

VITA ARTIFICIALE E COSCIENZA ARTIFICIALE

Riccardo Manzotti e Marco Alessandro Villamira

KTEL (Knowledge and Thinking Engineering Lab), Istituto di Scienze dell'uomo e dell'ambiente, Università IULM, Via Carlo Bo, 8, 20143 Milano

riccardo.manzotti@iulm.it, marco.villamira@iulm.it

I misteri del dualismo (era questa l'espressione tecnica) sono difficili da indagare almeno quanto quelli della Trinità. (Musil 1952/1997) p.189.

Vita e mente

La vita e i fenomeni mentali potrebbero essere accomunati dal medesimo tipo di struttura causale (Parisi 1999). La vita artificiale e la coscienza artificiale potrebbero scoprire di stare implementando lo stesso tipo di principi funzionali. Diversi indizi sembrano mostrare un percorso comune a questi due fenomeni: 1) la vita e la mente sono state spesso considerate quali appartenenti a domini apparentemente invalicabili facendo uso dell'approccio riduzionista (Whitehead 1938; Parisi 1999); 2) la vita e la mente sembrano legate a qualche tipo di emergenza (Hameroff 1994; Bickhard 2001); 3) la vita e la mente sembrano dotate di una teleologia intrinseca (Aristotele 350 a.C./2001; Bertalanffy 1952; Maturana e Varela 1980); 4) la vita e la mente sembrano possedere una intenzionalità intrinseca (Millikan 1984; Searle 1992).

Allo stesso tempo sono altrettanto evidenti una serie di differenze: 1) la mente sembra caratterizzata da una natura soggettiva e privata mentre la vita sembra, almeno in linea di principio, completamente analizzabile in termini oggettivi e pubblici; 2) la mente si sviluppa in ogni singolo individuo con sufficienti capacità cognitive, mentre il fenomeno vita si manifesta in una molteplicità di individui.

Non sono mancati tentativi di unificare i due approcci. Un caso celebre è costituito dal cosiddetto Darwinismo neurale di Edelman che pone la selezione naturale quale principio costitutivo dei gruppi neurali (Edelman 1987). Una posizione simmetricamente contrapposta è rappresentata da chi ha cercato di ravvisare, nel corso dell'evoluzione, un qualche tipo di volontà generale che si ponesse quale causa finale universale del processo evolutivo (Morowitz 2001). In entrambi i casi però non si è riusciti a rendere conto in modo soddisfacente degli aspetti peculiari a entrambi i fenomeni (in particolare la natura della esperienza soggettiva per la mente fenomenica o la speciazione per la vita).

Se nel caso della mente fenomenica (o coscienza) non si è finora riusciti a proporre una spiegazione soddisfacente, nel caso della vita esiste il cosiddetto dogma centrale (acidi nucleici→proteine→organismo cellulare) che sembra proporre un via d'uscita alla necessità di introdurre meccanismi finalistici. Inoltre la vita artificiale ha proposto simulazioni computazionali che sembrano catturare l'essenza dei meccanismi della selezione naturale (Langton 1996).

Oggi però si sta delineando un nuovo orizzonte, la coscienza artificiale, anche sulla spinta di nuovi artefatti robotici che permettono un'interazione molto più naturale con gli esseri umani. I costruttori di macchine per l'intrattenimento (videogame, giocattoli, automi) stanno aumentando gli sforzi per realizzare robot capaci di interagire con gli esseri umani. L'interazione può essere di diverso tipo: dalla selezione di una serie di comportamenti pre-codificati alla capacità di sviluppare una limitata autonomia. I robot per l'intrattenimento utilizzano sensori e attuatori; i più sofisticati tra essi (per i quali si è recentemente coniato il termine di robotica epigenetica) dovrebbero essere in grado di sviluppare una personalità

