibile il discorso e si oppongono al suo deterioramento. Quindi la ridondanza si oppone validamente ai disturbi e alle interferenze nella comunicazione: tutta la teoria matematica dell'informazione è in fondo uno studio sul rapporto tra informazione e ridondanza, e sui metodi per eliminare o introdurre ridondanza nel flusso dei messaggi.

La ridondanza è strettamente connessa con il *significato*, (per Gregory Bateson ridondanza e significato sono quasi sinonimi): come ho detto, una figura contiene ridondanza quando da una sua parte possiamo risalire con buona probabilità al tutto, cioè quando osservandone quella parte possiamo dire "ho capito che cosa rappresenta la figura, ne ho colto il significato!". Si pensi al caso di certe forme o figure "ovvie" e molto frequenti, come la circonferenza, di cui si offra all'osservatore solo una porzione (una semicirconferenza). L'osservatore è spinto a interpretare la semicirconferenza come parte di una circonferenza sulla base di considerazioni di simmetria, cioè di una particolare forma di ridondanza. In questo completamento l'osservatore si basa sul significato, il quale a sua volta riassume numerose esperienze precedenti dell'osservatore: essendosi imbattuto molte volte in figure simmetriche, egli applica al caso attuale questa sua esperienza.

Se invece una figura è priva di ridondanza ogni sua parte ci fornisce un quantità d'informazione che non dipende dalle parti già osservate. In tal caso la figura non ha struttura o significato, non si può "capire" o riassumere con una regola: le sue parti sono indipendenti tra loro, è una figura aleatoria, come la successione binaria di teste e croci che si ricava lanciando una moneta non truccata. Osservando per esempio una parte iniziale di questa successione non siamo in grado di fare sulla parte successiva previsioni migliori di quelle che potremmo fare senza osservare il tratto iniziale: testa e croce, ad ogni lancio, sono equiprobabili e questa è l'unico dato che possediamo per quanto lunga sia la successione che abbiamo osservato fino a quel momento. Non c'è modo di "capire" una successione binaria aleatoria.

#### 4. L'ambiguità

L'ambiguità, in quasi tutte le sue manifestazioni, è collegata alla ridondanza e al significato, quindi è altrettanto difficile da racchiudere in una definizione. Tuttavia nella prassi comunicativa si osserva una convergenza verso un significato comune ai parlanti, per cui l'oggetto del discorso diviene progressivamente abbastanza condiviso e consente un'intesa comunicativa (e anche pragmatica). Talora invece, per diversi ordini di motivi, questa convergenza non ha luogo e in questi casi si può dire che la comunicazione è e resta ambigua.

L'ambiguità ha a che fare con l'interpretazione (semantica) di una situazione o messaggio da parte di un osservatore o destinatario. Dunque l'ambiguità non è intrinseca alla situazione o al messaggio, ma (come l'informazione e la ridondanza) è relativa all'osservatore. Riguarda il rapporto tra situazione e osservatore o tra messaggio e destinatario.

Consideriamo un gioco comunicativo tra sorgente e destinatario: la sorgente emette un messaggio parziale, attende l'interpretazione del destinatario, poi emette un prolungamento del messaggio che può o confermare l'interpretazione data o contraddirla. L'interpretazione consiste, schematicamente, nell'enunciazione da parte del destinatario di un ipotetico prolungamento del messaggio o di una *regola* in base alla quale è possibile costruire il prolungamento. Se il prolungamento poi fornito dalla sorgente coincide con l'ipotesi del destinatario, il prolungamento è ridondante e l'interpretazione si rivela corretta. Altrimenti contiene un'informazione nuova, in base alla quale il destinatario può rivedere l'interpretazione e ricavare un nuovo prolungamento o nuove regole per costruirlo. Si ha una trasgressione delle regole precedenti. Il fatto che la parte iniziale del messaggio possa essere prolungata in modi diversi e, a priori, tutti legittimi, o coerenti, si esprime dicendo che questa parte iniziale del messaggio è ambigua.

