



ORIGINALIA

G. Vitiello



## RIASSUNTO

La nostra corporeità si concretizza nell'ineliminabile *vincolo percettivo* in ogni manifestazione o modalità del nostro essere. La *dimensione dell'esperienza* si manifesta nella nostra immersione in una rete di scambi, di traffici con il mondo esterno e in un *referire a sé* in una dimensione che possiamo definire dell'ascolto. La presenza del mondo esterno, il suo essere *oggettivo*, cioè altro da sé, non si contrappone - anzi alimenta - il nostro essere *soggettivo*.

La corporeità, riconosciuta come fondante della dinamica che regola la fenomenologia biochimica del cervello, ha condotto ad un modello matematico dell'attività cerebrale in cui un ruolo centrale è giocato dalla dinamica coerente dei modi vibrazionali dei dipoli elettrici delle biomoecole e delle molecole dell'acqua, che costituisce la matrice in cui avviene ogni attività biochimica ed elettrochimica (l'acqua è circa l'80% in peso della massa cerebrale e circa il 90% in numero di molecole). Il carattere dissipativo della dinamica microscopica del cervello si manifesta nella centralità dell'interazione cervello/ambiente, mente/mondo. Nel suo intrinseco essere *dissipativo*, cioè aperto sul mondo, il cervello ne costruisce una rappresentazione che assume le forme della sua stessa immagine come Doppio del sé, in una irresolubile unità relazionale.

La frontiera mente/mondo diventa allora sede di un *andirivieni permanente*, "ponte", non barriera, tra l'interno e l'esterno, un "entre-deux" attraversato dal fluire della percezione della corporeità (*emozioni*).

La dimensione dell'esperienza trova in questa frontiera la possibilità della sua realizzazione in un imprevedibile aggiornarsi del sé e del Doppio, soggetto - quindi - alle ripetute "sorprese della percezione" (*stupore*). Forse è in questa frontiera mente/mondo, nel dialogo che lì si svolge col proprio Doppio, che ha sede l'atto della coscienza. Tutto interno e tutto esterno, di frontiera appunto. Fatto di solo presente. L'aggettivo latino *consciūs* ha il proprio corrispondente greco σύνειδώς che enfatizza il vedere assieme e immediato. Il Doppio è dunque il "testimone" e anche il "confidente", il complice. Questo vedere assieme e immediato sottolinea l'indiscernibile unità

ATTI DEL XXIV CONGRESSO DI OMEOPATIA,  
OMOTOSSICOLOGIA E MEDICINA BIOLOGICA  
Milano, 16 Maggio - Roma, 23 Maggio 2009  
- SESSIONE DI RICERCA SCIENTIFICA SULL'ACQUA

## IO E IL MIO DOPPIO: LA DINAMICA COERENTE DEL CERVELLO E L'EMERGERE DELLA COSCIENZA

MYSELF AND MY DOUBLE:  
BRAIN COHERENT DYNAMICS  
AND THE EMERGENCE OF CONSCIOUSNESS

La biologia molecolare ha raccolto successi enormi nella scoperta dei *costituenti* o "mattoni" usati dalla Natura nella costruzione dei sistemi biologici. Come osservato altrove (Vitiello, 2001; Vitiello, 2008a), il problema è ora quello della comprensione

del *come* mettere assieme questi costituenti elementari in modo tale che ne possa risultare il complesso comportamento a livello mesoscopico e macroscopico del sistema nella propria interezza. In altri termini, il problema è quello della transizione dal *naturali-*

del sé/Doppio, dove l'atto di coscienza diventa non suscettibile di essere risolto in passi razionali o imbrigliato in strutture logiche e cognitive come quelle linguistiche (un atto *inconoscibile*).

**PAROLE CHIAVE** CORRELAZIONI NEURONALI, COSCIENZA, DISSIPAZIONE, COERENZA

**SUMMARY:** Our body with its unavoidable *perceptual constraints* is fully immersed in the dimension of the *experience*, in the intricate network of exchanges, of *trades* with the external world. The openness of the brain on the world (*dissipation*) is the key ingredient at the basis of the quantum dissipative model of brain. This depicts in terms of coherent modes the dynamics of the dipoles of the water matrix in which neurons and glia cells are

embedded (water molecules are in number about the 90% of the total number of molecules). The dissipative brain dynamics points to the central role of the brain/environment coupling. The external world is the *reservoir* where the energy dissipated by the brain goes, or vice-versa. From the standpoint of the energy flux balance it behaves therefore as the time-reversed *copy* of the brain, its *Double*. The continual updating of the brain and environment states, due to the continual balancing of the in/out energy fluxes, can be described as the *dialog* of the brain with its *Double*. In such a dialog, in the *between* of the *Double/self* the consciousness act might reside, characterized by its being only in the *Now*, not in the past, neither in the future; not analyzable in logical steps, an *unknowable* act.

**KEY WORDS:** NEURAL CORRELATIONS, CONSCIOUSNESS, DISSIPATION, COHERENCE

smo, cioè dalla conoscenza dei componenti elementari, alla comprensione della *dinamica* che renda conto delle relazioni che *legano* tali componenti e descrive il comportamento del loro *complesso*, cioè del sistema come un *tutt'uno*. La fase del *naturalismo*, pur necessaria, non è sufficiente ai fini di una comprensione, che si possa dire scientifica, dei fenomeni oggetto del nostro studio.

