

## GERALD EDELMANN – LA “MATERIALIZZAZIONE” DELLA COSCIENZA

A metà del mese di maggio di quest’anno è venuto a mancare Gerald Edelman, premio Nobel per la medicina, ma ancora più noto per i suoi successivi studi nel campo delle neuroscienze volti in particolare alla formulazione di una teoria avanzata e biologicamente fondata sui rapporti tra mente e cervello: una teoria che ha preso forma in testi “cult” come *Sulla materia della mente* (Adelphi, 1992), *Seconda natura. Scienza del cervello e conoscenza umana* (Cortina, 2007), *Un universo di coscienza. Come la materia diventa immaginazione* (Einaudi, 2000), scritto in collaborazione con Giulio Tononi, psichiatra e direttore del *Center for sleep and consciousness* – Università del Wisconsin.

L’impresa di Edelman rappresenta forse il più completo sforzo compiuto in ambito neuroscientifico – supportato dai risultati ottenuti grazie alle più avanzate tecniche d’indagine sul cervello - per arrivare ad una teoria integrata della coscienza, riducendo il *gap* cartesiano che da sempre, storicamente, la separa dal suo sostrato materiale.

Edelman nasce come biologo e i suoi primi studi vertono sulla immunologia, ossia su uno dei tanti “misteri” dell’organismo: come fa l’organismo a discriminare ciò che è “proprio” e ciò che non gli appartiene o che gli è addirittura dannoso? In un certo senso, l’immunologia si presenta come una disciplina ai confini tra la filosofia e la biologia, in cui interrogativi fisici e “metafisici” sembrano incontrarsi. La discriminazione “immunologica” tra il “proprio” e il “non-proprio” agisce non solo a livello cellulare, ma sta a fondamento del concetto di *autocoscienza*, dove la discriminazione prende la forma della contrapposizione tra l’*Io* e il *Non-Io*.

Questa identità ideale, l’*Io*, ha sempre recitato nella filosofia un ruolo fondamentale. Pensiamo al *Cogito ergo sum* di Cartesio; all’*Io=Io* contrapposto al *Non-Io* come principio su cui Fichte fonda il suo sistema. Neppure possiamo astenerci dal fare osservare che la discriminazione tra “proprio” (*eigen*) e “improprio” (*uneigen*) è parte fondamentale nella costruzione dell’analitica dell’esistenza in *Essere e Tempo* di Heidegger. Questa sovrapposibilità di scenari bio-filosofici è stata ulteriormente evidenziata da Alfred I. Tauber nella sua più nota opera, *The immune Self. Theory or metaphor?* (1994), alla cui lettura si rimanda il lettore per ulteriori e opportuni approfondimenti.

Se sotto questi aspetti, la strada di Edelman verso lo studio della coscienza sembra essere già “segnata”, anche l’attenzione all’opera di Darwin non è estranea alla tradizione degli immunologi. Un importante precedente è rappresentato da uno dei pionieri della immunologia, Ilya Mechnikov, al quale Edelman deve in parte il suo particolare approccio “embriologico” nella comprensione della natura e della evoluzione della struttura del cervello.

A di là degli indiscussi meriti scientifici acquisiti da Edelman nel campo della biologia, che gli valsero il conferimento del premio Nobel per la medicina nel 1972, l’apporto determinante nel campo delle neuroscienze è consistito nel fatto di avere cercato di indicare un senso, un criterio, un metodo per districarsi nel marasma neuronale. L’obiettivo di “spiegare la coscienza” – a prescindere dal conseguimento di questo obiettivo – ha comunque funzionato come faro utile a navigare dentro la struttura del cervello.

L’alto significato dell’impresa di Edelman deve infatti essere colto, a nostro modesto parere, proprio nello sforzo profuso nel tradurre il groviglio neuronale in un costrutto *dotato di senso*, e cioè in un sistema. Ciò assume enorme valore in un ambito come quello neuroscientifico caratterizzato da *puzzle* frantumato in una miriade di ricerche che forniscono incessantemente dati sempre nuovi che spesso suggeriscono ipotesi tra di loro contrastanti.

Anche se altri illustri studiosi hanno portato significativi contributi allo sviluppo di una teoria del cervello – come ad esempio Damasio, per fare un nome altrettanto noto - però nessuno ha raggiunto, nel campo della recente ricerca neuroscientifica, ciò che un tempo di sarebbe definita “l’altezza filosofica”, o la sapienza costruttiva di Edelman.

La chiave di ingresso che consente di risalire dal mondo fisico al mondo “metafisico” viene ricercata da Edelman nella potenza sincronizzante del cervello. Questa caratteristica dovrebbe però stimolare ulteriori approfondimenti cercando di studiare più da vicino le modalità con cui il cervello processa la *dimensione temporale* connettendo le dinamiche di sviluppo della coscienza non solo ad un gioco di selezione di circuiti specifici tra infiniti altri circuiti (darwinismo neuronale) in un contesto adattivo, bensì allo sviluppo di sistemi neuronali in grado di processare la temporalità a livelli sempre più raffinati e complessi che consentono al cervello di tramutarsi in un operatore “quantic” e non semplicemente “qualico”. Il cervello espansivo sarebbe come una pianta che, una volta arrampicatasi nello spazio, prende ad arrampicarsi nel tempo. La coscienza, in questo quadro, funziona come un faro che illumina una dimensione che non esiste nel mondo fisico, ossia il *futuro*.

Questo tipo di “account” si trova attualmente al centro del programma di indagine teorica del Gruppo di Neuroteoretica ([P. G. Milanese, G. Nappi, \*Con gli occhi del Tempo, in Confinia Cephalogica\*, 2013, XXII, 1](#)). Fin dal suo inizio i progetti di ricerca del Gruppo di Neuroteoretica si sviluppano nella prospettiva di un ampliamento ed elaborazione di temi e problematiche che Edelman ha affrontato e proposto. In particolare citiamo la ricerca su un “set di *qualia*” che agisce con funzione strutturale in tutti gli esseri viventi e che gioca un ruolo essenziale per la nascita stessa della coscienza: *l’esperienza del dolore* ([G. Nappi, \*Il dolore innocente. L’esperienza del dolore tra metafisica, fenomenologia e neurofilosofia\*, 2009](#)).