individuale grazie alla loro interazione con un particolare ambiente. Da indagini di mercato risulta che i consumatori apprezzano robot in grado di “crescere” – sia pure in modo simulato – in modo simile agli organismi biologici. Altri fattori importanti sono la capacità di manifestare comportamenti “emotivi” e di generare comportamenti specifici a un certo utente/ambiente. Tuttavia un obiettivo ancora da raggiungere è quello di realizzare un robot in grado di avere esperienze soggettive: un robot cosciente. E’ un obiettivo non del tutto chiaro anche da un punto di vista teorico; l’esperienza cosciente non è ancora del tutto compresa. Negli ultimi anni si è comunque avuto un considerevole aumento di interesse nei confronti della possibilità di realizzare macchine coscienti; interesse che si materializza in convegni e iniziative ufficiali dell’Unione Europea: è arrivato il momento di pensare alla costruzione di macchine coscienti (Edelman e Tononi 2000; Buttazzo 2001; Manzotti e Tagliasco 2002)?

Circolarità causale

Sia nei fenomeni legati alla vita che nei fenomeni mentali esiste una relazione di reciprocità e di mutua costituzione tra l’ambiente da un lato e l’organismo vivente o la mente dall’altro.

Nel caso della vita è ben noto che l’ambiente in quanto ambiente è strettamente dipendente dall’esistenza di un certo organismo. Come ha scritto il biologo Richard Lewontin «non può esistere alcun organismo senza un ambiente e non può neanche esserci un ambiente senza alcun organismo; [...] si fa un po’ di confusione tra l’affermazione corretta, secondo la quale esiste un mondo fisico esterno all’organismo che continuerebbe a esistere anche in assenza di una certa specie, e la tesi errata che gli ambienti esistono senza specie» (Lewontin 1998).

Analogamente, ed è l’oggetto principale di questa sezione, nel caso degli atti mentali esiste una circolarità causale tra l’attività cerebrale e il mondo esterno. In particolare prenderemo in esame il caso della percezione di un particolare oggetto: un arcobaleno (Manzotti 2004).

Immaginiamo di trovarci in un campo di fronte a un vasto fronte nuvoloso. Nell’atmosfera davanti a noi si trovano milioni di goccioline. Alle nostre spalle, un sole – quasi all’orizzonte – manda i suoi raggi verso la parete d’acqua. Tutta la nuvola è investita dai raggi solari. Ogni gocciolina viene trasformata in un piccolo prisma e riflette, secondo un angolo ben preciso, la luce del sole scissa in tutti i suoi componenti. Noi, ossia l’osservatore, facciamo esperienza di una figura geometricamente precisa: un arco di colori che si staglia nel cielo. L’osservatore si accorge subito che l’arcobaleno non è un oggetto come gli altri. Non è come un ponte di pietra intorno al quale si può girare. Non è possibile passarvi sotto o trovare la proverbiale pentola d’oro in una delle due basi dell’arco. L’arcobaleno pare muoversi solidalmente con il suo osservatore. Se il suo osservatore si sposta rapidamente, può vedere l’arcobaleno muoversi con lui, posto che la nuvola – da cui trae le goccioline – sia abbastanza grande. Il motivo di questa anomalia è che l’arcobaleno è definito anche dalle caratteristiche dell’osservatore (posizione e tipo di lenti). Modificare l’osservatore, per esempio spostandolo, comporta anche la modifica dell’arcobaleno.

Analizziamo in dettaglio il fenomeno “arcobaleno” (Figura 1). Ricordiamo qui che partiamo dall’assunto che qualcosa, per esistere, deve produrre degli effetti. Una esistenza “potenziale” o “possibile” non ci interessa. Il fenomeno è temporalmente distribuito in una serie di istanti. Tra il momento nel quale la luce entra nelle goccioline d’acqua e il momento nel quale l’arcobaleno come figura intera è percepito trascorrerà un certo intervallo di tempo (Δt) non nullo: questo tempo sarà pari al tempo necessario alla luce per attraversare la distanza tra l’osservatore e la nuvola più il tempo necessario all’attività neurale per produrre l’esperienza dell’arcobaleno come una figura unitaria. All’istante $t=0$ (Figura 1a), ogni gocciolina è stata appena colpita dai raggi solari. Ogni gocciolina però è un fenomeno fisico separato. A rigore non hanno nulla in comune: sono tante “storie causali” distinte. Trascorso un certo lasso di tempo (ma comunque prima che le goccioline abbiano raggiunto la retina dell’osservatore), diciamo $t=\Delta t/2$ per semplicità ma consapevoli che questo tempo sarebbe

probabilmente diverso, da ogni gocciolina saranno stati rifratti fasci di luce divergente e con diverse lunghezze d'onda (sempre Figura 1a). Ognuno di questi raggi però non ha nulla in comune con gli altri. non vi è nessun motivo per ipotizzare l'esistenza, fino a questo momento, di una figura unitaria che "unifichi" tali fenomeni in qualche cosa di globale. Che cosa succederà dopo? Quando comparirà l'arcobaleno?