L'ambiguità contenuta nelle porzioni di messaggio emesse via via dalla sorgente, ambiguità che viene ridotta, ma non sempre eliminata, dai successivi prolungamenti, deriva da quella che si potrebbe chiamare la "povertà del messaggio": ogni messaggio (parziale) contiene un'informazione finita, che non è in genere

sufficiente a individuare la regola con cui costruire l'unico prolungamento del messaggio (infinito) che poi verrà generato dalla sorgente. Ogni messaggio parziale è compatibile con molti (con infiniti) messaggi completi: la sua ridondanza non autorizza un'interpretazione univoca. Si pensi al caso del fisico che riceve messaggi consistenti nei fenomeni osservati e che ne cerca un'interpretazione, cioè una teoria. Alla luce di fenomeni nuovi la teoria può sempre rivelarsi "sbagliata" e va sostituita con una teoria nuova.

Si consideri ad esempio una successione numerica (non aleatoria) infinita: ogni tratto iniziale (finito) della successione può sempre essere prolungato in infiniti modi, tutti compatibili con quel tratto. Ogni ulteriore prolungamento della successione via via offerto dalla sorgente elimina alcuni prolungamenti fin lì compatibili, ma ne restano sempre infiniti, più o meno plausibili. Tra questi l'osservatore può preferirne alcuni ad altri, in base a criteri personali come la semplicità, la bellezza, l'esperienza...

Tutte o quasi le situazioni hanno più "spiegazioni", dove la spiegazione è un prolungamento o completamento plausibile della situazione. Fornire una spiegazione di una situazione, in altri termini, consiste nell'integrare o completare la situazione "visibile" con parti ipotetiche e nascoste della situazione a partire dalla ridondanza, cioè dal significato. Non è necessario che le spiegazioni compatibili siano tutte presenti all'osservatore in termini espliciti. Le molte interpretazioni possibili possono restare vaghe, a livello di una consapevolezza implicita e sfumata.

Se una situazione non contiene ridondanza (come accade per una successione binaria del tutto casuale, o una figura aleatoria), non esiste nessuna indicazione (significato) che possa essere estratta e sfruttata per costruirne un prolungamento. La situazione, non avendo significato, non può essere ambigua nel senso detto sopra, poiché non è interpretabile. Si situa al di qua del livello di ambiguità. Si potrebbe anche dire che si tratta di un'ambiguità di livello superiore, che l'osservatore può riassumere ricorrendo a termini come "casuale", "aleatorio" e simili. Ciò potrebbe indicare l'esistenza di una gerarchia di livelli di ambiguità.

##### *5. Lingua naturale e linguaggio scientifico*

Nel linguaggio scientifico si cerca di rimuovere al massimo l'ambiguità. Poiché si privilegia la comunicazione rispetto all'espressione, si vuole trasmettere il contenuto in modo univoco. Ci si adegua insomma ai criteri di intercomunicabilità, ripetibilità eccetera dell'esperienza scientifica. A questo fine si costruiscono addirittura linguaggi formalizzati più o meno artificiali (vedi § 6). In particolare il linguaggio logico-matematico mira a una rimozione totale di ambiguità, anche se quest'aspirazione può essere attuata solo in parte, dato che non è possibile recidere del tutto il legame tra il linguaggio specializzato e il linguaggio ordinario, che funge da metalinguaggio.

All'opposto, nel linguaggio narrativo, e ancora più nel linguaggio della poesia, l'ambiguità ha una funzione importante, poiché serve a moltiplicare i significati, le metafore, le allusioni implicite ed esplicite. Qui l'ambiguità contribuisce al valore estetico dell'opera consentendone una pluralità di interpretazioni, nessuna delle quali a priori può arrogarsi il titolo di unica corretta. Naturalmente l'introduzione di ambiguità in un'opera letteraria (o la sua non rimozione) può essere effetto di una volontà e di un piano precisi oppure di un'operazione più o meno inconsapevole: i risultati possono avere valore artistico diverso nei due casi.<sup>2</sup>