- Sapere non è ancora comprendere. È interessante notare che Schrödinger, nel considerare i sistemi biologici e l'ordinamento nello spazio e nel tempo in essi manifesto, distingue tra «due modi di produrre l'ordine» (Schrödinger, 1944; p. 80): ordine generato da **mecanismi statistici** e ordine generato dalla **dinamica** delle interazioni tra componenti quantistici. È esperienza comune che una successione di reazioni chimiche temporalmente concatenate (ordinate nel tempo), come spesso osservate nei sistemi biologici, ben presto collapsi a causa delle interazioni casuali con l'ambiente in cui è immersa. La stabilità funzionale e l'efficienza chimica osservata nei sistemi biologici è ben lungi dall'essere "regolarità solo in media" (Schrödinger, 1944; p.79) quale quella ottenibile in un approccio statistico basato unicamente sugli urti casuali delle molecole.

- Schrödinger osserva che «non c'è bisogno di immaginazione poetica ma solo di chiara e sobria riflessione per riconoscere che ci troviamo ovviamente di fronte ad eventi il cui regolare e rigoroso svilupparsi è guidato da un "meccanismo" interamente differente dal meccanismo della fisica probabilistica».

A maggior ragione, il *problema dinamico* appare essere un problema di formidabili difficoltà quando il sistema da studiare è il cervello.

- Negli studi sul cervello, utilizzando sofisticate tecniche di analisi dei potenziali misurati con l'elettroencefalogramma (EEG) e con il magnetoencefalogramma (MEG), si osserva che l'attività neurale della neocorteccia presenta la formazione di configurazioni

estese di moti oscillatori modulati in ampiezza e in fase. Queste configurazioni emergono dalla cooperazione di miliardi di neuroni (Lashley, 1948; Pribram, 1991; Freeman, 1975/2004; Freeman, 2000), si estendono su quasi tutto l'emisfero cerebrale (coniglio, gatto) e su domini di dimensioni lineari fino ad una ventina di centimetri nel cervello umano (Freeman, 2005a; 2006) e sono praticamente sincroni, *in fase* (Freeman et al., 2003; Freeman e Rogers, 2003). Tale stato di cooperazione neurale ha una durata che va all'incirca dal decimo al centesimo di secondo (in termini di frequenza nell'intervallo 12-80 Hz delle onde cosiddette beta e gamma). Dopo qualche decimo di secondo (3-12 Hz, onde theta e alpha), dalla dissoluzione di tale stato, ne appare un altro in una diversa configurazione (Freeman, 2004a; 2004b; 2005a; 2006; Freeman e Vitiello 2006-2008b; Bassett et al. 2006).

*«Il problema che si pone è dunque quello di conoscere quale possa essere l'agente responsabile delle correlazioni neurali e come esso riesca a vincolare e a portare all'ordine globale nel giro di pochi millesimi di secondo i miliardi di neuroni che compongono ciascun emisfero umano (...).*

*Le trasmissioni su cui si instaura la cooperazione coprono distanze che sono mille volte superiori al diametro dell'estensione assonica e dendritica della stragrande maggioranza dei neuroni (...) e il tempo necessario per inviare impulsi tra i moduli corticali è troppo lungo per consentire una sincronizzazione generale dei treni di impulsi»* (Freeman, 2001).

Può essere utile a questo punto ricordare che in ogni sistema fisico la dinamica che regola l'evolversi nel tempo dei gradi di libertà dei componenti elementari è in generale caratterizzata da **proprietà di simmetria** (Itzykson e Zuber, 1990). Per esempio, la possibilità per un atomo di collocarsi in un qualsiasi punto dello spazio *senza che siano indotte variazioni dinamiche osservabili* viene descritta come **simme-**

**tria traslazionale continua nello spazio.**

Grazie a tale simmetria un insieme di atomi può assumere una infinità di configurazioni spaziali equivalenti tra loro (appunto simmetriche) dal punto di vista delle osservazioni, dunque fisicamente equivalenti, e in tale rispetto *indistinguibili* tra loro (Vitiello, 2009b). Il congelamento di tale simmetria traslazionale continua, come accade quando l'atomo appartiene ad un cristallo, è associato alla perdita o, come tecnicamente si dice, alla *rottura della simmetria traslazionale continua* nello spazio. L'ordine cristallino risulta - così - dalla rottura della simmetria traslazionale continua nello spazio; *l'ordine è mancanza della simmetria.*

Le diverse strutture cristalline che vengono osservate (cristalli cubici, romboedrici, etc.) corrispondono a diversi modi di rompere la simmetria nelle diverse direzioni spaziali. La conclusione è che mentre la simmetria descrive la indistinguibilità tra stati del sistema legati da una trasformazione di simmetria, l'ordine, cioè la rottura della simmetria, permette di distinguere tra stato e stato: la possibilità di distinguere, la diversità, l'individualità dello stato emerge dall'instaurarsi dell'ordine. Il formalismo matematico necessario per lo studio dei fenomeni in cui si abbia rottura della simmetria è quello della teoria quantistica dei campi (Itzykson e Zuber, 1990; Umezawa, 1993). In tale contesto si verifica che il meccanismo della rottura della simmetria e la conseguente formazione di strutture ordinate, è intrinsecamente legato alla **nozione di coerenza**. Questa esprime il moto coordinato, *in fase*, dei componenti elementari, ed è quindi alla base del concetto stesso di ordinamento.