Prima di procedere vale la pena di soffermarsi un attimo. Fino all'istante preso in esame $t=\Delta t/2$, non esiste nessun fenomeno fisico che sia l'effetto dell'esistenza dell'arcobaleno in quanto figura unitaria a forma di arco. Ogni elemento dell'arcobaleno accade isolatamente e sembra ingiustificato imporre la categoria dell'arcobaleno a quanto sta succedendo. Anzi potremmo dire che il fatto che ci fosse un arcobaleno nell'istante $t=0$ dipende da quello che succederà da qui in poi.

Sono possibili due esiti: nel primo caso l'osservatore (per motivi suoi) si sottrae fisicamente alla percezione; nel secondo caso l'osservatore rimane al suo posto e percepisce l'arcobaleno.

Nel primo caso (Figura 1b) i raggi rifratti si attraversano senza interagire tra di loro a causa della loro energia troppo bassa e proseguono isolatamente e autonomamente verso il loro fato. L'arcobaleno presunto non ha avuto alcuna possibilità di determinare un effetto come insieme unitario e non vi è alcun bisogno di considerarne l'esistenza.

Nel secondo caso (Figura 1c) i raggi rifratti (grazie alla presenza della struttura sensoriale e neurale dell'osservatore) hanno modo di incrociare le proprie vicende causali e finiscono con il determinare un effetto che ha, per causa, la loro presenza congiunta: l'arcobaleno, in quanto arcobaleno, può così determinare un effetto e quindi ha senso considerarne l'esistenza.

In altre parole nel secondo caso si ha una apparente assurdità: qualcosa che accade dopo un certo Δt è responsabile dell'esistenza di quello che esisteva prima. L'assurdità è però solo apparente e dipende dal fatto che si applicano delle categorie inappropriate a descrivere i fenomeni in corso. In particolare si accetta acriticamente l'idea che un processo fisico sia costituito da parti temporalmente e causalmente autonome (Figura 1d). Non è però una supposizione necessaria. Al contrario è ben noto che ogni processo fisico è temporalmente e spazialmente distribuito e che non ha senso suddividerlo in parti autonome pena la perdita della sua unità e identità (Figura 1e).

L'effetto (l'osservazione) sembra responsabile dell'esistenza della causa (la forma nel cielo). Ma questo è paradossale. In realtà si può risolvere il paradosso eliminando l'ipotesi che l'effetto e la causa siano due momenti separati: i due non sono altro che due modi di descrivere un sottostante processo unitario e continuo. Questa continuità è fisicamente costituita dai raggi di luce che dalle goccioline raggiungono la retina di un osservatore, dalle attivazioni neurali lungo il nervo ottico e le aree visive primarie fino a giungere a un effetto fisicamente distinguibile e casualmente correlato con la forma dell'arcobaleno. Quando questo processo è interrotto, l'arcobaleno cessa di esistere. L'arcobaleno non è un oggetto che esiste esternamente all'osservatore e nemmeno un oggetto mentale: l'arcobaleno è tutto il processo che costituisce tanto la forma nella nuvola quanto l'attività neurale del soggetto.