In generale dovremmo riconoscere che l’affanno che filosofi, psicologi, neuroscienziati approfondano nella ricerca del passaggio nord-ovest che separa l’oceano della mente da quello del corpo viene alimentato in gran parte da retaggi ideologici. L’obiettivo primo della ricerca scientifica rimane lo studio del cervello e della sua complessa struttura: una struttura che contiene ben altri misteri – nell’ordine fisico - oltre a quelli della nascita della coscienza. Poiché le nostre conoscenze di questa galassia di neuroni sono ancora limitate, forse è ancora prematuro (o ancora inopportuno) porsi il problema di come una struttura, che conosciamo ancora poco, possa produrre un fenomeno come quello della coscienza i cui atti ci sono pienamente trasparenti, in quanto intrisi per loro natura di significati.

Questa contraddizione infine ci spinge, inconsapevolmente, a lavorare al contrario, e cioè ad usare le trasparenti strutture della coscienza per spiegare il funzionamento del cervello, come in effetti fa in un certo senso anche Edelman, come possiamo rilevare dall’articolo che presentiamo in traduzione (non integrale) in calce a questa nota: un sunto dei principi fondanti del darwinismo neuronale che Edelman stesso pubblicò su *Current Issue*, 2003, vol. 100, n. 9, e che è possibile leggere nella versione originale sul sito della PNAS a questo [link](#).

Come abbiamo iniziato, così vogliamo chiudere questo breve intervento con un riferimento alla storia della filosofia, dove infine finiscono con affondare le loro radici tutti i sistemi teorici con valenze omnicomprensive, anche se si proclamano ripetutamente antimetafisici. La posizione di Edelman, ripetutamente dichiarata “antimetafisica”, riprende potenti istanze filosofiche che tra l’altro rinviano fino al Padre della metafisica occidentale, e cioè addirittura Parmenide, il quale per primo enunciò questa visione della coscienza come struttura in grado di fondere insieme l’unità e il molteplice: “Guarda come cose tanto differenti sono nella mente saldamente unite!”

Il principale referente filosofico di Edelman è William James – tramite il quale egli rileva anche importanti metodi di interpretazione della coscienza che sono propri della *Fenomenologia*. Però il suo impianto sistemico di cui si serve per saldare insieme anima e corpo è addirittura hegeliano!

Laddove Hegel, respinge la matematica e inventa la macchina della dialettica come motore in grado di selezionare gli elementi e di imprimere un andamento ascendente al sistema, Edelman, respinge la logica computazionale e affida lo stesso compito alla *macchina darwiniana*.

Questa singolare assonanza metodologica non deve stupirci più di tanto, perché sia Hegel che Darwin (e cioè infine Edelman) hanno un maestro comune, e cioè Goethe, il quale è stato, con la sua “morfologia” e con la tesi della affinità di tutti gli esseri viventi in un contesto dinamico, il vero antesignano dell’evoluzionismo.

Hegel stesso vede la *coscienza naturale* sorgere “evolutive” in senso morfologico dalla struttura organica come una forma di ottimizzazione del sistema organico: essa è per così dire l’organismo *in forma perfetta*, dove l’unità è perfettamente compenetrata con le sue parti. I *qualia* di Edelman che scaturiscono da una animata dialettica neuronale, hanno questa stessa proprietà di apparire in un contesto fortemente ottimizzato e assolvono alla stessa funzione integrativa. Anche il *dinamical core* di Edelman che sorregge la macchina della coscienza è sovrapponibile al concetto hegeliano di organismo. Le proprietà che Edelman riconosce al sistema talamico-corticale (la struttura fisica del *dinamical core*) vengono attribuite da Hegel all’organismo come tale. La assoluta dinamica che Edelman attribuisce ai circuiti rientranti, viene da Hegel attribuita alla *organische Flussigkeit* (la fluidità organica). La coscienza diventa quindi il prodotto avanzato raggiunto da questa *Flussigkeit*, concetto che egli ancora riprende all’inizio della *Fenomenologia dello spirito*, dove essa viene identificata con la fluidità dei nostri pensieri.

E’ sorprendente notare come percorsi lontani, ma paralleli, producano infine gli stessi pensieri e concetti. Anche Edelman finisce con il parlare di “seconda natura”. La differenza tra “prima natura” e “seconda natura” è stata introdotta da Hegel per definire, nel caso di quest’ultima, un insieme di regole cogenti a cui l’individuo deve uniformarsi e che derivano dal costume, dalla società, dal diritto, dalle leggi dell’economia: in generale dalle radici storico-culturali alle quali è ancorato il mondo umano.

Questi riferimenti – che si presentano come mere curiosità documentarie – sembrano però testimoniare il ruolo e il peso degli archetipi ideologici nello sviluppo della cultura, per cui gli uomini sembrano trasportare con sé nei secoli sempre gli stessi pensieri, riproporre gli stessi problemi, con linguaggi diversi e in diversi scenari entro i quali fare danzare secolari concetti. Ciò non vuole significare un invito a smettere di pensare! E’ vero che il nostro sapere si muove dentro a cerchi concentrici che ritornano su se stessi (come i rientri di Edelman)! Ma in questo caso dobbiamo fare nostro l’invito di Heidegger: l’importante non è il fatto che esistano questi circoli, ma il modo con cui ci muoviamo dentro di essi, e il “che cosa” incontriamo in questo viaggio orbitale. Non sempre infatti incontriamo le stesse cose.