Questa differenza tra i linguaggi scientifici e quelli letterari si riflette nella difficoltà più o meno grande di tradurre un'opera in un'altra lingua. La difficoltà è minima per le opere scientifiche più formalizzate, che al limite non hanno neppure bisogno di essere tradotte essendo quasi prive del tessuto connettivale costituito dal metalinguaggio naturale, mentre può essere grandissima

---

<sup>2</sup> A questo proposito si osservi che essendo l'opera letteraria (o figurativa) in sé conclusa, non esiste la possibilità di scartare un'interpretazione (di un lettore) a favore di un'altra (di un altro lettore) grazie a un "prolungamento" come invece avviene nel caso della successione numerica infinita sopra accennata. Da ciò una sorta di "impossibilità di principio" di un'interpretazione critica unica, corretta e definitiva di un'opera artistica o letteraria.

<sup>3</sup> Anche la parafrasi o riassunto è un'operazione che risente del contenuto di ambiguità del testo. Mentre si può riassumere un testo scientifico senza tradirlo troppo (di un teorema basta dare l'enunciato, eliminando la dimostrazione; oppure si possono dare dimostrazioni più o meno stringate, senza che questo comprometta in modo essenziale la trasmissione e la comprensione del risultato), riassumere un'opera letteraria può risultare difficile e rischia di dare risultati del tutto insoddisfacenti. Si pensi ancora alla poesia.



per le opere poetiche. Al limite la traduzione di una poesia può essere un'operazione impossibile.<sup>3</sup>

Un'osservazione particolare, che si riflette sulle ricerche di intelligenza artificiale, riguarda la difficoltà di riprodurre in un programma per calcolatore l'uso e la comprensione di un linguaggio naturale. L'impostazione algoritmica, in cui si cerca di dettare regole che prevedano tutti i casi possibili, urta contro la natura ambigua e approssimativa del linguaggio naturale. Poiché interagisce continuamente con la parte non linguistica dell'esperienza umana, la lingua risolve spesso le ambiguità a livello pragmatico: le definizioni di una lingua naturale sono piene di eccezioni, e a loro volta le eccezioni presentano eccezioni (si pensi alla difficoltà di definire un termine comune, ad esempio "uccello" o "pesce"), senza che ciò costituisca grave impedimento alla comunicazione efficace. In una lingua naturale le definizioni esaurienti e complete sono poche o punte, e riguardano quasi sempre sottolinguaggi specializzati. In un sistema artificiale, che non ha esperienza extralinguistica, il ricorso alla prassi per risolvere le ambiguità è, almeno per il momento, quasi impossibile: la lingua naturale viene trattata dal programma di intelligenza artificiale come se fosse un sistema chiuso e le ambiguità vi restano incapsulate.<sup>4</sup>

## *6. La formalizzazione*

---

<sup>4</sup> Nella prassi le difficoltà comunicative vengono quasi sempre risolte. Si acquisiscono solo quando si ricercano i casi estremi, quando si vuol dare una teoria chiusa, priva di contraddizioni e completa, ad esempio quando si vuole comunicare solo in termini strettamente linguistici, senza ricorrere a metalinguaggi, all'ostensione, alla mimica e così via. La costruzione di una teoria coerente e completa, come ha dimostrato Gödel, non è possibile neppure in un ambito formalizzato come quello dell'aritmetica. Non c'è da meravigliarsi se una teoria completa e coerente è difficile da costruire per una lingua naturale. La difficoltà di razionalizzare i procedimenti linguistici naturali si manifesta ad esempio quando un esperto (un medico, un ingegnere) cerca di esplicitare in termini coerenti e completi i procedimenti che lo portano a una conclusione a partire da certe premesse (a una diagnosi a partire dai sintomi): questa esplicitazione, che serve come base di partenza per la costruzione di un "sistema esperto", è un procedimento laborioso, che comprende comunque una forte riduzione o semplificazione delle procedure usate, più o meno inconsapevolmente, dall'esperto umano.