Se accettiamo come criterio di esistenza il fatto che qualche cosa debba produrre degli effetti, possiamo concludere che l'arcobaleno (in quanto insieme) viene a esistere nel momento in cui è osservato. Prima di tale momento, l'arcobaleno in quanto tale non esisteva. Prima della sua osservazione esisteva soltanto una nuvola di goccioline separate le une dalle altre, ognuna riflettente la luce del sole secondo le leggi dell'ottica. Un certo arcobaleno esiste nel momento in cui determina degli effetti e, tuttavia, inizia a produrre effetti nel momento in cui un osservatore con certe caratteristiche inizia a osservarlo. Tra i molteplici possibili arcobaleni, soltanto uno è effettivamente esistente ed è quello che riesce a determinare degli effetti concreti anche grazie all'esistenza di un osservatore reale. Come ha scritto il poeta T.S. Eliot (Eliot 2002) nel poema "Burnt Norton":

*What might have been is an abstraction
Remaining a perpetual possibility
Only in a world of speculation
What might has been and what has been
Point to one end, which is always present*

Nella nuvola esisteva un numero astronomicamente grande di combinazioni di goccioline e di possibili arcobaleni, tuttavia soltanto un numero molto piccolo di essi determina effetti (quelli effettivamente osservati) e solo essi esistono in senso proprio, gli altri sono soltanto, per usare le parole di T.S.Eliot «perpetue possibilità/ in un mondo di speculazioni». Con questo non vogliamo affatto dire che l'atto di osservazione *crea* l'osservato, anzi. Lo specifico osservatore di un determinato arcobaleno non sarebbe stato quel particolare osservatore se non avesse avuto un certo arcobaleno da osservare. L'osservatore è, a sua volta, costituito dal materiale che aveva a disposizione. Potremmo dire che si determina un fenomeno curioso: la causa viene a esistere grazie al fatto di provocare un certo effetto. L'effetto è chiaramente determinato dall'esistenza della sua causa, ma allo stesso tempo la causa esiste *grazie* all'accadere di un certo effetto. Si potrebbe parlare di causazione reciproca o di co-causazione. In realtà quello che succede è che il fenomeno è per sua natura unitario: non ha senso cercare di dividere l'arcobaleno dal suo osservatore. L'arcobaleno esiste nella inscindibile unità di osservato-osservatore. Ogni tentativo di dividere i due porta inevitabilmente ad aporie e contraddizioni perché tenta forzatamente di dividere quello che, nel caso in esame, è una unità. Altrettanto infruttuoso e astratto sarebbe cercare di distinguere l'atto di osservazione dall'osservatore dall'osservato. In questo caso abbiamo una completa coincidenza dell'atto di osservare/osservato/osservatore.

L'arcobaleno potrebbe sembrare un caso isolato, anomalo. Nel seguito argomenteremo che, al contrario, tutta la realtà è molto più simile all'arcobaleno che non alla concezione tradizionale di un insieme di oggetti fatti e finiti in attesa di essere osservati da agenti più o meno altrettanto autonomi. Faremo alcuni esempi.

I caratteri stampati furono inventati dagli esseri umani attraverso un lungo processo di scelta e riproduzione dei caratteri scritti. La particolare forma assegnata a ciascun carattere non determinava alcun effetto nel mondo prima che la specie umana la definisse e la formasse per rappresentare concetti, cose, persone, eventi. Nel momento una certa forma divenuta parte del processo semiotico degli esseri umani inizia a determinare effetti e quindi a esistere. Analogamente gli esseri umani coinvolti sono modificati. Il loro essere modificati è coincidente con l'introduzione dei nuovi caratteri. I caratteri (o altri simboli) esistono perché determinano effetti e i loro utenti sono tali (cioè esistono) perché manipolano proprio quei caratteri.

Le costellazioni di stelle sono sempre esistite o si sono create nel momento in cui qualcuno per la prima volta le ha osservate (Goodman 1978; James e Kuklick 1981)? Immaginiamo che un osservatore extraterrestre si sia posto sulla Luna e abbia osservato le vicende sull'orbe terracqueo. Immaginiamo che fosse in grado di controllare ogni evento fisico sulla superficie terrestre. Fino alla comparsa degli esseri umani avrebbe potuto rilevare qualche effetto come conseguenza dell'esistenza di determinate costellazioni nel cielo? No, sicuramente no. Nel momento in cui un essere umano, costituito in un certo modo, vide la prima costellazione qualche cosa cambiò. Il fatto stesso che ne poteva parlare era già un effetto considerevole. Da quel momento in poi l'immaginario osservatore extraterrestre iniziò a vedere ogni sorta di effetti di quelle combinazioni stellari: erezioni di stele, monumenti megalitici, spostamento di persone e animali, creazione di mappe, elaborazione di strane religioni e comportamenti superstiziosi legati all'apparire e scomparire di certe costellazioni. Supponiamo che questo alieno non avesse un sistema sensoriale come il nostro, che non fosse in grado di vedere le costellazioni, sicuramente si sarebbe chiesto quale fosse la causa di questi strani