Ad esempio, nei magneti, i magnetini elementari associati agli elettroni oscillano in fase e sono orientati in prevalenza in una data direzione. Ne risulta la grandezza macroscopica denominata magnetizzazione che caratterizza il sistema dei magnetini *nel suo complesso*, come accade in una calamita o nell'ago della bussola. Il concetto di

coerenza è così associato alla transizione dal livello dei componenti elementari (livello microscopico) al livello del comportamento del sistema *nel suo insieme* (livello macroscopico). Questa transizione dalla scala microscopica a quella macroscopica (o mesoscopica) è un aspetto molto importante del formalismo matematico che descrive il fenomeno della coerenza. Esso dà un significato quantitativamente ben definito alla nozione dell'*emergere* di una proprietà macroscopica da un processo dinamico microscopico, cosicché il sistema macroscopico possiede proprietà fisiche che non sono riscontrabili a livello microscopico (Umezawa, 1993; Vitiello, 2004b).

Le grandezze fisiche che caratterizzano il sistema *nel suo insieme* (la magnetizzazione nell'esempio del magnete) esprimono così *quantitativamente* il risultato della dinamica microscopica dei componenti elementari e al tempo stesso caratterizzano *qualitativamente* il comportamento macroscopico del sistema.

La durezza, per esempio, è proprietà del cristallo, non dei suoi componenti atomici o molecolari.

Questi ultimi sono confinati nei siti cristallini, non possono spostarsi liberamente come farebbe un atomo non appartenente ad un cristallo, perdono cioè alcuni dei loro *gradi di libertà*.

In compenso, tuttavia, proprio da un tale congelamento di gradi di libertà microscopica *emerge*, attraverso un ben definito processo dinamico, una caratterizzazione del *sistema* a livello macroscopico (la durezza del cristallo, la sua conducibilità elettrica, etc.). L'ordine, d'altra parte, spaziale o temporale che sia, è esso stesso una caratteristica *collettiva* di un insieme di componenti elementari (non ha senso parlare di ordine nel caso di pochi componenti elementari).

- È dunque in tal senso che si parla di *sistemi quantistici macroscopici*.

I cristalli, i magneti sono esempi di sistemi quantistici macroscopici.

Contrariamente a quanto talvolta viene erroneamente affermato, va sottoli-

neato che in molti sistemi il regime dinamico della coerenza persiste anche a temperature non necessariamente molto basse. Ad esempio, per molti cristalli e magneti le temperature di dissolvimento (di fusione) della struttura ordinata (coerente) del reticolo cristallino o dei magnetini elementari sono di centinaia o migliaia di gradi centigradi; il diamante fonde a 3545 °C, il cristallo di cloruro di sodio, il comune sale da cucina, fonde a 804 °C; nel Ferro la coerenza tra i magnetini elementari che si manifesta nella magnetizzazione si perde a 770°C, nel Cobalto a 1075°C (la temperatura critica di transizione dalla fase ferromagnetica a quella non magnetica è detta temperatura di Curie).

Nei superconduttori le temperature critiche sono molto basse, non superiori a circa -252°C per alcuni composti del Niobio, e fino a poco più di -153 °C per alcuni superconduttori, quali alcuni ossidi di rame contenenti Bismuto.

Le temperature critiche per il fenomeno della coerenza possono dunque essere molto basse o molto alte (rispetto alla temperatura ambiente) in dipendenza di specifiche condizioni e proprietà dinamiche caratteristiche del sistema considerato.

Il regime dinamico coerente è dunque caratterizzato da una notevole stabilità. A temperature inferiori alla temperatura critica, lo stato di minima energia del sistema, detto stato fondamentale o *vuoto*, che si trovi nella fase coerente, ha energia quasi-uguale a quella dello stato fondamentale della fase non coerente. Questo significa che lo stato coerente è stabile così come lo è quello non coerente.

Nel 1967, su tale base concettuale offerta dalla teoria quantistica dei campi e suffragata da una mole enorme di dati sperimentali nella fisica della materia condensata, Ricciardi e Umezawa (1967) formularono il **modello quantistico del cervello**. In esso si assume che lo stimolo esterno percepito dal cervello sia responsabile della rottura della simmetria.

La coerenza è quella dei quanti associati a tale processo di rottura. La densità di tali quanti viene assunta come indice o codice distintivo della *memoria* associata allo stimolo esterno che ha indotto la rottura della simmetria. Va sottolineato il fatto che nel modello di Ricciardi e Umezawa i neuroni e le altre unità cellulari sono dei sistemi classici. Le variabili quantistiche sono i modi vibrazionali dei dipoli elettrici della matrice acquosa e delle altre biomolecole presenti (Del Giudice, 1985 - 2006). Lo stesso accade nel modello quantistico dissipativo che verrà discusso in seguito. In entrambi i modelli la simmetria rotazionale di tali dipoli elettrici viene *rotta* dagli stimoli esterni.

Si noti che lo stimolo esterno non condiziona la dinamica interna del cervello se non nel provocare la rottura della simmetria. La dinamica interna procede in maniera **indipendente** dallo stimolo. Questo aspetto può avere una verifica chiara e diretta in laboratorio. Esso spiega anche il fatto che uno stimolo esterno, anche dissimile da quello che originariamente ha indotto il processo di memorizzazione, può stimolare il *ricordo* della memoria precedentemente registrata.

Quello che occorre è che il processo dinamico interno del ricordare sia *simile* a quello che ha portato alla registrazione della memoria da richiamare. Questo dà ragione in termini dinamici del fenomeno, di comune esperienza, dell'*emergere* di ricordi in condizioni percettive anche molto differenti da quelle in cui, anche molto tempo addietro, è avvenuta la memorizzazione di *quella* data memoria.

