

# Modularismo e Darwinismo neurale. Due architetture della mente a confronto: Fodor e Edelman

di Paola Belpassi

## *Premessa*

Potrebbe sembrare un mero esercizio accademico voler mettere a confronto due teorie della mente al contempo autonome, divergenti e senza alcun punto esplicito di convergenza. Ma va detto che l'interesse dell'operazione risiede proprio in questo: dimostrare che sull'argomento "mente" si possa procedere su linee parallele che mai verranno ad incontrarsi né a contrapporsi e senza che per questo una delle due perda credibilità o autorevolezza. La difficoltà di trovare un criterio di verità oggettivo su cui misurarsi che non risieda nella semplice coerenza interna delle varie teorie è il problema epistemologico critico di queste teorizzazioni; esso discende dalla natura stessa del loro oggetto: la mente, appunto, i cui stati sono al contempo inaccessibili da parte dell'osservatore esterno e difficilmente interpretabili da parte del soggetto che ne fa esperienza. Si tratta di una difficoltà intrinseca all'oggetto stesso di studio che, pur appartenendo all'ordine naturale non si offre all'osservazione scientifica nella veste dell'oggettività.

La mente, infatti, è un soggetto epistemico peculiare che non può essere fissato, oggettivato quindi, e descritto da leggi generali, ma nemmeno completamente esplorato come esperienza singolare senza diventare descrizione meramente aneddótica e prescientifica. Tale è l'anomalia di una condizione che è oggetto scientifico generale, in quanto condivisa da tutti gli appartenenti a una specie, ma solo esperibile in quanto singolare, cioè appartenente al vissuto mentale di ogni singolo individuo.

Si potrebbe, perciò, dedurre che si tratta di un soggetto scientifico impossibile da definire in quanto generale (e quindi soggetto all'inquadramento metodologico delle scienze esatte) e la cui esistenza in quanto individuale si perde nella miriade dei *qualia* (stati irriducibili a ogni tentativo di oggettivazione).

Dev'essere questo il motivo per cui nelle teorie che lo riguardano ri-

\* Presentato dall'Istituto di Filosofia.

salta un forte schematismo, l'esigenza di ricondurre a un modello unitario le parti dell'intero sistema, sia nelle sue costituenti minori sia nel quadro sinottico generale.

Le due teorie a cui, qui, alludo sono: la teoria rappresentativo-computazionale di Jerry Fodor e il darwinismo neurale di Gerald Edelman. Tra queste due teorie esiste in realtà un rapporto relativo di auto-referenzialità, soprattutto da parte di Edelman verso Fodor, e ciò in riferimento all'influsso esercitato su quest'ultimo dai modelli computazionali. Edelman non si stanca di ripetere che a causa della complessità e individualità dei processi di formazione dell'encefalo e delle sue parti è impossibile stabilirne qualunque analogia con sistemi che devono eseguire algoritmi o procedure efficaci seguendo un programma preciso prestabilito e senza errori di cablaggio. Perciò il computer non può essere il modello dell'encefalo né il mondo esterno una qualsiasi parte di un nastro da decifrare.

L'intento di questo lavoro ha qualcosa di paradossale: affrontare il tema della mente, qualcosa che ogni soggetto sperimenta nella propria intima quotidianità, ma che è, allo stesso tempo, inafferrabile dal punto di vista "scientifico" in quanto non comunicabile se non come esperienza soggettiva, refrattaria ad ogni schematizzazione entro parametri di oggettività scientifica. Così Edelman: «Il fatto che siano soltanto i singoli individui ad avere esperienza diretta dei *qualia* rende evidente la difficoltà metodologica. Non possiamo fondare una psicologia fenomenica che possa essere condivisa nello stesso modo in cui può esserlo la fisica. Ciò che un individuo sperimenta in modo diretto come *qualia* non può essere condiviso pienamente da un altro individuo che funga da osservatore. Un individuo può comunicare la propria esperienza a un osservatore, ma tale resoconto è sempre, necessariamente, parziale, impreciso e legato alla situazione personale del soggetto.»<sup>1</sup>

Dal paradosso metodologico o epistemologico delle teorie della mente discende un secondo paradosso che si riflette direttamente su queste considerazioni: le teorie sulla coscienza o filosofie della mente possono svilupparsi con una certa autonomia reciproca, non sono vincolate a una regola di confronto che ne metta in risalto la continuità o discontinuità reciproche con le teorizzazioni che le hanno precedute. Ciò è, forse, conseguenza del fatto che non esistendo definizione univoca della coscienza ed essendo svincolata dalla sua base biologica, si rafforza l'elemento speculativo, sempre più esente da conferme sperimentali.