comportamenti degli esseri umani. Le costellazioni per lui non esistevano e avrebbero continuato a non esistere se non fosse stato per la capacità degli esseri umani (sicuramente condizionata dalle loro caratteristiche filogenetiche fisiche e sensoriali) di osservarle e lasciarsi da esse modificare.

I volti possono sembrare qualche cosa che deve fare parte dell'arredo del mondo. Che cosa c'è di più familiare dell'esistenza di un volto? Ne siamo circondati ogni giorno. Tuttavia sappiamo che esistono pazienti privi della capacità di fare esperienza dei volti. Sono i prosopagnosiaci. Per loro i volti (come interi) non esistono. Queste persone sono capaci di vedere le singole caratteristiche del volto di una persona (il naso, il colore delle guance, i denti, la dimensione di occhi e narici, la curvatura delle sopracciglia, il numero di rughe) ma non riescono a cogliere il significato totale di un volto. Il risultato è che queste persone vivono in un mondo senza volti. Se tutti gli abitanti della terra venissero colti dallo stesso disturbo quelle cose che chiamiamo volti cesserebbero *ipso facto* di determinare effetti e quindi, a rigore, cesserebbero anche di esistere. Nessuno saprebbe di avere un 'volto'. Analogamente possiamo immaginare combinazioni a piacere di *feature* del corpo che, poiché non determinano effetti di alcun tipo, non vengono ritenute esistenti.

Gli oggetti, in quanto interi, esistono nel momento in cui essi iniziano a determinare effetti di qualche tipo. I sistemi cognitivi (di cui noi siamo un caso di successo) sono formidabili nel permettere l'esistenza di molti aspetti del mondo che, altrimenti non potrebbero produrre alcun effetto e quindi esiste.

I volti sono comparsi sulla scena del mondo nel momento nel quale sono stati osservati e, analogamente, la capacità di osservarli si è generata perché c'erano volti da osservare. L'apparente contraddizione persiste solo fintanto che ci si ostina a voler distinguere l'osservatore dall'osservato.

Voler definire l'ontologia a prescindere dalle caratteristiche filogenetiche e ontogenetiche dell'osservatore è un'impresa che dimentica che gli osservatori sono parte del mondo e quindi fanno parte dei processi che portano a esistere quello che esiste. Ogni essere vivente esiste all'interno di un sottoinsieme di tutte le combinazioni di eventi fisicamente compresenti: tale sottoinsieme è stato definito *umwelt* dall'etologo svizzero von Uexkull (Uexküll 1934). L'*umwelt* però non esiste a prescindere dal fatto che esista un animale in grado di reagire ad esso e l'animale non esiste a prescindere dal suo *umwelt*.

A questo punto possiamo interrogarci sulla effettiva consistenza del mondo oggettivo (e soggettivo) e chiederci se non si possa passare a una impostazione alternativa in cui non vi sia la necessità di distinguere osservatore/osservato/atto di osservazione. L'elemento portante di questa ontologia sarebbe l'accadere e il modo nel quale l'accadere è costitutivo di ulteriori accadimenti. E' una posizione che nasce con Eraclito e che è stata quasi subito messa in ombra dal successo della metafisica sostanzialistica avanzata prima da Platone e poi da Aristotele. Da Eraclito a oggi però numerosi autori hanno sviluppato una visione della realtà basata sulla relazione dinamica tra processi e non tra oggetti statici (Whitehead 1927/1965; Davidson 1980; Oyama 1985/2000; Bickhard 2001; Manzotti e Tagliasco 2001; Seibt 2001; Skrbina 2003). Secondo questa prospettiva nel cercare di costituire l'ontologia del mondo non dobbiamo guardare alle cose, bensì agli eventi, ai processi, agli accadimenti. L'arcobaleno non è certo qualche cosa di statico. Esso si ricrea incessantemente. E' un riflesso del sole su una nuvola di goccioline in movimento. L'arcobaleno è qualche cosa che capita.