(Pier Giuseppe Milanese)

## APPENDICE

Fondamenti dei principi del darwinismo neuronale e della dottrina della coscienza  
esposti nell'articolo

*Naturalizing Consciousness. A theoretical framework* di G. M. Edelman  
pubblicato in *Current Issues*, aprile 2003, vol. 100, n. 9

[Versione originale inglese](#) (on line)

*Traduzione italiana (non integrale)*

### Abstract

*La coscienza possiede una quantità di proprietà a dir poco eterogenee, alcune delle quali sembrano essere estremamente complesse e persino inaccessibili all'osservazione esterna. La collocazione di queste proprietà in un contesto biologico necessita di una teoria fondata su un repertorio di principi evolutivi e dinamici. Questo scritto illustra questo tipo di teoria che ambisce a fornire un approccio unitario al fenomeno cosciente.*

*A partire dalla proposta dualistica di Cartesio, la coscienza è stata da molti considerata estranea all'ambito della fisica, o tale da richiedere una fisica tutta particolare, o addirittura fuori dalla portata di una umana indagine. Nell'ultima decade tuttavia si è manifestato un interesse tendente ad affrontare il problema della coscienza con strumenti di investigazione scientifica. Per la sua riuscita, questo progetto dovrebbe partire considerando le caratteristiche proprie della coscienza evitando ogni assunto metafisico. Si dovrà quindi formulare una teoria per spiegare le proprietà della coscienza e fornire un quadro per la progettazione e l'interpretazione di esperimenti. Il mio intento in questo scritto è di illustrare questi due questioni principali.*

### Proprietà e limiti

La comprensione scientifica della coscienza in termini neuronali richiede l'accettazione di una serie di condizioni. Ogni approccio alla coscienza deve rigettare dottrine metafisiche, quale il dualismo, ed essere pertanto fisicamente fondato e inseribile in un contesto evolutivo. La coscienza non è una cosa ma piuttosto, come James evidenzia, un processo emergente dalla interazione tra cervello, corpo e ambiente. Come mostrato nella successiva tabella, trattasi di un processo multidimensionale con una ricca gamma di proprietà. Tra le elencate nella tabella, alcune in particolare spiccano per la loro intensa problematicità teoretica:

- a) *Il contrasto tra la varietà/mutevolezza degli stati di coscienza, da un lato, e dall'altro l'aspetto unitario con cui uno stato di coscienza individualmente si presenta.* Questa unità esige la connessione di diverse modalità sensoriali che mostrino caratteristiche costruttive pari a quelle dei fenomeni della *Gestalt*.
- b) *La proprietà intenzionale.* Questo termine si riferisce al fatto che la coscienza è in generale, ma non sempre, coscienza di oggetti o eventi. Nello stesso tempo la coscienza è anche modulata dalla attenzione ed ha ampio accesso alla memoria ed alla immaginazione.
- c) *Le sensazioni soggettive, ossia i qualia; ad esempio l'esperienza del rossore del rosso, della calorosità del caldo.* Questo potrebbe essere esplicitato con la frase di Nagel: "come ci si sentirebbe ad essere un pipistrello?" o implicitamente qualsiasi altro essere cosciente?

## Caratteristiche degli stati di coscienza

### Generali

1. **Gli stati di coscienza sono unitari, integrati e costruiti dal cervello**
2. **Possono essere enormemente eterogenei e differenziati**
3. **Sono ordinati temporalmente, seriali e mutevoli**
4. **Riflettono connessioni in diverse modalità**
5. **Hanno proprietà costruttive, includendo figurazione, chiusura e fenomeni di riempimento**

### Informative

1. **Rivelano intenzionalità con una vasta gamma di contenuti**
2. **Hanno un accesso diffuso e associatività**
3. **Hanno una periferia centrata, un alone e aspetti di frangia**
4. **Sono soggetti a modulazione attenzionale, da focale a diffusa**

### Soggettive

1. **Riflettono sentimenti soggettivi, *qualia*, fenomenicità, umori, piacere e dispiacere**
2. **Sono in relazione con stati situazionali e collocazioni intramondane**
3. **Originano sensazioni di familiarità o della sua mancanza**

Possiamo costruire un quadro neurologico di approccio a tale vasta gamma di proprietà? Io credo che gli attuali progressi delle neuroscienze possano consentire di farlo, a patto che si rispettino alcune condizioni basate su osservazioni sperimentali. Queste ci dicono che la coscienza non è una proprietà di una singola locazione cerebrale o di un tipo di neuroni, bensì è piuttosto il risultato di una interazione dinamica tra gruppi di neuroni ampiamente distribuiti. Il sistema maggiore, essenziale per l'attività cosciente, è il sistema talamico-corticale. Le dinamiche integrative della esperienza cosciente indicano che il sistema talamico-corticale si comporta come un raggruppamento funzionale; cioè esso interagisce principalmente con se stesso. Ciononostante, esso interagisce anche con altri sistemi cerebrali. Per esempio, le interazioni tra i gangli della base e il sistema talamico-corticale sono tali da influenzare la modulazione della coscienza, modulando l'attenzione, così come la nascita di automatismi nei processi di apprendimento. La soglia dell'attività in queste strutture neurali è regolata da diffusi sistemi-valore ascendenti, quali il sistema attivatore reticolare mesencefalico che interagisce con il nucleo intralaminare del talamo, come pure i nuclei noradrenergici, serotoninergici, colinergici e dopaminergici. Il talamo governa i livelli dello stato cosciente, alterando le soglie della attività corticale con input provenienti dai nuclei intralaminari. Dobbiamo anche tener conto che gli influssi di origine bulbare sul talamo giocano un ruolo centrale nella modificazione della coscienza durante il sonno. In ogni suo particolare stato, il contenuto della coscienza dipende dalla attività di svariate aree corticali.