Per molte scienze, specie per le scienze “esatte” di cui è prototipo la fisica matematica, la ricchezza semantica, l’ambiguità e la sfumatezza delle lingue naturali costituiscono non un pregio, bensì un impedimento. Chi si occupa di scienze esatte tende (dico tende, ma non sempre giunge) all’univocità, alla precisione e alla chiarezza dei termini e degli enunciati: perciò è spinto, addirittura costretto, a usare, invece della lingua ordinaria, un linguaggio “formale” o “simbolico”, che ha molto di artificiale e che differisce di molto o di poco dalla lingua ordinaria.

Un linguaggio formale si ricava dalla lingua naturale impoverendola, o meglio impoverendo e semplificando il suo sostrato concettuale. Si tratta di eliminare sfumature, ambiguità, distinzioni: in una parola si tratta di eliminare “informazioni”, cioè “differenze”. L’esempio forse più semplice e manifesto di linguaggio formale ottenuto in questo modo è quello dell’aritmetica: per contare gli oggetti bisogna che le differenze che rendono unico ogni oggetto vengano trascurate, mentre vengono mantenute le differenze che distinguono gli oggetti contati dagli altri oggetti (le mele sono considerate diverse dalle pere, mentre sono considerate uguali tra loro, anche se non lo sono: quindi posso sommare mele con mele ma non mele con pere).

Unificando ciò che è distinto, eliminando diversità, accorpando sottoclassi e sottocategorie in classi e categorie, introducendo simboli speciali e stenografici, si giunge a costruire uno strumento (un universo) linguistico (molto) semplice e agile.

A questo punto il linguaggio formale in parte si stacca, per così dire, dal ricercatore e diventa una sorta di congegno semiautomatico, una “macchina della mente” capace di procedere, guidata ma in semilibertà, verso la costruzione e l’elaborazione di enunciati, formule, equazioni, teoremi, cioè verso la costruzione di risultati formali anche molto complessi.

Ottenuti i risultati, spesso il ricercatore tenta di ritradurli nella lingua naturale, compiendo un passo per certi aspetti inverso rispetto a quello di partenza. Là si trattava di passare dalla lingua ordinaria (o dal mondo che è descritto in quella lingua) a un linguaggio (o a un mondo) semplificato: si trattava di eliminare informazione. Qui si tratta di aggiungere informazione, di rimpolpare i risultati formali e di tradurli nella lingua ordinaria.

E’ un’operazione ardua e delicata, come tutte le operazioni di

traduzione, anzi, come tutte le operazioni di traduzione non può riuscire del tutto. Una traduzione è sempre la trasformazione del mondo intero in sé stesso: è un'impresa titanica, che non può riuscire neppure quando si tratta di tradurre un testo da una lingua naturale all'altra, figuriamoci quando una delle due lingue è essenzialmente diversa dall'altra. Nella traduzione qualcosa va perso, sempre. C'è un residuo oscuro e tenace che vi si oppone.

Nel primo passo la semplificazione che porta dalla lingua al linguaggio formale rischia di produrre un mondo troppo povero e quindi di fornire risultati insignificanti (quando siano interpretati nel mondo vero) anche se di per sé corretti e coerenti (nell'ambito del formalismo). D'altra parte se non si semplifica abbastanza, il modello è troppo ricco per essere maneggevole e non si riesce a raggiungere alcun risultato. Si tratta di raggiungere un compromesso tra maneggevolezza e significatività.

Nel secondo passaggio (traduzione dal linguaggio formale alla lingua ordinaria) si presenta un rischio diverso, dovuto all'impossibilità di una traduzione completa: anche il testo formale, pur derivando all'origine il suo linguaggio da un impoverimento della lingua comune, ha via via acquisito con l'elaborazione un suo contenuto (semantico) in parte impenetrabile, ostinato, impervio all'esplicitazione linguistica. Sia la lingua ordinaria sia il linguaggio formalizzato descrivono il mondo, ma a livelli diversi, in modi non del tutto confrontabili o sovrapponibili. E ciò che non si può tradurre (dire "in parole") potrebbe essere proprio l'essenza profonda, il contenuto semantico, del formalismo.