In altra sede si è proposto di assegnare un nome preciso a questo tipo di processi costitutivi dell'esperienza cosciente, ma anche del mondo esterno: il neologismo *onfene*, unendo i termini *ontos* (ciò che esiste) e *phenomenon* (ciò che appare) (Manzotti 2003).

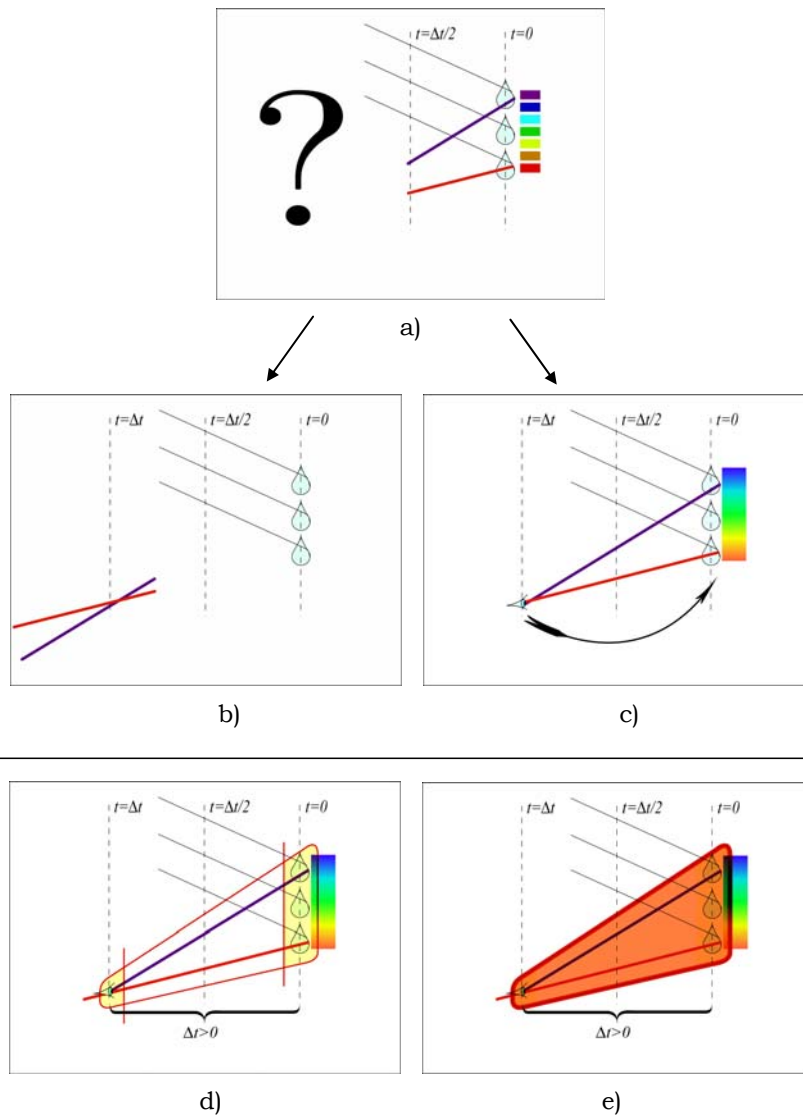


Figura 1 L'arcobaleno è un processo nel quale non ha senso distinguere tra la causa e l'effetto. Il processo "arcobaleno" è unitario e comprende sia i processi percettivi che gli eventi esterni nella nuvola di goccioline: non si può prescindere da nessuno di questi momenti.