Ovviamente qui ci riferiamo a stimoli normali o "deboli", non fortemente stressanti, come uno shock, o volutamente indotti in modo da asservire la funzionalità del cervello totalmente allo stimolo, come un elettro-shock.

Tali stimoli "forti" inducono la rottura della simmetria in maniera implicita e condizionano la funzionalità cerebrale in maniera diretta.

Gli stimolo deboli, al contrario, permettono che la dinamica cerebrale si

realizzi in modo indipendente dallo stimolo.

Essi inducono la rottura spontanea della simmetria che viene detta spontanea perché qualsiasi regime dinamico che sia compatibile con lo stato del cervello è permesso ed è scelto sulla base di una miriade di condizioni.

Nel modello di Ricciardi e Umezawa, e nei suoi successivi sviluppi (Stuart, Takahashi e Umezawa, 1978; 1979), la registrazione di una memoria indotta da uno stimolo era cancellata da quella di un'altra memoria indotta da uno stimolo successivo. Questa *sovrascrittura (overprinting) di memorie* rendeva minima la *capacità* di memoria del modello. Inoltre, per semplicità, il modello non considerava il fatto che il cervello è un sistema in continua, ineliminabile interazione con l'ambiente. Una tale "approssimazione" non è assolutamente accettabile dal momento che il cervello è un sistema intrinsecamente *aperto* sul mondo che lo circonda, e *chiuderlo* significa eliminarne ogni funzionalità, come si può osservare e come affermano la medicina e le neuroscienze.

Non a caso l'imprigionamento e, peggio, l'isolamento sono pene fisiche con danni gravi sullo stato di benessere.

È dunque necessario modificare il modello di Ricciardi e Umezawa in modo da tener conto che il cervello è in continuo scambio energetico con l'ambiente.

- Arriviamo così alla formulazione del modello quantistico *dissipativo* del cervello (Vitiello, 1995; 1998; 2001).

La necessità fisica di considerare il cervello e, contemporaneamente, il suo ambiente si traduce nella necessità matematica di "**raddoppiare** il sistema": abbiamo il sistema cervello e il sistema ambiente. Quest'ultimo, ineliminabile, può essere schematizzato come il *serbatoio* da cui proviene tutto quanto il cervello assorbe, ed in cui si versa tutto quanto il cervello rilascia. Il sistema complessivo, cervello-ambiente, è un sistema *chiuso* in cui il

flusso energetico alla frontiera cervello-ambiente è perfettamente bilanciato. *Dal punto di vista matematico, cioè del bilanciamento del flusso, l'ambiente è una copia* del cervello per cui al flusso in ingresso corrisponde il flusso in uscita dal cervello e viceversa.

Per quanto riguarda i flussi energetici, esso è descritto allo stesso modo in cui è descritto il cervello, con l'accortezza di cambiare "flusso *in*" in "flusso *out*" e viceversa, il che si ottiene algebricamente cambiando il segno della variabile tempo: l'ambiente è dunque la copia "invertita nel tempo" del cervello. Ovviamente l'interazione del cervello con l'ambiente è molto complessa e richiede la conoscenza e il rilevamento di un numero enorme di parametri. Tuttavia, se ci si limita a considerare soltanto il bilanciamento del flusso energetico, la descrizione dell'ambiente come copia invertita nel tempo del cervello è matematicamente corretta. In tale descrizione l'ambiente è dunque effettivamente la "copia", il *Doppio* del cervello.

Nell'incessante evoluzione dinamica (nel "funzionamento" del cervello) si hanno variazioni nei flussi scambiati tra cervello ed ambiente, e quindi deve esserci un continuo *aggiornamento* nello stato del cervello e nello stato dell'ambiente al fine del bilanciamento dei flussi energetici. Esiste quindi un continuo "aggiornamento reciproco", un processo di *back-reaction* reciproco, di "dialogo", mai monologo, mai risolvibile, pena lo sbilanciamento energetico tra il cervello e il suo Doppio. Come vedremo, "*in tale dialogo, talvolta nel conflitto tra il sé e il Doppio, si sviluppa la dinamica del sapere, del comprendere, del sentire, del vivere. Le influenze reciproche, dell'uno sull'altro, richiedono un aggiornamento continuo del loro rapporto. Ciascuno di essi è esposto allo sguardo dell'altro*" (Vitiello, 2008a).

È in questo dialogo tra il sé e il Doppio, in questo *entre-deux*, che probabilmente ha sede l'atto della *coscienza* (Vitiello, 1995; 2001). Esso riassume in sé l'esperienza accumulata nel passa-

to, ma è fatto di solo presente (Vitiello, 2001; 2004a). In questa prospettiva, il cervello appare come esteso nella sua funzionalità oltre il limite della sua configurazione anatomica. La coscienza è come diffusa nell'ambiente in cui il cervello è immerso (Vitiello, 2009b).

Come affermato altrove (Vitiello, 2009b), è fondamentale chiarire che il rapporto col Doppio è un rapporto dinamico, non di rispecchiamento narcisistico. Nel modello dissipativo *non c'è nulla del mirroring* di Narciso. Come osserva Desideri (2008) a proposito di certe attuali discussioni sui neuroni specchio (*mirror neurons*) (Rizzolati, 2001; 2004), il rispecchiamento (*mirroring*) è statico e non è occasione di apprendimento perché l'azione osservata e l'azione compiuta sono strutturalmente equivalenti. Quello che si osserva in laboratorio (Freeman, 2004-2006), e fa ovviamente parte della nostra comune esperienza costituendo uno degli aspetti distintivi del modello dissipativo, è la proprietà del cervello di *accumulare esperienza e costruire conoscenza*, cioè di apprendere come fare ad avere "la massima presa" sul mondo. Per questo scopo non basta copiare, puro e semplice *mirroring*, occorre un'operazione creativa, una *mimesis*, che, ricorda Desideri, nel senso della Poetica di Aristotile, *riguarda il possibile e non ciò che semplicemente accade*. Occorre quel *coefficiente d'indeterminatezza immaginativa* che permette apprendimento ed anche *variazione del modello di azione osservata* (Desideri, 2008).