## Funzione, *qualia* e privatezza

Per quale ragione si sviluppano i sostrati neurali della coscienza? Cercherò di indicare i vantaggi selettivi offerti dai mutamenti neurali durante l'evoluzione, che consentirono a questo importante processo di nascere. Penso che l'emergere della coscienza in un contesto evolutivo sia dipeso da una naturale selezione interna ai sistemi neurali che originarono la coscienza, non da una selezione per la coscienza in se stessa. In base alle proprietà elencate nella precedente tabella e ad alcune caratteristiche temporali delle risposte coscienti, la funzione adattiva dei sistemi neuronali che supportano la coscienza consiste molto probabilmente nella loro capacità di integrare un numero assai vasto di *input* sensoriali e responsi motori in parallelo. Questi sistemi neurali connettono la percezione con la memoria o con l'immaginazione, mettendo così in relazione *input* sensoriali

complessi con risposte già acquisite in passato e con esigenze future. La capacità di distinguere tra un gran numero di *input*, integrandoli in modalità riferite alla storia passata dell'individuo, fornisce vantaggi adattivi, di cui gli animali privi di siffatti sistemi non possono disporre. L'ippocampo, che coevolve insieme alla corteccia cerebrale e interagisce con essa per produrre la cosiddetta memoria episodica, può essere determinante per lo sviluppo di tale facoltà.

È stato osservato che, in ogni tentativo di connettere attività neurali alla esperienza soggettiva o fenomenica dei *qualia*, sia presente un *gap* dimostrativo, che costituirebbe il cosiddetto *hard problem*. Il quadro che io propongo è che la coscienza consista di *qualia*, termine con cui non intendo solamente sottomodaltà isolate di rosso, caldo ecc., ma anche scenari complessi, quali i ricordi, le immagini, le emozioni, insomma, tutta la ricca panopia della esperienza soggettiva. Se, come io penso, il sistema neurale di supporto alla coscienza è sorto per favorire discriminazioni di ordine superiore in uno spazio multidimensionale di segnali, i *qualia* sono proprio queste discriminazioni. Le differenze nei *qualia* si correlano a differenze nella struttura e nelle dinamiche neurali che li supportano. Così, ad esempio, i neuroni olfattivi e i relativi circuiti differiscono dai neuroni della retina e dai loro relativi circuiti, e tali differenze sembrano essere sufficienti per giustificare differenze nei loro rispettivi *qualia*. Queste riflessioni si possono applicare anche a scenari complessi, dove io ho sostenuto che sono le distinzioni tra tutto il repertorio di *qualia* esperiti che consente alla proprietà significativa specifica di ciascun *quale* di risaltare.

Sperare che la sola spiegazione teorica della coscienza possa di per sé suggerire ad un osservatore esterno l'esperienza del "rossore del rosso" significa solo ignorare queste proprietà fenotipiche e la storia vissuta che permettono al singolo animale di sapere che cosa significa essere così come lui è.

## Una base teoretica

Data la natura complessa e distribuita dei processi neurali che supportano la coscienza, i quali integrano in brevi periodi di tempo una gran quantità di segnali, il meccanismo proposto a sostegno della coscienza dovrà accordarsi con una teoria globale dell'azione cerebrale a sua volta coerente con le proprietà elencate nella tabella in precedenza esposta. In altre occasioni ho argomentato sostenendo che una teoria basata sull'idea che il cervello sia un computer o un sistema di tipo *istruttivo* non è sostenibile. Ho indicato che il cervello va visto invece come un sistema *selettivo*, un sistema in cui un gran numero di circuiti variati vengono generati per via epigenetica; dopo di che, grazie all'esperienza, vengono selezionate varianti particolari rispetto ad altre. Questi repertori di circuiti variati sono *degenerativi*, vale a dire: varianti circuitali strutturalmente differenti, dentro a questo sistema selettivo, possono espletare la medesima funzione o produrre uguali effetti. In seguito alla loro incorporazione all'interno di repertori anatomici nel corso dello sviluppo, vengono selezionate varianti circuitali che rispondono a segnali nuovi e differenziate attraverso mutamenti della efficacia sinaptica. La moltiplicazione differenziale delle popolazioni sinaptiche selezionate in gruppi di neuroni aumenta la probabilità che in futuro le risposte adattive di questi gruppi avverranno a seguito della esposizione a segnali uguali.

Poiché questa teoria della selezione dei gruppi neuronali fa a meno delle comuni nozioni logico-computazionali, deve essere messo in campo un orologio, dei mezzi in grado di gestire la coordinazione spaziotemporale. Questi vengono forniti da un processo chiamato *rientro*, la cui operatività è essenziale per l'insorgenza della coscienza. Il rientro è un costante processo di segnalazione ricorsiva tra gruppi neurali che avviene mediante fibre bidirezionali parallele che connettono regioni mappate come quelle che si trovano nella corteccia. Il rientro è un processo selettivo che avviene in simultanea e che si differenzia dal *feedback* per quanto quest'ultimo è un processo di natura istruttiva e implica una funzione di segnalazione di errore trasmessa in serie su un singolo canale. Come risultato delle correlazioni che il rientro impone sulle interazioni tra gruppi neuronali concorrenti, vengono selezionati e favoriti i circuiti sincronicamente attivi tra aree del