Evidenze sperimentali e affinità teoriche

Nel campo delle neuroscienze è stata avanzata una teoria della coscienza interamente consistente con quella suggerita qui e basata su una serie di recenti risultati sperimentali: la teoria delle microscienze fenomeniche (microconsciousnesses) del neurologo Semir Zeki (Zeki 2001; Zeki 2003). Secondo questa teoria non esiste un'area corticale specificamente dedicata a generare una immagine cosciente del mondo. Ogni singola esperienza cosciente avrebbe luogo in punti diversi delle aree corticali secondo il seguente criterio: dove un contenuto produce un'attività, lì vi è anche la sua esperienza cosciente. Ogni microscienza sarebbe la parte neurale e finale di un processo fisico più esteso che ha inizio nel mondo esterno. Il processo più ampio è quello descritto nel caso dell'arcobaleno; la microscienza è la sua controparte neurale (l'effetto finale che chiude la continuità con il mondo fisico esterno).

Da un punto di vista teorico la proposta di questo articolo presenta molte affinità con il modello avanzato dal filosofo Ted Honderich (Honderich 2004) secondo il quale la coscienza

del mondo esterno non è l'emergenza di una esperienza fenomenica soggettiva interna (una posizione definita da Honderich una forma di "cranialismo"), bensì un modo di essere del mondo esterno: «la mia esperienza della sedia non è altro che un modo di essere della sedia» (Honderich 2004).

Analogamente lo psicologo Francois Tonneau ha recentemente recuperato il concetto di *cross-section* (con molte relazioni con il concetto di *Umwelt*) inteso come quella parte di mondo esterno che si trova in una certa relazione *R* con un particolare soggetto (Tonneau 2004). Il concetto di *cross-section* indica quella parte di realtà che costituirebbe il contenuto dell'esperienza cosciente e che non sarebbe affatto un realtà mentale o interna, bensì la realtà fisica esterna che diventa costitutiva dell'esperienza mentale del soggetto.

Nella proposta di questo articolo e nei tre autori sinteticamente ricordati la coscienza non sarebbe un fenomeno puramente cerebrale, bensì quella parte dell'ambiente che si trova a essere causalmente costitutiva di un certo istante di vita cosciente. La esperienza cosciente di un certo individuo in un certo istante sarebbe equivalente a quella parte del mondo esterno la cui esistenza in quanto causa è definita dagli effetti che hanno luogo grazie alla struttura corporea e mentale di quell'individuo e la sua mente corrisponderebbe a questi processi intesi nella loro interezza; e quindi non ristretti alla loro parte neurale (Figura 2).

Nel passato altri autori avevano sviluppato posizioni simili (Holt 1914; Gibson 1979; Bateson 1979/2002) nel tentativo di superare la dicotomia mente-mondo che risulta così intrattabile da un punto di vista scientifico. Noi riteniamo che il superamento di tale dicotomia (analogo al superamento della dicotomia vivo-non vivo) sia fondamentale per la comprensione della natura della mente e della coscienza. La struttura causale presentata in questa sede potrebbe essere un principio fondante nella analisi sia della mente che dei fenomeni legati alla vita.

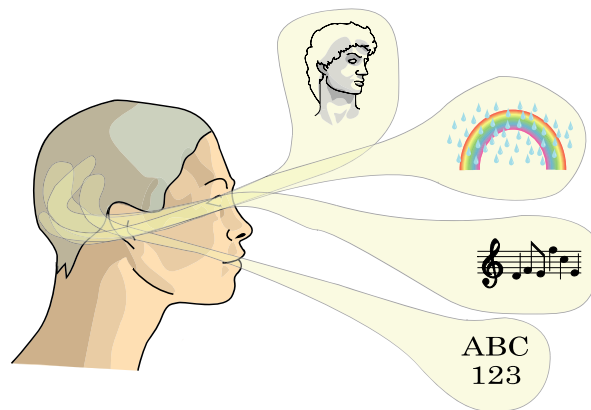


Figura 2 Un soggetto non è qualcosa che accade "dentro" un sistema, ma è l'insieme di processi fisici possibili "grazie" a un sistema. Tra ciò che avviene "dentro" e ciò che avviene "fuori" vi è una continuità fisica che è primaria rispetto alle etichette che convenzionalmente distinguono tra interno ed esterno.

Riferimenti bibliografici

Aristotele (350 a.C./2001). *L'anima*. Milano, Bompiani.