Ne dà prova questo lavoro di confronto: due teorie sulla mente, quella rappresentativo-computazionale di Fodor e il darwinismo neurale di Edelman che si ignorano reciprocamente, se non per due aspetti particolari:

<sup>1</sup> Gerald M. Edelman, *Sulla materia della mente* [1992], trad. it. Milano, Adelphi, 1993, p. 178.

1. la contrapposizione tra istruzionismo e selezionismo, sollevata da Edelman per sostenere che nessun sistema di riconoscimento può servirsi per il suo funzionamento di dati forniti dal sistema da riconoscere;

2. la sua teoria della genesi del linguaggio che è «innatista nella misura in cui richiede che si realizzi innanzitutto l'evoluzione di particolari strutture cerebrali; ma essa non si rifà ad altri principi [...]. Non è una teoria computazionale né insiste su un dispositivo di acquisizione del linguaggio che si basi su regole innate geneticamente specificate, una grammatica universale. La sintassi si forma per via epigenetica, soggetta a vincoli genetici»<sup>2</sup>. Trasparente l'allusione a Chomsky, notoriamente ispiratore del modularismo di Fodor.

L'argomento anti-istruzionistico di Edelman è formulato in questi termini: «Il cervello superiore reagisce agli ambienti ricchi di novità costruendo autonomamente risposte che seguono certi schemi generali. Ma non come farebbe un computer, utilizzando regole formali governate da istruzioni esplicite, non ambigue o da segnali in entrata»<sup>3</sup>. Come fa allora il cervello a generare risposte adattative che seguono certi schemi generali? Attraverso la selezione nello sviluppo, la selezione esperienziale, il rientro. Nozioni base della teoria di Edelman su cui torneremo.

Vi è un'ulteriore ragione, che definirei filosofica, dell'opposizione di Edelman all'"istruzionismo": un rapporto conoscitivo con il mondo esterno che necessita delle informazioni fornite dalla struttura da riconoscere per costruire il sistema di riconoscimento è fondamentalmente statistico, dipendente da quella fonte di conoscenze. Infatti, il modularismo di Fodor è interessato principalmente a salvaguardare l'accesso ai sistemi superiori dei dati informativi provenienti dal mondo esterno, mentre l'evoluzionismo di Edelman teorizza l'apprendimento come ricerca e raggiungimento di stati evolutivi di omeostasi.

### 1. Fodor e la mente modulare

Forse a causa di quello che ho chiamato il paradosso epistemologico delle filosofie della mente (dover concepire come unitario, univoco e coeso un soggetto che non lo è) ho detto che una loro caratteristica saliente è la forte esigenza di sistematicità che rasenta lo schematismo; ne è prova il modularismo di Fodor: una tassonomia funzionale tripartita; (una architettura tricotomica) dei processi psicologici; tassonomia che distingue tra

<sup>2</sup> Gerald M. Edelman, *Sulla materia della mente*, cit., p. 203, cfr. anche pp. 374-381.

<sup>3</sup> Gerald M. Edelman, *Più grande del cielo. Lo straordinario dono fenomenico della coscienza* [2004], trad. it. Torino, Einaudi, 2004. p. 32.

trasduttori, sistemi di input e processori centrali (in successione orizzontale dalla periferia verso il centro); i sistemi di input in numero di cinque (uno per ogni modalità sensorio-percettiva) più il linguaggio rappresentano la segmentazione verticale del sistema.

Poca attenzione meritano i trasduttori: interfaccia obbligata tra qualsiasi modello rappresentazionale-computazionale e il mondo esterno: di essi si dice che conservano il contenuto e modificano il formato dei messaggi. Quindi il discorso deve concentrarsi sui sei sistemi modulari. Essi elaborano il materiale cognitivo da trasmettere ai sistemi superiori e appaiono modellati da una serie di limiti strutturali:

- le operazioni dei sistemi di *input* sono obbligate. Una volta che uno stimolo particolare ha raggiunto la superficie sensibile dell'organismo il meccanismo non può evitare di entrare in azione;

- i sistemi di *input* sono specifici per dominio: sensibili solo alla classe di input di cui possono fornire una elaborazione. Vedi il linguaggio: essi possono elaborare i suoni di una voce umana che articola atti linguistici;

- i sistemi di *input* sono informazionalmente incapsulati e ciò significa che ci sono precisi limiti alle questioni cui sono in grado di fornire risposte. Ciò equivale anche a sostenere che essi possono addurre a conferma delle ipotesi percettive molto meno cose di quelle che in generale l'organismo conosce. Quindi, la funzione di conferma dei sistemi di *input* non ha accesso a tutte le rappresentazioni presenti internamente all'organismo e vi sono limitazioni sulla collocazione di queste per quanto riguarda i processi di *input*;