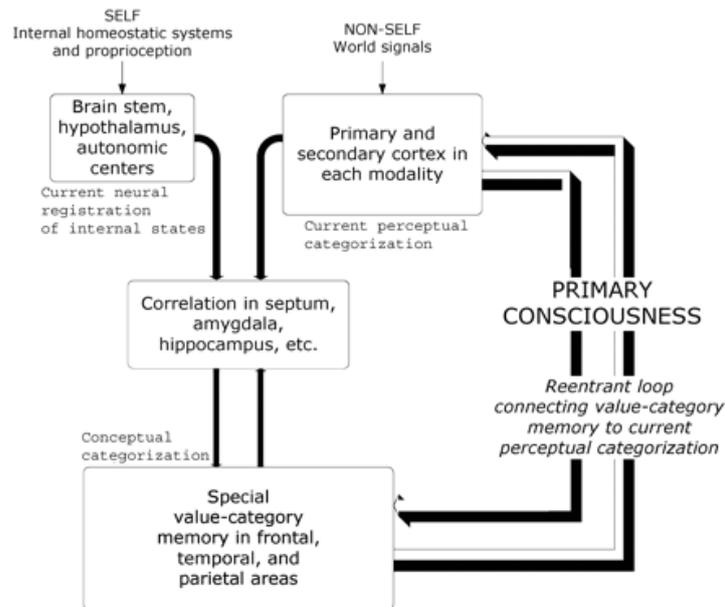
cervello ampiamente distribuite. Questo fornisce una soluzione al cosiddetto *problema di binding*, e cioè risponde alla domanda: come aree funzionalmente segregate del cervello possano correlare la loro attività in assenza di una programmazione esecutiva o di una mappatura di ordine superiore. Il collegamento della attività di aree corticali funzionalmente segregate per singola modalità sensoriale diventa fondamentale per la categorizzazione percettiva, ossia per l'attività di discriminazione selettiva, a scopi adattivi, tra oggetti ed eventi diversi. Nella teoria della selezione dei gruppi neuronali, gli eventi selettivi che avvengono nel cervello sono necessariamente condizionati dalla attività di molti sistemi-valore ascendenti. L'attività di questi sistemi influisce sul processo selettivo modulando o alterando le soglie sinaptiche. Questi sistemi, che includono loco ceruleo, il nucleo del rafe ed i nuclei colinergici, dopaminergici e istaminergici, sono necessari per favorire eventi selettivi e perciò per promuovere alcuni comportamenti propri della specie nel corso dell'evoluzione. I sistemi-valore influiscono dunque sui sistemi di apprendimento e memoria. Cambiamenti dinamici nelle sinapsi in singoli gruppi neuronali, basati su categorizzazione percettive passate, vengono influenzati in modo negativo o positivo dai sistemi-valore limbici e bulbari. Le alterazioni sinaptiche che avvengono alimentano collettivamente un sistema che io ho chiamato memoria categoria-valore. Questo sistema, basato principalmente sulla attività delle cortecce frontali, parietali e temporali, è cruciale per la nascita della coscienza. I principi della teoria della selezione dei gruppi neuronali o del darwinismo neuronale sono importanti per l'allestimento del quadro che qui proponiamo per la coscienza, per due ragioni principali. In primo luogo, proprio per la sua natura, un sistema neurale selettivo è fortemente differenziato, proprietà questa che fornisce una base necessaria alla differenziata complessità degli eventi del cervello cosciente. In secondo luogo, come detto in precedenza, il rientro fornisce gli strumenti essenziali per far sì che le attività di varie aree cerebrali distribuite possano essere collegate, connesse e poi col tempo dinamicamente modificate con la categorizzazione percettiva. Entrambe le cose, la differenziazione e il rientro sono necessarie per un approccio alle proprietà fondamentali dell'esperienza cosciente.

## **Un meccanismo per la coscienza**

Possiamo ora volgerci al meccanismo della coscienza partendo dai principi della teoria della selezione dei gruppi neuronali. Si è soliti distinguere tra una coscienza *primaria* e una coscienza di *ordine superiore*. Gli animali dotati di coscienza primaria sono in grado di integrare eventi percettivi e motori con la memoria per costruire una scena multimodale del presente, o più specificatamente, dello "strettamente presente" (specious present) di James o in ciò che io chiamo presente ricordato. Segnali differenti, che concorrono a comporre questa scena possono essere legati a nessi causali oppure no; possono anche essere relativi ai sistemi-valore e di apprendimento dal passato del singolo animale cosciente. Su questa base, l'animale è in grado di modificare il suo comportamento in senso adattivo. Un animale dotato di coscienza primaria non possiede esplicite capacità narrative (sebbene sia dotato di memoria a lungo termine) e, nella migliore delle ipotesi, esso può solo pensare di interagire nell'immediato con lo scenario aperto dal presente ricordato. Nondimeno, questo animale gode di vantaggi rispetto ad un altro che sia privo di tale abilità pianificatrice. La coscienza di ordine superiore emerge invece più tardi nella evoluzione e viene riscontrata in animali dotati di capacità semantiche, come gli scimpanzé. È però presente in più ricca forma nella specie umana, che è l'unica a possedere un linguaggio vero e proprio, sintattico e semantico. La coscienza di ordine superiore consente al suo possessore di oltrepassare i limiti del presente ricordato della coscienza primaria. La storia passata, i progetti sul futuro, e la consapevolezza di essere un individuo diventano completamente accessibili. Dato il ruolo cruciale svolto dai *token* linguistici, la dipendenza temporale della coscienza dagli *input* presenti non

costituisce più una limitazione. Tuttavia, l'attività neurale che supporta la coscienza primaria deve essere sempre presente anche negli animali dotati di coscienza di ordine superiore.

Partendo da queste distinzioni, possiamo ora considerare come sorse il meccanismo neuronale che supporta la coscienza primaria e come si sia conservato nel corso della evoluzione. Ciò che proponiamo è quanto segue. Nel momento della separazione dei rettili in mammiferi e uccelli, lo sviluppo embrionale di una grande quantità di nuove connessioni bidirezionali, favorì una vasta attività rientrante tra i sistemi cerebrali collocati soprattutto sul lato posteriore, preposti alla categorizzazione percettiva, e i sistemi ubicati soprattutto sul lato frontale responsabili della memoria categoria-valore.