G. Bateson (1979/2002). *Mind and Nature: A Necessary Unity*. Cresskill (NJ), Hampton Press.

L. v. Bertalanffy (1952). *Problems of life; an evaluation of modern biological thought*. New York, Wiley.

- M. Bickhard (2001). The Emergence of Contentful Experience. *What Should be Computed to Understand and Model Brain Function?* T. Kitamura. Singapore, World Scientific.
- G. Buttazzo (2001). "Artificial Consciousness: Utopia or Real Possibility." *Spectrum IEEE Computer* 18: 24-30.
- D. Davidson (1980). *Essays on Actions and Events*. Oxford, Clarendon Press.
- G. Edelman e G. Tononi (2000). *Un universo di coscienza: come la materia diventa immaginazione*. Milano, Einaudi.
- G. M. Edelman (1987). *Neural Darwinism. The Theory of Neuronal Group Selection*. New York, Basic Books.
- T. S. Eliot (2002). *Collected Poems (1909-1962)*. London, Faber and Faber.
- J. J. Gibson (1979). *The Ecological Approach to Visual Perception*. Boston, Houghton Mifflin.
- N. Goodman (1978). *Of Mind and Other Matters*. Cambridge (Mass), Harvard University Press.
- S. R. Hameroff (1994). "Quantum coherence in microtubules: A neural basis for an emergent consciousness?" *Journal of Consciousness Studies* 1: 91-118.
- E. B. Holt (1914). *The concept of consciousness*. New York, MacMillan.
- T. Honderich (2004). *On Consciousness*. Edinburgh, Edinburgh University Press.
- W. James e B. Kuklick (1981). *Pragmatism*. Indianapolis, Hackett Pub. Co.
- C. Langton (1996). *Artificial life*. Boston, Addison-Wesley.
- R. C. Lewontin (1998). *Gene, organismo e ambiente. I rapporti causa-effetto in biologia*. Bari, Laterza.
- R. Manzotti (2003). A process based architecture for an artificial conscious being. *Process theories*. J. Seibt, Kluwer Academic Press. *Process Theories: Crossdisciplinary studies in dynamic categories*: 285-312.
- R. Manzotti (2004). "Rappresentazione ed esistenza." *Sistemi Intelligenti XVI(1)*: 34-74.
- R. Manzotti e V. Tagliasco (2001). *Coscienza e Realtà. Una teoria della coscienza per costruttori e studiosi di menti e cervelli*. Bologna, Il Mulino.
- R. Manzotti e V. Tagliasco (2002). "Si può parlare di coscienza artificiale?" *Sistemi Intelligenti XIV(1)*: 89-108.
- H. R. Maturana e F. J. Varela (1980). *Autopoiesis and cognition: the realization of the living*. Dordrecht (Holland), D. Reidel Pub. Co.
- R. G. Millikan (1984). *Language, Thought, and other Biological Categories: New Foundations for Realism*. Cambridge (Mass), MIT Press.
- H. J. Morowitz (2001). "The epistemic paradox of mind and matter." *Annals of the New York Academy of Sciences* 929: 50-54.
- R. Musil (1952/1997). *L'uomo senza qualità*. Torino, Einaudi.
- S. Oyama (1985/2000). *The Ontogeny of Information*. Durham, Duke University Press.
- D. Parisi (1999). *La mente*. Bologna, Il Mulino.
- J. R. Searle (1992). *The rediscovery of the mind*. Cambridge (Mass), MIT Press.
- J. Seibt (2001). Formal Process Ontology. *Formal Ontology and Information Systems*. E. E. Smith e C. Welty. Ogunquit, Maine, ACM Publications.
- D. Skrbina (2003). "Panpsychism as an Underlying Theme in Western Philosophy." *Journal of Consciousness Studies* 10(3): 4-46.
- F. Tonneau (2004). "Consciousness Outside the Head." *Behavior and Philosophy* 32: 97-123.
- J. v. Uexküll (1934). *A Stroll through the Worlds on Animals and Men: A Picture Book of Invisible Worlds*. New York, International University Press.
- A. N. Whitehead (1927/1965). *Il processo e la realtà*. Milano, Bompiani.
- A. N. Whitehead (1938). *Modes of thought*. New York, MacMillan Company.