- i sistemi di *input* sono meccanismi unidirezionali (transitano dalla periferia al centro);

- c'è un solo accesso centrale limitato per le rappresentazioni mentali computate dai sistemi di *input* e ciò significa che queste sono inaccessibili ai livelli ascendenti e intermedi di rappresentazione, soprattutto i più bassi, quelli più vicini all'output dei trasduttori;

- i sistemi di *input* sono veloci;

- sono associati a una architettura neurale fissa, sono *hardwired*: l'analisi degli *input* è ampiamente influenzata da circuiti neurali specifici connaturati;

- i sistemi di *input* sono "naturali", la loro ontogenesi mostra un ritmo e una sequenzialità caratteristiche.

I sistemi di *input* si propongono come sistemi esecutori di inferenze; essi hanno, tra le premesse, le rappresentazioni tradotte dalle configurazioni degli stimoli prossimali e, come conclusioni, le caratteristiche e la distribuzione degli oggetti distali. Gli elaboratori di *input*, in quanto deputati al recupero di certe descrizioni di proprietà degli oggetti, isolano l'analisi della percezione da certi effetti di sfondo delle credenze e della situazione aumentando così la rapidità e l'oggettività dell'integrazione percettiva.

Per dirlo in altri termini: i sistemi di input interpretano le informazioni trasdotte e le mettono a disposizione dei sistemi centrali; quel che forniscono sono delle informazioni sulla disposizione degli stimoli distali. In questo modo: il carattere degli output dei trasduttori viene determinato (e in qualche modo regolato da delle leggi) dal carattere dell'energia in arrivo sulla superficie del trasduttore; il carattere dell'energia a livello di tale superficie è, a sua volta, determinato dal carattere della disposizione distale. Le regolarità di quest'ultimo tipo consentono allora di inferire le proprietà della disposizione distale in base alle corrispondenti proprietà dell'output del trasduttore.

Gli analizzatori di input sono dispositivi che eseguono inferenze di questo tipo. I sistemi di input sono meccanismi computazionali altamente specializzati che hanno il compito di generare ipotesi sulle fonti distali delle stimolazioni prossimali. Con meccanismi specializzati alludo ai limiti nella gamma di informazioni cui possono accedere e alla gamma di proprietà distali su cui possono proiettare tali ipotesi.

Per chiarezza, possiamo fare l'esempio del linguaggio. Lo stimolo rappresentato da una voce umana che emette dei suoni articolati raggiunge i recettori che, obbligatoriamente, scaricano tali suoni secondo la loro intensità; sui trasduttori; quindi vengono captati dai sistemi di input i quali ne effettuano la 'descrizione strutturale': a livello fonetico, semantico, sintagmatico, grammaticale, tale da fornire ai sistemi superiori una sintesi in cui si esplica il significato del messaggio.

Riassumendo: i trasduttori rappresentano il primo livello di mediazione tra il mondo esterno e quello interno, il *medium* che veicola le stimolazioni. La loro caratteristica è quella di conservare il contenuto informativo e trasformare il formato nella trasmissione agli elaboratori di *input*. I trasduttori forniscono informazioni sulla disposizione distale degli stimoli, di cui si servono gli elaboratori per produrre ipotesi sulle caratteristiche prossimali dei medesimi. «Il modo più naturale di interpretare gli output dei traduttori consiste nella specificazione della distribuzione degli stimoli sulla 'superficie' dell'organismo; il modo più naturale di interpretare le rappresentazioni che vengono proiettate dai sistemi di input consiste in una caratterizzazione della disposizione delle cose nel mondo. Gli analizzatori di input sono così dei sistemi esecutori di inferenze: le inferenze in oggetto hanno come premesse delle rappresentazioni trasdotte dalle configurazioni degli stimoli prossimali e come 'conclusioni' le rappresentazioni delle caratteristiche e della distribuzione degli oggetti distali»<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> Jerry Fodor, *La mente modulare*, cit., p. 76. Cfr. anche Jerry Fodor, *La mente non funziona così* [1998], trad. it. Roma-Bari, Laterza, 2001, pp. 70-99.

Le caratteristiche salienti di tutti questi procedimenti associati agli elaboratori di input sono la rigidità e l'automatismo. Le operazioni dei sistemi di input sono obbligate; c'è solo un accesso centrale limitato per le rappresentazioni mentali computate dai sistemi di input. «L'analisi dell'input implica tipicamente un 'mappaggio' m e d i a t o che viene effettuato attraverso il calcolo dei livelli rappresentativi intermedi degli stimoli in arrivo. Queste rappresentazioni intermedie sono, a volte, assolutamente inaccessibili ai processi centrali o solo a un certo prezzo»<sup>5</sup> poiché i sistemi di input sono veloci e informazionalmente incapsulati: relativamente inaccessibili al feed-back di informazioni specificate a livello relativamente alto o da ridondanze di livello superiore (la percezione vede ciò che c'è e non ciò che si vorrebbe/crederebbe ci fosse).