*Percorsi rientranti che portano alla formazione della coscienza primaria. Sono essenziali due specie di segnali: quelli dal Sé che costituiscono sistemi-valore ed elementi di regolazione del cervello e del corpo, e quelli dal Non Sé, i segnali che provengono dal mondo che vengono rielaborati mediante mappature globali. I segnali connessi a sistemi-valore e segnali categorizzati provenienti dal mondo esterno vengono correlati e condotti alla memoria, la quale è capace di categorizzazioni concettuali. Questa memoria categoria-valore è collegata dai percorsi rientranti (linea in grassetto) alla categorizzazione percettiva corrente dei segnali del mondo esterno. Questo collegamento rientrante costituisce lo sviluppo evolutivo essenziale che si risolve nella coscienza primaria. Quando avviene attraverso molte modalità (vista, tatto ecc.) la coscienza primaria può connettere oggetti ed eventi tramite la memoria di precedenti esperienze porta-valore. L'attività dei sistemi neurali rientranti sottostanti si risolve nella capacità di eseguire discriminazioni di alto livello. Questa facoltà implementa l'indice di sopravvivenza.*

Questa attività rientrante fornì la base neurologica per integrare una scena con tutti i suoi necessari *qualia*. L'abilità di un animale dotato in questo modo della capacità di correlare, selettivamente, una complessa scena presente alla propria univoca storia precedentemente acquisita ha conferito a tale animale vantaggi adattivi ai fini evolutivi. In epoche evolutive molto più tarde, comparvero ulteriori circuiti rientranti in grado di mettere in relazione abilità linguistico-semantiche con i sistemi di memorie concettuali e categoriali. Questa evoluzione favorì la nascita di una coscienza di ordine superiore.

## Il nucleo dinamico rientrante

Come può l'attività rientrante che abbiamo postulato consentire di dare un fondamento sia alla natura unitaria della coscienza che alla sua complessità e mutevolezza? Come già accennato nella teoria della selezione dei gruppi neuronali, un cervello che lavori su selezioni deve essere fortemente complesso per conservare sia un patrimonio sufficientemente ampio di circuiti diversificati sia una gran quantità di circuiti rientranti. Una recente analisi sulla complessità delle reti biologiche indica esattamente quali debbano essere le proprietà che si richiedono per un approccio alla natura tanto unitaria quanto differenziata della coscienza. Questa analisi ci dice che un sistema complesso è tale se possiede molte piccole regioni eterogenee in grado di agire in modo quasi indipendente, però capaci di interagire reciprocamente per formare insiemi più vasti e in tal modo produrre funzioni integrate. Il sistema talamico-corticale, dalla cui attività dipendono principalmente i contenuti di coscienza, risponde proprio a questi requisiti. Esso contiene parti segregate distribuite funzionalmente che interagiscono tra di loro su tratti relativamente lunghi per produrre nuove funzioni integrate. Le interazioni dinamiche rientranti tra circuiti corticali animate da segnali provenienti dal corpo e dall'ambiente, ma principalmente dal cervello stesso, consentono la formazione combinatoria di connessioni. Poiché queste interazioni integrative avvengono tra repertori degenerati, esse consentono che avvengano collegamenti e vincoli sincroni tra aree cerebrali ampiamente estese e distribuite. Gli eventi rientranti interni ad un circuito integrato di questo sistema sono metastabili e, con frequenze temporali di 500 ms o ancor meno, cedono il posto ad un nuovo repertorio di circuiti integrati. Questo processo avviene costantemente lungo successive sequenze temporali nel sistema talamico-corticale, il quale, in quanto raggruppamento funzionale, interagisce in primo luogo con se stesso. Questo raggruppamento funzionale è stato chiamato nucleo dinamico rientrante onde evidenziare le caratteristiche peculiare di un sistema complesso in grado di produrre stati tanto unitari che differenziati. In uno scritto recente, Crick e Koch concordano essenzialmente con questa formulazione; le loro "coalizioni" corrispondono grosso modo agli stati del nucleo. L'attività del nucleo dinamico comporta la comparsa fenomenica di una scena unitaria, allestita da discriminazioni di ordine superiore che noi chiamiamo *qualia*. Le attività del nucleo che integrano un gran numero di informazioni in tempi brevi sono necessariamente disturbate da nuovi segnali in piccoli intervalli di tempo. Anche se il nucleo interagisce principalmente con se stesso, esso non è completamente estromesso dalle attività non-conscie del restante cervello. Infatti, nello stesso momento in cui alcuni circuiti corticali entrano a far parte dell'attività del nucleo supportando la coscienza, questi ed altri circuiti corticali interagiscono con i gangli della base e con i nuclei talamici. In un momento successivo, i gruppi neuronali che precedentemente non facevano parte del nucleo, vengono incorporati in quest'ultimo, mentre altri abbandonano il nucleo. La modulazione degli stati di coscienza mediante l'attenzione avviene di solito attraverso input inviati alla corteccia dai *loops* dei gangli della base, come pure dal *gating* di risposte del nucleo mediante l'attività del nucleo reticolare del talamo. Nella pratica di apprendimento, l'attività del nucleo influisce sullo sviluppo delle sequenze automatiche motorie inviando e ricevendo segnali dai gangli della base. In questo modo, a seconda dei vari contesti, aree neurali che supportano attività coscienti e non coscienti possono interagire per aumentare l'attenzione oppure per sviluppare automatismi.

Poiché le interazioni rientranti del nucleo necessariamente coinvolgono correlazioni di categorie percettive e concetti con la memoria categoria-valore, le esperienze coscienti che sorgono sono nella loro più intima natura, fortemente intenzionali. Un vasto repertorio di input diretti al nucleo dinamico viene acquisito in modo continuativo dai sistemi cerebrali e corporei connessi al comportamento motorio e al controllo omeostatico. Questi input verso il nucleo non sono solo tra i più antichi, ma anche tra i più persistenti, per cui forniscono una piattaforma importante per la soggettività ovvero per gli aspetti autoreferenziali della coscienza.