Dal punto di vista fisico il processo di apprendimento che nasce dal dialogo col Doppio è formalmente legato al minimizzare l'energia libera del sistema.

- Occorre ora accennare ad un aspetto matematico molto importante derivante dalla necessità di raddoppiare il sistema. Bilanciare i flussi energetici equivale a fissare a zero la loro differenza: tanto esce dal cervello quanto entra nell'ambiente, e viceversa.

Questo caratterizza lo stato di minima energia del sistema complessivo, cer-



vello-ambiente. Tuttavia, fissare a zero la differenza lascia totalmente indeterminati i termini la cui differenza è nulla. L'operazione di bilanciamento permette - quindi - una serie infinita di coppie di stati del cervello e dell'ambiente per i quali una tale differenza sia zero. A ciascuno di tali stati (consideriamo per esempio il cervello, ma lo stesso vale per l'ambiente) può corrispondere - quindi - un diverso valore dell'energia scambiata e a questo un diverso valore della densità dei quanti emergenti dalla rottura della simmetria. Si può mostrare che stati con densità diverse sono tra loro ortogonali, quindi senza interferenze reciproche. Ciascuna di tali densità può essere considerata un indice o codice per una memoria, come abbiamo imparato a fare nel modello di Ricciardi e Umezawa. Solo che ora, grazie alla dissipazione, abbiamo un'infinità di stati, quindi di codici, quindi di memorie possibili da registrare senza interferenze reciproche. La dissipazione risolve il problema della capacità di memoria! L'enorme capacità di memoria è conseguenza del fatto che il cervello è un **sistema dissipativo** (Vitiello, 1995).

È interessante notare che l'acquisizione di una "nuova" memoria corrisponde all'utilizzo di uno degli infiniti stati fondamentali cui il sistema cervello-ambiente ha accesso. Possiamo quindi descrivere l'insieme degli stati di memoria (o "spazio della memoria") come l'insieme di tali stati fondamentali. Poiché questi sono stati di minima energia (in essi la differenza tra i flussi energetici è zero, come detto sopra), essi sono stati verso cui il sistema "tende" nella sua evoluzione, come verso "attrattori". L'insieme degli stati di memoria appare, quindi come un "paesaggio di attrattori". Nella sua evoluzione, il cervello passa da attrattore ad attrattore, come in un percorso in questo paesaggio di attrattori, soffermandosi più o meno a lungo in ciascuno di essi, mai, in condizioni normali (di salute), restandovi intrappolato. Lungo ciascun percorso o traiettoria l'energia libera del sistema è minima.

L'acquisizione di una nuova memoria, comporta non solo l'aggiunta di un nuovo attrattore al paesaggio degli attrattori, ma la *riorganizzazione dell'intero paesaggio, e quindi il suo completo aggiornamento alla luce della nuova acquisizione*. È in tale processo che consiste la *contestualizzazione* della nuova acquisizione e l'emergere del suo *significato*, che non appartiene mai allo stimolo percettivo (*input*), ma appartiene al *contesto* del ridisegnato paesaggio degli attrattori, *nel suo complesso sempre nuovo*. Emerge così la dimensione della *novità*, della *sorpresa*, dello *stupore* associata al *vedere d'un tratto*, inaspettato (Vitiello, 2004a; 2006). In questo *vedere diverso* (Desideri, 2007) è da cercare la genesi dell'*immaginazione* ed il suo ruolo nel determinare traiettorie diverse nello spazio degli attrattori. Siamo molto lontani da un semplice *mirroring*. Il rapporto del cervello con il mondo è un rapporto tutto dinamico.

Questo processo di contestualizzazione, in cui il cervello *rimette in discussione* tutto il proprio *assetto esperienziale*, costituisce uno dei tratti più salienti del modello dissipativo quantistico del cervello. Esso descrive in modo fedele le osservazioni di laboratorio in cui il soggetto esaminato, animale o uomo, *reagisce* alle situazioni in cui viene a trovarsi in modo non meccanicistico (Freeman e Vitiello, 2008a; 2008b).

È attraverso questo processo di *astrazione* (o esemplificazione necessaria per la costruzione del nuovo attrattore, cioè del bilanciamento dei flussi) e di *generalizzazione* (o creazione di *categorie* nell'istituire correlazioni nel paesaggio degli attrattori) che procede l'*apprendimento* ed il flusso di informazioni scambiato nella relazione con il mondo diventa *conoscenza*.

Le traiettorie nel paesaggio degli attrattori sono traiettorie caotiche (Vitiello, 2004b; Pessa e Vitiello, 2003; 2004). Queste non sono periodiche (una traiettoria non interseca mai se stessa); traiettorie che abbiano diverse condizioni iniziali non si intersecano mai, anzi sono (esponenzialmente) divergenti.

Il cervello nella propria evoluzione temporale appare come un sistema che "vive" su molte configurazioni microscopiche descritte dagli stati di minima energia corrispondenti a memorie diverse, passando da configurazione a configurazione (da memoria a memoria) nei suoi percorsi nel paesaggio degli attrattori. Anche una debole perturbazione esterna (uno stimolo debole) può indurre transizioni attraverso questi stati di minima energia.