Il sistema di *input* è un meccanismo computazionale che proietta e conferma una certa classe di ipotesi in base a un certo corpo di dati. Se il problema è determinare quale sequenza di parole è codificata in un brano di linguaggio parlato, possono essere costruite ipotesi in base alle voci del lessico mentale del soggetto. Il problema percettivo è determinare quale di queste sequenze fornisce l'analisi corretta del brano pronunciato e giunto all'organismo. Si tratta di un mappaggio che assegna ad ogni coppia costituita da un'ipotesi lessicale e un dato acustico, un valore in cui si esprime il grado di conferma che quest'ultimo conferisce alla prima. I sistemi di input hanno delle 'vedute ristrette' mentre i processi centrali operano in generale e sono sensibili a tutto ciò che l'organismo conosce.

A fronte di tutto quanto detto sui sistemi di *input* il carattere dominante dei sistemi superiori (che sono onnivori per quanto riguarda la provenienza delle informazioni) è la non modularità e la non specificità di dominio. Nel dire che il loro funzionamento è quineiano e isotropico Fodor intende sostenere che i sistemi superiori sono meccanismi dove, in mancanza di dimostrazioni specifiche, è ammessa l'analogia con qualsivoglia ipotesi già dimostrata scientificamente e che qualsivoglia ipotesi già dimostrata scientificamente può vantare una pertinenza in altri campi del sapere. «I sistemi centrali esaminano quel che viene loro trasmesso da quelli di input, osservano quel che è depositato in memoria ed utilizzano queste informazioni per vincolare il calcolo dell'"ipotesi migliore" di come sia il mondo»<sup>6</sup>.

Una conferma scientifica è isotropa quando i fatti rilevanti per affermarla possono essere tratti da qualsiasi ambito nel campo delle verità previamente stabilite empiricamente. Ugualmente incentrato sul non incapsulamento è il carattere quineiano per cui ogni ipotesi data è sensibile alle

<sup>5</sup> *Ibidem*, p. 162.

<sup>6</sup> Jerry Fodor, *La mente modulare*, cit., p. 101.

proprietà dell'intero sistema di credenze. Il sistema di Fodor appare così fondamentalmente incentrato sull'equilibrio tra il determinismo degli analizzatori di input, esecutori di inferenze percettive nel loro rapporto con il mondo esterno e i sistemi superiori, liberi nella loro funzione inferenziale non dimostrativa di fissazione di credenze.

Incapsulamento informazionale, specificità di dominio, rapidità di elaborazione, univocità della direzione di accesso degli input sono caratteristiche dei sistemi predisposti ad ottenere risultati con il minimo dispendio attraverso il massimo di concentrazione di risorse in un obiettivo limitato. Al polo opposto, nello stesso sistema modulare, la fissazione di credenze non conseguente a dimostrazione che presenta due proprietà è quineiana e isotropa. Quanto di meno informazionalmente incapsulato si possa immaginare. La conferma di un'ipotesi scientifica è isotropa quando i fatti rilevanti per la conferma possono essere tratti da qualsiasi ambito nel campo delle verità previamente stabilite empiricamente. Quando discutevamo dei sistemi di input li concepivamo come meccanismi per proiettare e confermare ipotesi. L'incapsulamento informazionale di questi sistemi equivale a un limite alle metriche per la conferma che essi impegnano<sup>7</sup>. Viceversa, ugualmente incentrato sul non incapsulamento è il carattere quineiano per cui ogni ipotesi data è sensibile alle proprietà dell'intero sistema di credenze.

I sistemi superiori quineiani e isotropici, sono sistemi analogici e inferenziali in cui la componente fondamentale è di tipo logico-formale per definizione. *Ipsa facto* devono avere accesso a informazioni provenienti da più di un dominio cognitivo e quindi non essere incapsulati.

Il ragionamento analogico sembra essere l'isotropia nella sua forma più pura: un processo che dipende esattamente da un trasferimento di informazioni tra domini cognitivi previamente ritenuti mutuamente non pertinenti.

Per definizione, i sistemi incapsulati non ragionano analogicamente. Insomma, nei sistemi superiori si produce una qualità diversa di conoscenza, non di inferenza percettiva ma di inferenze non percettive sul mondo, attraverso la sintesi tra il materiale elaborato dai sistemi di elaborazione di input e la forma data da ragionamenti analogici. Come dicevamo, un processo che dipende esattamente da un trasferimento di informazioni tra domini cognitivi considerati mutuamente non pertinenti.