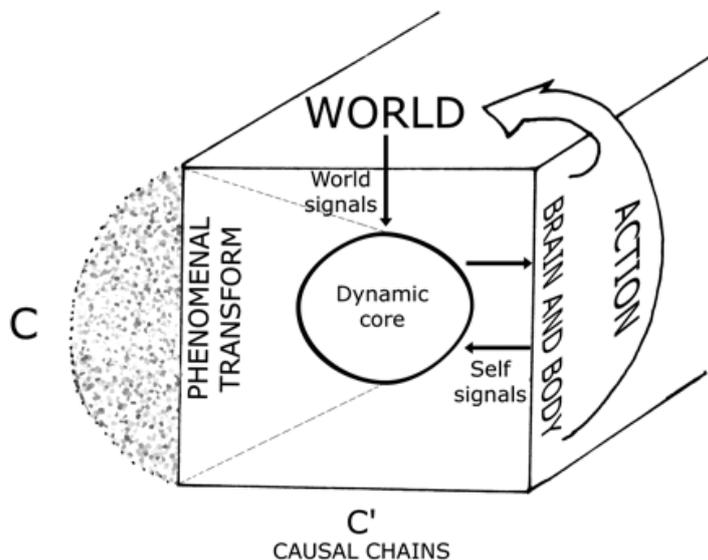
## Soggettività e causalità

Se accettiamo il fatto che l'esperienza cosciente è un evento in prima persona, come possiamo intendere la soggettività? L'attività incessante del nucleo dinamico, che conduce ad una successione di stati integrati e discriminatori, comporta un ricco repertorio di esperienze di tipo fenomenico. Ma "chi" o "che cosa" esperisce queste discriminazioni di ordine superiore - questi *qualia*? Un buon indizio potrebbe essere fornito dalle vicende dell' *embodiment*. Il cervello e il corpo si scambiano segnali fin dai primi tempi dello sviluppo dell'apparato neuronale, ed insieme interagiscono con il mondo. Segnali autoreferenziali provengono dai sistemi motori e dai loro componenti sensoriali, quali i fusi neuromuscolari, tutti già attivi dallo stadio embrionale in poi. Già da questi primi momenti, le sorgenti di un'azione dell'individuo possono essere distinte dal cervello come separate dai segnali che provengono da una mozione dovuta a cause esterne. Tutte queste interazioni sono fortemente influenzate dai molti e diffusi sistemi-valore ascendenti. I componenti di questi sistemi-valore aiutano correntemente a regolare le soglie sinaptiche che inficiano la memoria e contribuiscono in modo costante alla categorizzazione percettiva. Altri sistemi omeostatici del bulbo e nel grigio periaqueduttale contribuiscono parimenti a questi eventi in cui viene distinto il Sé dal non Sé.

Negli animali dotati di sola coscienza primaria, il Sé che emerge e serve da riferimento non è autocosciente. Solo con lo sviluppo della coscienza di ordine superiore e delle capacità di linguaggio, nasce un Sé che è identificato da se stesso. Una "coscienza della coscienza" viene resa possibile mediante *token* linguistici che vengono significativamente scambiati negli atti parlati di una comunità. La memoria episodica, che impegna l'attività dell'ippocampo, contribuisce a fornire quel senso di continuità che un siffatto Sé esperisce. Negli umani, il gioco tra il Sé originario, basato sul fisico, della coscienza primaria e il Sé della coscienza di ordine superiore fornisce una piattaforma più alta per lo sviluppo di una soggettività ancora più ricca. In ogni caso dovremo sempre evitare di cedere alla tentazione di introdurre la figura di un soggetto supervisore o di un Sé come *homunculus*. Come sostiene James, il pensatore sono i pensieri stessi.

Molti comportamenti sono causati dalla attività neuronale di sistemi cerebrali che non contribuiscono alla coscienza. Che possiamo dire sulle cause del comportamento negli attori coscienti? Entrando nel merito dell'agire umano, un problema centrale riguarda la relazione tra coscienza e causazione. Assecondando un'impressione che viene dal senso comune, molti autori hanno sostenuto che la coscienza stessa è causativa. Eppure la coscienza accompagna particolari eventi del cervello, ma non è essa stessa una entità materiale. La coscienza è piuttosto un processo che viene suscitato da quegli eventi materiali. Questi eventi appartengono al mondo fisico, e tale mondo rimane chiuso nel suo circolo di cause; solo l'energia della materia può essere causativa. Una prospettiva scientifica che sostenga che la coscienza sorge da interazioni rientranti tra popolazioni di neuroni, dovrebbe pertanto concludere che è l'attività neuronale del nucleo dinamico ad essere causativa. Se noi chiamiamo tale attività C1 e i *qualia* che essa suscita C, allora è C1 la causa delle nostre azioni e di ulteriori eventi C1. Molti filosofi sono rifuggiti da questa prospettiva, considerandola semplicemente una ulteriore formulazione dell'epifenomenalismo o addirittura del dualismo. Non c'è comunque nessuna necessità di credere che C sia un elemento insignificante o non superfluo. Gli stati C sono informativi anche se non sono causativi. Gli stati C sono discriminazioni suscitate dalle transazioni causative tra stati C1. Poiché C1 e C sono strettamente coerenti, in alcuni contesti si è soliti parlare di C al posto di C1. A livelli di descrizione superiori, diventa più comodo esprimersi come se C fosse causativo, purché nessuna confusione scaturisca sulle vere cause, che si trovano nel sistema neuronale. Ovviamente più si va avanti nel tempo, più miglioreranno i metodi di indagine neurofisiologica e le tecniche delle neuroimmagini, più diventeranno altresì possibili analisi ancora più precise degli eventi nucleari per un osservatore esterno "in terza persona". Ma anche allora, comunque, saranno indispensabili i resoconti di un soggetto "in prima persona", e necessariamente questi saranno formulati nel linguaggio di C.