In questo modo perturbazioni occasionali (*random*) giocano un ruolo importante nella complessa attività cerebrale. Il ruolo del caos e del rumore predetto dal modello dissipativo trova riscontro nelle osservazioni di laboratorio (Freeman, 2000; 2006) con particolare riferimento allo stato di riposo del cervello, la cui dinamica mostra caratteristiche frattali (Freeman e Vitiello, 2008a; 2008b; 2009; Vitiello, 2009a).

La forte influenza di minimi cambiamenti delle condizioni iniziali che determinano le traiettorie nello spazio della memoria induce a considerare il ruolo del "dubbio" (Desideri, 1998; Vitiello, 2004a; 2004b) nel modello dissipativo. Il dialogo con il Doppio vive del continuo ristrutturarsi del paesaggio degli attrattori e questo a propria volta induce un processo di *autointerrogarsi* e di *ascolto* (Desideri, 1998).

In tale processo l'attività cerebrale può essere indotta a lasciare altri percorsi o a sfuggire all'intrappolamento ("fissazioni") in tale o tal'altro attrattore.

Il dubbio genera l'*errare* nel paesaggio degli attrattori causato dall'incertezza legata al suo costante ridisegnarsi, indotto dalla seduzione di nuove prospettive aperte dal dipanarsi di una nuova traiettoria, mettendo in discussione certezze acquisite in precedenti esperienze percettive. Questo errare è dunque un tratto caratteristico dell'attività cerebrale, del *pensare*. Esso emerge nella imprevedibilità dei moti della coscienza, nel loro essere infedeli a qualsiasi schema prefissato, nella loro irrinunciabile soggettività, nella loro totale *autonomia*.

- La condizione è quella del *viandante* di Nietzsche (Nietzsche, 1878/1990)

che “non conosce la direzione della sua trasformazione, muta e sente di mutare a contatto con l’esperienza che mette in gioco le sue sicurezze. Il cammino è anche un cammino di conoscenza.” (Campioni, 1996). O anche quella dell’Edipo a Colono che, finalmente, “vede” dopo l’antico errare (Sofocle, 2006).

- Riassumendo, la nostra corporeità si concretizza nell’ineliminabile *vincolo percettivo* in ogni manifestazione o modalità del nostro essere.

La *dimensione dell’esperienza* si manifesta nella nostra immersione in una *rete di scambi*, di traffici con il mondo esterno e in un *referire a sé* in una dimensione che possiamo chiamare dell’*ascolto*. La presenza del mondo esterno, il suo essere *oggettivo*, cioè altro dal sé, non si contrappone, anzi alimenta il nostro essere *soggettivo* attraversato dal fluire della percezione della corporeità (*emozioni*). Ne nasce un’immagine del mondo che si identifica con la stessa immagine del sé, come *Doppio* del sé, in una irrisolvibile unità relazionale.

La conoscenza costruita sulla base dell’esperienza accumulata in percezioni passate genera una *prospettiva*, o visione del mondo, e da questa derivano *aspettative* che orientano nella ricerca *intenzionale* di situazioni esperienziali soddisfacenti (Vitiello, 2008a).

L’*intenzionalità* che determina il nostro *fare* trova, dunque, la sua radice nella tensione nell’aggiornare un equilibrio *mai definitivo* con il mondo che ci circonda. Il nostro fare, in questa tensione intenzionale, *verifica* l’attendibilità delle aspettative, e così sottopone a *prova sperimentale* la *credibilità* stessa della nostra visione del mondo. In tal modo la rete di relazioni con l’esterno definisce e stabilizza la conoscenza, cioè la rende credibile perché verificabile (Vitiello, 2008b). Il ciclo *azione-percezione* descritto in neurologia (Freeman, 2001; Dreyfus, 2007) si traduce in tal modo nell’*arco intenzionale* (Merleau-Ponty, 1945).

Per questa via riconosciamo che il paradigma della Scienza Nuova di Galileo ha radici profonde nella nostra stessa corporeità.

Contro ogni evidenza, la natura di sistema intrinsecamente aperto del cervello viene molto difficilmente accettata quando l’ambiente è fatto da *gli altri*.

- La domanda che viene allora posta è: dove finisco “io” e dove cominciano “gli altri”? Essa diventa anche più radicale quando si tratta di gruppi che si fregiano di una “identità forte”: dove finiamo “noi” e dove cominciano “loro”?

L’evidenza dei fatti ci dice che il cervello è un sistema aperto, il cui rapporto dinamico con *gli altri* è tale che questi *appartengono* al suo Doppio e la “loro” eliminazione sarebbe una auto-eliminazione. Questa *appartenenza* è *reciproca* e mai compiuta in *termini definitivi*, perché il dialogo con il Doppio non è mai compiuto. Nel rapporto con gli altri entra - dunque - tutta la ricchezza dell’immaginazione e dell’operazione creativa che entra nel dialogo, tutto dinamico, con il Doppio.

- La conclusione è che il cervello ha una dimensione sociale *intrinseca*.

Come già detto, nel dialogo col proprio Doppio ha sede l’atto della *coscienza* (Vitiello, 2001). Tutto interno e tutto esterno, di frontiera. Fatto di solo presente. L’aggettivo latino *consciū* ha il corrispondente greco *συνειδώς* che enfatizza il vedere assieme e immediato. Il Doppio è dunque il “testimone”, e anche il “confidente”, il “complice”.