Il 'sistema' di Fodor appare fondamentalmente incentrato sull'equilibrio tra il determinismo degli analizzatori di *input* che, in relazione al mondo esterno, agiscono come esecutori di inferenze percettive e i sistemi

<sup>7</sup> Cfr. *ibidem*, p. 179.

superiori, liberi nella loro funzione inferenziale non dimostrativa di fissazione di credenze<sup>8</sup>.

## 2. Edelman e il darwinismo neurale

Occorre dunque voltare completamente pagina e partire da una delle frasi ripetute spesso da Edelman (per altro incline alle ripetizioni): la mente non è un computer e il mondo non è un brano di nastro da decodificare. L'esistenza di principi di sviluppo che portano a connessioni variabili e ad arborizzazioni sovrapposte, con configurazioni di sinapsi non identificabili né necessariamente ripetibili, mettono in enorme difficoltà coloro che ritengono che il sistema nervoso sia preciso e cablato come un calcolatore.

Durante lo sviluppo, infatti, le connessioni locali di neuroni in ogni regione del cervello subiscono un processo di diversificazione. Anche se non in ogni specie data, particolari regioni neuro-anatomiche presentano morfologie caratteristiche, le arborizzazioni dendritiche e assonali in tali strutture sono soggette a una variazione individuale enorme e a connessioni sovrappontesi. Né il numero né la varianza di queste strutture potrebbero essere specificate preventivamente dal codice genetico. La diversità strutturale che si manifesta nel corso dello sviluppo è il risultato della regolazione epigenetica, della divisione, della migrazione, della morte di cellule, dell'estensione dei loro prolungamenti. Quindi: il mondo non è un nastro per computer pieno di informazioni e il cervello non è un computer, cioè un dispositivo in grado di eseguire solo procedure e algoritmi prestabiliti. I cervelli non posseggono un cablaggio punto per punto preciso, pre-specificato, e non esistono connessioni specifiche predeterminate in modo unico bensì fluttuazioni temporali: «non siamo osservatori distaccati del mondo, che operano attraverso "rappresentazioni" mentali. Siamo invece agenti immersi nel mondo, che acquisiscono la conoscenza attraverso l'azione nel mondo. Il nostro cervello, inoltre, è incarnato e per poter interpretare il funzionamento del cervello umano nell'acquisizione della conoscenza è essenziale tenerne conto»<sup>9</sup>.

<sup>8</sup> Per un'analisi più approfondita del pensiero di Fodor, mi permetto di rimandare ai miei: *Costruttivismo e modularismo: un dibattito e le sue implicazioni pedagogiche*, 2003 e *La teoria modulare e i nuovi paradigmi sperimentali*, 2004, in «Isonomia» (rivista on-line a cura dell'Istituto di Filosofia dell'Università di Urbino "Carlo Bo", disponibile all'indirizzo: <http://www.uniurb.it/Filosofia/isonomia/index.htm>). Entrambi gli articoli sono stati ampliati e raccolti in Paola Belpassi, Paolo Taroni, *Il linguaggio nello sviluppo della mente*, Urbino, Montefeltro, 2006.

<sup>9</sup> Gerald M. Edelman, *Seconda natura. Scienza del cervello e conoscenza umana* [2006], trad. it. Milano, Cortina, 2007, p. 43.

A dispetto del dettato dei testi di anatomia, infatti, alcune mappe non sono stabili. Dato il competitivo ambiente di sviluppo in cui avviene la crescita sinaptica dovrebbe esservi un considerevole grado di indeterminazione fisica nella configurazione finale di ciascun cervello umano adulto. Il darwinismo neurale mette in discussione l'idea che nell'uomo siano presenti modelli uniformi di localizzazione delle funzioni superiori.

In alcune aree cerebrali, i confini delle mappe variano in maniera notevole; per di più sembra che le mappe di ciascun individuo siano uniche. Ciò che hanno i cervelli e che manca ai calcolatori, alle particelle fisiche, agli atomi è la morfologia evolutiva e dinamica.

Infatti, a partire da un certo punto la formazione delle mappe è epigenetica, il che equivale a dire che i geni dell'animale non prefissano in modo preciso la connessione tra cellule. Il sistema di reti, all'interno del cervello, viene creato dal movimento delle cellule durante lo sviluppo, dalla morte cellulare, dal prolungamento e della connessione di un crescente numero di neuroni. Il cervello è un esempio di sistema che si auto-organizza. Le forme che governano lo sviluppo (divisione, movimento e morte cellulare) sono di natura stocastica, cioè statisticamente variabile.