Quando parliamo con qualcuno, il nostro linguaggio è estratto da C1, com'è tutta la nostra attività, però è nei termini di C che noi effettuiamo le nostre conversazioni.



*Catene causative del mondo, del corpo e del cervello affettano il nucleo dinamico rientrante. Le attività del nucleo (C1) a loro volta affettano ulteriori eventi neuronali e azioni. Processi del nucleo conferiscono la capacità di effettuare distinzioni di ordine superiore. I qualia suscitati (C) consistono proprio in queste distinzioni. L'area condivisa etichettata come "phenomenal transform" non ha effetti causativi, ma riflette coerentemente gli stati C1, i quali sono causativi. I limiti del nucleo dinamico nella figura non vanno interpretati in senso troppo rigido, perché nel cervello reale essi sono fluttuanti nel tempo.*

## Approcci sperimentali

Sta incominciando ad emergere una letteratura che si occupa dei *correlati neuronali* della coscienza. L'analisi neuropsicologica dei risultati della rivalità binoculare nelle scimmie e gli esperimenti condotti con tecniche magnetoencefalografiche su fenomeni analoghi negli umani hanno incominciato a introdurre la distinzione tra eventi neuronali correlati a segnali di *input* ed eventi correlati al percepito cosciente di un animale sensibile. Esperimenti sul dominio visivo hanno successivamente portato a distinguere risposte corticali quando un soggetto è consapevole di un oggetto dalle risposte di un soggetto quando non è consapevole di quell'oggetto. Queste discriminazioni avvengono in stato di veglia. In linea con queste scoperte noi dovremo parimenti indagare gli eventi neurali che differenziano le attività non-consce da quelle riferite ai vari livelli e stati della consapevolezza cosciente. Questo richiederà metodi per misurare i cambiamenti nel nucleo dinamico quando gli individui emergono da una anestesia profonda o dal sonno profondo. Aggiungo che, per poter testare l'ipotesi del nucleo dinamico, sarà necessario andare al di là delle possibilità offerte degli attuali metodi di indagine magnetoencefalografica. Anche se questi metodi hanno dimostrato che la consapevolezza del segnale nella rivalità binoculare, è accompagnata da una esplosione di attività rientranti sincrone in ampi gruppi neuronali distribuiti nella corteccia, detti metodi non sono ancora in grado di misurare e registrare le risposte talamiche negli umani. Dal lato neurofisiologico, i metodi più sofisticati, capaci di monitorare simultaneamente molteplici aree cerebrali in animali dotati di coscienza, sarebbero di grande aiuto nell'analisi delle interazioni rientranti e per potere collegare gli eventi con maggiore precisione.

## Conclusione

Secondo lo schema proposto, la coscienza sorge come risultato della integrazione di numerosi input grazie alle interazioni rientranti del nucleo dinamico. Questa integrazione avviene in un periodo di <500 ms. La selezione avviene tra un set di circuiti nel repertorio nucleare; data la loro caratteristica degenerativa un numero di circuiti diversi può espletare la stessa funzione. Come risultato dell'interscambio continuativo di segnali dall'ambiente, dal corpo e dallo stesso cervello, ad ogni stato nucleare integrato sopravviene un altro stato neuronale del nucleo ancora diverso e differenziato. Questa facoltà conferisce un vantaggio evolutivo agli individui che la detengono, perché, con tali strumenti, eventi riccamente articolati possono essere correlati in un contesto adattivo alla storia passata di eventi acquisiti come significativi per il singolo animale.

Le sequenze e le serie congiunte di *qualia* che accompagnano questa attività neuronale costituiscono discriminazioni di ordine superiore rese possibili dagli stessi eventi neuronali. A supportare ciascun *quale* troveremo distinte strutture neuro anatomiche, nonché dinamiche neuronali che insieme spiegano le proprietà fenomenologiche specifiche e distintive del *qualia*. Il *qualia* in questo modo riflette la sequenza casuale dei sottostanti stati neuronali metastabili del nucleo dinamico complesso. Il rapporto di implicazione tra questi stati neurali con i corrispondenti stati di coscienza ha le caratteristiche della fedeltà. Dato il numero astronomico dei possibili modelli di connettività funzionale del nucleo dinamico, non ci saranno mai due soggetti che possano presentare la stessa attività nucleare. Questa cosa è coerente con la teoria della selezione dei gruppi neuronali, che interpreta il cervello come un sistema selettivo in cui miriadi di stati neuronali producono repertori degenerativi per rispondere ad una ricca serie di segnali. I modelli degenerati presenti nel nucleo dinamico rientrante approntano un sistema adattivo in grado di governare combinazioni enormemente complesse di segnali differenti.

I *qualia* che costituiscono queste discriminazioni sono ricchi e tenui. Il fatto che sia solo grazie ad un fenotipo in grado di originare questi *qualia* che la loro "qualità" può essere esperita, non costituisce imbarazzo per la una teoria scientifica della coscienza. Sotto questo aspetto, il cosiddetto *hard problem* è posto malamente, perché sembra essere dettato dalla aspettativa, per un osservatore, che un costrutto teoretico sia in grado di condurre, attraverso una descrizione, alla esperienza alla qualità fenomenologica descritta. Se la parte fenomenica dell'esperienza cosciente che costituisce le sue necessarie distinzioni risulta irriducibile, ciò equivale a dire che la fisica non sa spiegare perché esista qualcosa piuttosto che niente. La fisica non è ostacolata da questa limitazione ontologica, e neppure lo studio scientifico della coscienza dovrebbe essere impedito dalla privatezza della esperienza fenomenica. Alla fine dei nostri studi, quando avremo afferrato la meccanica della coscienza in maggiori dettagli, essa perderà il suo alone di mistero e sarà accettata come parte dell'ordine naturale.