Questo vedere assieme e immediato sottolinea l’*indiscernibile* unità del sé/Doppio, dove l’atto di coscienza diventa non suscettibile di essere risolto in passi razionali o imbrigliato in strutture logiche e cognitive come quelle linguistiche (un atto *inconoscibile*).

Se mai sarà possibile costruire un dispositivo dotato di coscienza, esso dovrà possedere tutte le migliori proprietà che caratterizzano l’essere umano: la sua imprevedibilità di comportamento, la sua capacità di imparare, ma anche la sua infedeltà; il suo inevitabile coinvolgimento con il mondo, ma anche la sua irrinunciabile libertà; e lo si dovrà chiamare *Spartaco* (Vitiello, 2004a; 2004b).

- Mi piace chiudere questa breve rela-

zione (basata in particolare sui lavori di Vitiello, 2008a; Freeman e Vitiello, 2009) con una pagina di Borges in *Io e Borges* (1996) che mi sembra si addica sorprendentemente bene al *Doppio disvelato* dal modello dissipativo del cervello:

“È all’altro, a Borges, che accadono le cose... Sarebbe esagerato affermare che fra noi c’è ostilità; io vivo, io mi lascio vivere, perché Borges possa tramare la sua letteratura e quella letteratura mi giustifica... Del resto, io sono destinato a perdermi, definitivamente, e solo qualche istante di me potrà sopravvivere nell’altro... Spinoza capì che tutte le cose vogliono perseverare nel loro essere; la pietra eternamente vuole essere pietra e la tigre una tigre. Io resterò in Borges, non in me (ammesso che io sia qualcuno)...

Qualche anno fa ho cercato di liberarmi di lui passando dalle mitologie dei sobborghi ai giochi col tempo e con l’infinito, ma quei giochi ora sono di Borges e io dovrò ideare altre cose.

Così la mia vita è una fuga e io perdo tutto e tutto è dell’oblio, o dell’altro.

Non so chi di noi due scrive questa pagina.” ■

## Bibliografia

1. Bassett D.S., Meyer-Lindenberg A., Achard S., Duke T., Bullmore E. - Adaptive reconfiguration of fractal small-world human brain functional network. *PNAS* 103: 19518-19523; **2006**.
2. Borges J.L. - *Io e Borges*, in *L’artefice* (El hacedor [1960]). Milano, Adelphi; **1996**.
3. Campioni G. - La difesa dell’illusione metafisica: una “wagneriana” risponde a Friedrich Nietzsche. *Atque* 12: 165-198; **1996**.
4. Del Giudice E., Doglia S., Milani M., Vitiello G. - A quantum field theoretical approach to the collective behavior of biological systems. *Nucl. Phys. B* 251 (FS 13): 375-400; **1985**.
5. Del Giudice E., Doglia S., Milani M., Vitiello G. - Electromagnetic field and spontaneous symmetry breakdown in biological matter. *Nucl. Phys. B* 275 (FS 17): 185-199; **1986**.
6. Del Giudice E., Preparata G., Vitiello G. - Water as a free electron laser. *Phys. Rev. Lett.* 61: 1085-1088; **1988**.
7. Del Giudice E., Vitiello G. - The role of the electromagnetic field in the formation of domains in the process of symmetry breaking phase transitions. *Phys. Rev. A* 74, 022105; **2006**.
8. Desideri F. - L’ascolto della coscienza. Una ricerca filosofica. Milano, Feltrinelli; **1998**.
9. Desideri F. - Il nodo percettivo e la meta-funzionalità dell’estetico. In F. Desideri e G. Matteucci (a cura di) - *Estetiche della percezione*. Firenze, University Press; 13-24; **2007**.
10. Desideri F. - Del comprendere. A partire da Wittgenstein. *Atque*, vol 5 Nuova Serie: 135