Le configurazioni di risposta del sistema nervoso dipendono dalla storia individuale perché è soltanto attraverso le interazioni con il mondo che si selezionano le configurazioni di risposta convenienti. Il movimento è una componente essenziale della vita degli esseri animali: esso stimola le mappe visive locali più le mappe di altre attività sensoriali che guidano l'*output* motorio. Queste mappe locali rientranti interagiscono con regioni non dotate di mappe (tronco encefalico, gangli basali, ippocampo, cervelletto). «L'attività della mappatura globale che non può essere spiegata dall'attività di alcuna piccola regione neurale, poiché per loro natura le mappature globali devono includere grandi porzioni del sistema nervoso, connette questo insieme a gruppi neuronali selezionati in altri insiemi di tali mappe in conseguenza della continuità del movimento. I risultati di un'attività motoria continua sono considerati parte essenziale della categorizzazione concettuale. Il processo della mappatura globale crea una rappresentazione spazio-temporale continua di oggetti ed eventi che costituiscono il sostrato necessario per stabilire una correlazione fra categorizzazione e memoria [...]. Categorizzazione percettuale e memoria sono necessarie per l'apprendimento ma non sufficienti. La condizione sufficiente è fornita dalle connessioni sinaptiche di particolari mappature globali all'attività dei centri edonici e al sistema libico in modo che soddisfi bisogni omeostatici, appetitivi e realizzativi»<sup>10</sup>. Il concetto di mappatura globale tiene conto del fatto che la percezioni dipende dall'azione e conduce all'azione. In questa prospettiva, la categorizzazione non si verifica esclusivamente in un'area sensoriale che esegue poi un programma per atti-

<sup>10</sup> Gerald M. Edelman, *Sulla materia della mente*, cit., pp. 168-172.

vare un *output* motorio. I risultati di un'attività motoria continua sono invece considerati una parte essenziale della categorizzazione percettuale. Questo implica che le mappature globali che eseguono una tale categorizzazione contengano sia elementi sensoriali sia elementi motori. Nella mappatura globale i mutamenti a lungo termine nella forza delle sinapsi tendono a favorire l'attività rientrante reciproca di quei gruppi la cui attività è stata correlata attraverso mappe diverse nel comportamento passato: basi per la memoria, continua ricategorizzazione procedurale. La selezione dei gruppi neuronali nelle mappature globali si verifica in un anello dinamico che accoppia di continuo gesto e postura a vari tipi di segnali sensoriali. Il processo di mappatura globale (con i tipi di selezione di gruppi neuronali e di mutamento sinaptico che a esso si accompagnano) crea una rappresentazione spazio-temporalmente continua di oggetti ed eventi. Perciò le mappature globali costituiscono il sostrato necessario per stabilire una relazione fra categorizzazione e memoria. Questa funzione non può essere spiegata dall'attività di alcuna piccola regione neurale poiché, per loro natura, le mappature globali devono includere grandi porzioni del sistema nervoso. Nella mappatura globale i mutamenti a lungo termine nella forza delle sinapsi tendono a favorire l'attività rientrante reciproca di quei gruppi la cui attività è stata correlata attraverso mappe diverse nel comportamento passato: basi per la memoria<sup>11</sup>.

Quindi, a fronte della descrizione architettonica della coscienza, cioè della struttura mentale come architettura funzionale, l'idea base della concezione di Edelman è la nozione di variabilità, connessa al modello popolazioneistico: I dati rivelano che il processo della coscienza è il risultato dinamico delle attività distribuite di popolazioni di neuroni in molte aree diverse del cervello. Il fatto che un'area possa essere essenziale o necessaria per la coscienza non significa che sia sufficiente. Un dato neurone, inoltre, può contribuire all'attività cosciente in un certo momento e non in quello successivo<sup>12</sup>. Tale variabilità, caratteristica fondamentale della coscienza, non contraddice il suo carattere unitario: ogni stato di coscienza è un quadro integrato, una scena, risultato della coordinazione di categorizzazioni percettive e di memoria-valore<sup>13</sup>.

Da tutto ciò deriva una importante conseguenza: lo sviluppo del cervello, lungi dall'ubbidire a una logica istruttiva, risponde esclusivamente a una logica selettiva per la costituzione di mappe neuronali di cui non esistono modelli uniformi né reti uniformi di localizzazione. Il cervello supe-

<sup>11</sup> Cfr. innanzitutto, Gerald M. Edelman, *Il presente ricordato* [1989], trad. it. Milano, Rizzoli, 1991, poi ripreso in tutte le opere successive.