Dire in parole le equazioni di Maxwell è forse possibile, ma è molto più probabile che nella traduzione si perda qualcosa di essenziale: la forma in cui si rappresenta qualcosa non è sempre separabile dal suo contenuto: anche se nella scienza si ha l'impressione che il contenuto sia tutto e la forma niente, forse non è affatto così.<sup>5</sup>

Non tutte le scienze, peraltro, sono formalizzate nella stessa misura: alcune non hanno bisogno di una formalizzazione troppo spinta, altre addirittura ne riceverebbero danno. L'impoverimento associato alla formalizzazione sarebbe devastante per discipline che si occupano di oggetti complessi,

---

<sup>5</sup> L'impossibilità di tradurre dal linguaggio formalizzato alla lingua ordinaria è uno dei problemi che deve affrontare la divulgazione scientifica.

immersi in una rete di relazioni forti e in una storia imprescindibile, come l'antropologia, la sociologia e la psicologia (anche se i loro rappresentanti, certo per un complesso di inferiorità nei confronti dei fisici, vorrebbero ricorrere sempre di più al linguaggio matematico...).

Per molte discipline (che non chiamerei scienze, proprio per significarne la distanza dalla possibilità di una formalizzazione significativa) è molto più adeguata un'impostazione di tipo "narrativo", basata sui casi particolari, sugli eventi, anche sugli aneddoti, che non un'impostazione formalistica, che ne ridurrebbe l'oggetto, complesso e sfaccettato, a una caricatura per difetto.

Ma il rapporto tra scienze e narrazione è un'altra questione ancora.

#### Bibliografia

- Bateson, Gregory, *Verso un'ecologia della mente*, Adelphi, Milano, 1976.  
Bateson, Gregory, *Mente e natura*, Adelphi, Milano, 1984.  
Bateson, Gregory, *Una sacra unità*, Adelphi, Milano, 1997.  
Casati, Giulio (a cura di), *Il caos*, Le Scienze, Milano, 1991.  
Ghirardi, GianCarlo e Francesco de Stefano, "Il mondo quantistico: una realtà ambigua", in *Ambiguità*, a cura di G. O. Longo e C. Magris, Moretti e Vitali, Bergamo, 1966.  
Longo, Giuseppe O., "Remarks on Information and Mind", in *Bridging the Gap: Philosophy, Mathematics, and Physics*, G. Corsi, M.L. Dalla Chiara, G.C. Ghirardi, eds., Kluwer Academic Publishers, Dordrecht-Boston-London, 1993.  
Longo, Giuseppe O., *L'ambiguità tra scienza e filosofia*, Nuova Civiltà delle Macchine, IX, n. 3/4, 1993.  
Longo, Giuseppe O., *Informazione e organismi viventi*, voce dell'Enciclopedia delle Scienze Fisiche, Istituto dell'Enciclopedia Italiana, Roma, 1995.  
Longo, Giuseppe O., "Introduzione", in *Ambiguità*, a cura di G. O. Longo e C. Magris, Moretti e Vitali, Bergamo, 1966.  
Moravia, Sergio, "Ambiguità ed esistenza", in *Ambiguità*, a cura di G. O. Longo e C. Magris, Moretti e Vitali, Bergamo, 1966.  
Morin, Edgar, *Introduzione al pensiero complesso*, Sperling & Kupfer, Milano, 1993.  
Rota, Gian Carlo, "Matematica e filosofia: storia di un malinteso", Boll. Unione Matematica Italiana (7) 4-A, 1990.  
Zanarini, Gianni, "Riflessi in uno specchio: l'ambiguità nella scienza", in *Ambiguità*, a cura di G. O. Longo e C. Magris, Moretti e Vitali, Bergamo, 1966.