- 154; **2008**.
11. Dreyfus H.L. - Walter Freeman's Merleau-Pontian Neurodynamics. Conference on Brain Network Dynamics, University of California, Berkeley, January **2007**.
  12. Freeman W.J. - Mass Action in the Nervous System. New York: Academic Press. **1975/2004**.
  13. Freeman W.J. - How Brains Make Up Their Minds. New York: Columbia University Press. Traduz. In italiano: Come Pensa il Cervello. Einaudi, Torino; **1999**.
  14. Freeman W.J. - Neurodynamics. An Exploration of Mesoscopic Brain Dynamics. London UK, Springer-Verlag; **2000**.
  15. Freeman W.J., Gaál G., Jornten R. - A neurobiological theory of meaning in perception. Part 3. Multiple cortical areas synchronize without loss of local autonomy. *Int. J. Bifurc. Chaos* 13: 2845-2856. **2003**.
  16. Freeman W.J., Rogers L.J. - A neurobiological theory of meaning in perception. Part 5. Multi-cortical patterns of phase modulation in gamma EEG. *Int. J. Bifurc. Chaos* 13: 2867-2887. **2003**.
  17. Freeman W.J. - Origin, structure, and role of background EEG activity. Part 1. Phase. *Clin. Neurophysiol.* 115: 2077-2088. **2004a**.
  18. Freeman W.J. - Origin, structure, and role of background EEG activity. Part 2. Amplitude. *Clin. Neurophysiol.* 115: 2089-2107. **2004b**.
  19. Freeman W.J. - Origin, structure, and role of background EEG activity. Part 3. Neural frame classification. *Clin. Neurophysiol.* 116: 1117-1129. **2005a**.
  20. Freeman W.J. - NDN, volume transmission, and self-organization in brain dynamics. *J. Integrative Neuroscience*, 4 (4): 407-421. **2005b**.
  21. Freeman W.J. - Origin, structure, and role of background EEG activity. Part 4. Neural frame simulation. *Clin. Neurophysiol.* 117: 572-589. **2006**.
  22. Freeman W.J., Vitiello G. - Nonlinear brain dynamics as macroscopic manifestation of underlying many-body dynamics. **2006**. *Phys. of Life Reviews*, 3: 93-117. q-bio.OT/0511037.
  23. Freeman W.J., Vitiello G. - Dissipation, spontaneous breakdown of symmetry and brain dynamics. **2008a**. *J. Phys. A: Math. Theor.* 41: 304042. q-bio.NC/0701053.
  24. Freeman W.J., Vitiello G. - Vortices in brain waves. Forthcoming. arXiv:0802.3854. **2008b**.
  25. Freeman W.J., Vitiello G. - Dissipative neurodynamics in perception Forms cortical patterns that are stabilized by vortices. *J. Phys. A*, *in press*.
  26. Itzykson C., Zuber J. - Quantum field theory. New York, McGraw-Hill; **1980**.
  27. Lashley K. - The Mechanism of Vision, XVIII, Effects of Destroying the Visual "Associative Areas" of the Monkey. Provincetown MA: Journal Press. **1948**.
  28. Merleau-Ponty M. - Phenomenology of Perception. (C. Smith, Trans.) New York, Humanities Press; **1945/1962**.
  29. Nietzsche F. - Umano troppo umano. Milano, Newton Compton; **1878/1990**.
  30. Pessa E., Vitiello G. - Quantum noise, entanglement and chaos in the quantum field theory of mind/brain states. *Mind and Matter* 1: 59-79. **2003**.
  31. Pessa E., Vitiello G. - Quantum noise induced entanglement and chaos in the dissipative quantum model of brain. *Int. J. Mod. Phys.*, B18: 841-858. **2004**.
  32. Pribram K.H. - Brain and perception. Hillsdale, N. J.: Lawrence Erlbaum; **1991**.
  33. Ricciardi L.M., Umezawa H. - Brain and physics of mind-body problems. 1967. *Kybernetik* 4: 44-48. Reprint in G.G. Globus, K.H. Pribram, G. Vitiello - Brain and Being, **2004**. 255-266. Amsterdam, John Benjamins.
  34. Rizzolati G., Fogassi V., Gallese V. - Neurophysiological mechanisms underlying the understanding and imitation of action. *Nature Neuroscience Reviews* 2: 661-670; **2001**.
  35. Rizzolati G., Craighero L. - The mirror-neuron system. *Annu. Rev. Neurosci.* 27: 169-192; **2004**.
  36. Schrödinger E. - What is life? **1944** [1967 reprint]. Cambridge; University Press.
  37. Sofocle - Edipo a Colono. Milano, Mondadori; **2006**.
  38. Stuart C.I.J., Takahashi Y., Umezawa H. - On the stability and non-local properties of memory. *J. Theor. Biol.* 71: 605-618; **1978**.
  39. Stuart C.I.J., Takahashi Y., Umezawa H. - Mixed system brain dynamics: neural memory as a macroscopic ordered state. *Found. Phys.* 9: 301-327. **1979**.
  40. Umezawa H. - Advanced field theory: micro, macro and thermal concepts. New York, American Institute of Physics; **1993**.
  41. Vitiello G. - Dissipation and memory capacity in the quantum brain model. *Int. J. Mod. Phys. B9*: 973-989. **1995**.
  42. Vitiello G. - Dissipazione e Coscienza. *Atque*, 16: 171-198, Nov 1997-Aprile **1998**.
  43. Vitiello G. - My Double Unveiled. Amsterdam, John Benjamins; **2001**.
  44. Vitiello G. - The dissipative brain. In Globus G.G., Pribram K. H., Vitiello, G. - Brain and Being, 255-266. Amsterdam, John Benjamins; **2004a**.
  45. Vitiello G. - Classical chaotic trajectories in quantum field theory. *Int. J. Mod. Phys. B18*: 785-792. **2004b**.
  46. Vitiello G. - Oggetto, percezione e astrazione in fisica. *In F. Desideri, E.G. - Matteucci eds. - Dall'oggetto estetico all'oggetto artistico*. 11-21. Firenze, University Press. **2006**.
  47. Vitiello G. - Essere nel mondo: Io e il mio Doppio. *Atque*, vol 5 N.S.: 155-176; **2008a**.
  48. Vitiello G. - Campo dei fiori, in *Scienza e Società*. A cura di Patrice Poinssotte, Prefazione di Margherita Hack. Roma: Aracne. 79-98. **2008b**.
  49. Vitiello G. - Coherent states, fractals and brain waves. *New Mathematics and Natural Computing*, **2009a**. 5: 245-264.
  50. Vitiello G. - Errare e pensare. *In press*.

### Riferimento bibliografico

VITIELLO G. - Io e il mio doppio: la dinamica coerente del cervello e l'emergere della coscienza. *La Med. Biol.*, **2009/4**; 9-15.

### Indirizzo dell'Autore

#### Prof. Giuseppe Vitiello

- Dipartimento di Matematica e Informatica e *Brain and Consciousness Study Group*.  
Università degli Studi di Salerno  
- Istituto Nazionale di Fisica Nucleare  
Gruppo Collegato di Salerno  
I - 84100 Salerno