<sup>12</sup> Gerald M. Edelman, *Sulla materia della mente*, cit., pp. 168-172.

<sup>13</sup> Cfr. Gerald M. Edelman, *Pili grande del cielo*, cit., cap. 5, Gerald M. Edelman, *Sulla materia della mente*, cit., cap. 11 e, soprattutto, Gerald M. Edelman e G. Tononi, *Un universo di coscienza. Come la materia diventa immaginazione* [2000], trad. it. Torino, Einaudi, 2000.

riore reagisce agli ambienti ricchi di novità costruendo autonomamente risposte che seguono certi schemi generali. Ma non come farebbe un computer – utilizzando regole formali governate da istruzioni esplicite, non ambigue, o dai segnali in entrata. Come fa il cervello a operare in modo da generare risposte adattative che seguono certi schemi generali?

La Teoria della Selezione dei Gruppi Neurali (TSGN) di Edelman postula tre principi:

1. il principio della selezione nello sviluppo;
2. il principio della selezione esperienziale;
3. il rientro.

Vediamo più in dettaglio questi tre principi:

1. Selezione nello sviluppo: nelle prime fasi di formazione della neuroanatomia le variazioni degli schemi di connessione tra i neuroni creano, in ogni area, repertori che consistono di milioni di circuiti o gruppi neuronalni di varianti. Variazioni a livello delle sinapsi perché i neuroni che scaricano insieme si cablano insieme.

2. Selezione esperienziale: dopo la formazione delle più importanti strutture neuroanatomiche, la forza delle sinapsi subisce grandi variazioni che derivano dalle variazioni nei segnali provenienti dall'ambiente.

3. Il rientro: grandi quantità di connessioni reciproche, localmente e a grandi distanze, uno scambio in atto ricorsivo, di segnali in parallelo, tra aree cerebrali reciprocamente connesse, che coordina incessantemente, nello spazio e nel tempo, l'attività delle mappe interconnesse e rappresenta un processo di sincronizzazione della successione che supplisce all'esistenza di modelli informativi precostituiti. Modifica gli eventi selettivi e le correlazioni di segnali tra aree ed è essenziale per sincronizzare e coordinare le loro reciproche funzioni.

Questi tre principi basilari della teoria edelmaniana rappresentano sia la componente dinamica sia quella 'statica' del sistema: dinamica perché secondo Edelman non esistono strutture fisse per rispondere agli stimoli esteriori, ma gruppi neuronalni la cui composizione varia con il variare dell'esperienza del soggetto (selezione nello sviluppo); statica perché il principio del rientro, onnipresente nel sistema superiore, reintroduce elementi di coerenza, equilibrio, interazione e omeostasi, ricollegando le unità anche a grandi distanze. Il rientro, infatti, reintroduce elementi di integrazione spazio-temporale anche dove la logica e l'orologio sono stati estromessi dalle loro funzioni. Il rientro è un sistema di fibre parallele che permettono lo scambio ricorsivo di informazioni tra aree cerebrali reciprocamente connesse. Esso coordina incessantemente, nello spazio e nel tempo, l'attività delle mappe interconnesse e rappresenta un processo di sincronizzazione della successione che supplisce all'esistenza di modelli informativi precostituiti.

D'altra parte la TSGN prevede l'esistenza di fasi evolutive della coscienza

za, la distinzione tra un livello di base, la cosiddetta coscienza primaria e una coscienza di ordine superiore.

La coscienza primaria si concretizza nella costituzione di quadri percettivi: individuo-ambiente in cui mancano la coscienza di sé e la coscienza simbolico-rappresentativa. Secondo la TSGN la categorizzazione percettiva si realizza mediante mappaggi globali che connettono varie mappe modali attraverso il rientro e le collegano ai sistemi di controllo motorio mediante connessioni non rientranti. La coscienza primaria emerge per effetto delle interazioni rientranti fra aree cerebrali che mediano la memoria valore-categoria e aree che mediano la categorizzazione percettiva (il presente ricordato).

Viceversa, per l'emergere della maggior parte delle forme di coscienza superiore, si richiede lo sviluppo di una funzione specifica di capacità simboliche e sintattiche: il linguaggio. La base più primitiva delle relazioni soggetto-predicato è una coscienza emergente della distinzione tra le categorie connesse al sé e quelle classificabili come non sé, simili o diverse. Solo con l'apparizione di vero linguaggio in un contesto sociale questa forma di coscienza può svilupparsi completamente, con l'apparizione concomitante del canale della fonazione e dei centri cerebrali per il linguaggio. Prima dell'apparizione del linguaggio, il cervello aveva evoluto aree che eseguivano una estesa formazione di concetti. Secondo la TSGN la condizione necessaria, alla nascita, di capacità concettuali è lo sviluppo evolutivo di aree cerebrali specializzate. Nella formazione dei concetti, il cervello costruisce mappe delle proprie attività, non solo di stimoli esterni, come nella percezione.

L'emergere negli ominidi di capacità fonologiche e di aree cerebrali specializzate permise il *bootstrapping* semantico e la creazione di un ordinamento sintattico. Viceversa, la mancanza di una coscienza di ordine superiore rende chi ne è privo incapace di usare simboli per conferire significato ad atti ed eventi e di ragionare su quanto non accade al momento presente. Una specie dotata di una coscienza di ordine superiore ha un sé che agisce nel presente ricordato, un sé definito socialmente e linguisticamente. Siamo coscienti di essere coscienti e possediamo un'esplicita consapevolezza di eventi passati e scenari su un futuro immaginato. Il linguaggio comporta un'enorme espansione della portata dello sviluppo cosciente<sup>14</sup>, fornisce all'individuo la possibilità di dilatare le coordinate spazio-temporali e queste, unite alla coscienza del sé, configurano una coscienza del mondo e delle possibilità che esso offre.

In altre parole, la coscienza di ordine superiore aggiunge al quadro di individualità biologica il senso del sé, costruito attraverso le relazioni con

<sup>14</sup> A questo proposito, cfr. soprattutto Gerald M. Edelman e Giulio Tononi, *Un universo di coscienza*, cit.

altri individui. La liberazione parziale del pensiero cosciente dai vincoli dell'immediato presente e la comunicazione sociale sempre più ricca consentono di prevedere le situazioni future e pianificare il comportamento. A questa capacità si accompagna quella di modellare il mondo, di istituire confronti espliciti tra le conclusioni possibili e di soppesarle; tali confronti rendono poi possibile riorganizzare i propri piani. Il valore adattivo di tali capacità è palese. A partire dall'evoluzione dei cacciatori-raccoglitori, la storia dell'umanità narra delle caratteristiche adattive e non adattive dell'unica specie in cui la coscienza di ordine superiore si è sviluppata appieno.

Benché le categorie dei vari segnali che hanno origine nel mondo non siano stabilite prima della selezione dei gruppi neuronali, la campionatura di segnali come eventi del mondo deve seguire le leggi fisiche che governano la continuità spazio-temporale. Ciò richiede la generazione di mappe che mettano in relazione fogli di recettori sensoriali con particolari regioni del sistema nervoso. A causa, però, della varianza locale nella struttura e nella connettività neurali, oltre che la statistica del mutamento sinaptico, non sono disponibili etichette specifiche per indicare ogni posizione data sulle mappe.

Per coordinare l'interazione dei fogli di ricettori e delle mappe fra loro – un processo in virtù del quale l'attività distribuita all'interno di aree rappresentata da mappe viene correlata nel tempo – la TSGN propone che le regioni rappresentate in mappe si scambino segnali per mezzo del rientro.

Il rientro è un processo di segnalazione parallela temporaneamente continua tra mappe separate, che si svolge lungo connessioni ordinate anatomicamente. Un esempio molto interessante di sistema rientrante si osserva nelle aree funzionalmente suffragate dell'apparato visivo: la segnalazione in modo discontinuo, a fasi o in modo continuo, attraverso mappe connesse da rientro, permette l'istituzione di correlazioni temporali fra le varie selezioni che hanno luogo fra gruppi neuronali all'interno di queste mappe. Quindi, il rientro fra mappe neuronali introduce la simultaneità nella discontinuità.

L'operazione di collegamento neurale tra mappature globali e sistema limbico può connettere la categorizzazione a comportamenti aventi valore adattivo in condizioni di attesa, ossia in condizioni in cui le domande poste dal sistema edonico non siano ancora soddisfatte. Le attese sono il risultato di categorizzazioni accoppiate a bisogni e l'apprendimento migliora le probabilità di soddisfare questi bisogni. Tale visione del rapporto tra la categorizzazione percettuale e l'apprendimento spiega il valore adattivo della selezione dei gruppi neuronali; tanto le alterazioni evoluzionistiche quanto le alterazioni somatiche nelle proprietà dei gruppi neuronali (dimensioni, connettività, risposta sinaptica, grado di variazione ecc.) hanno valore adattivo perché aumentano le opportunità per le risposte categoriali che si richiedono ai fini dell'apprendimento e che lo migliorano.

A un certo punto, il destino dei neuroni diventa epigenetico, in altre parole non è pre-specificato come un 'cablaggio' ma è guidato da configurazioni di attività neurale. Il movimento e la morte di ogni singolo neurone è statisticamente variabile. L'insieme dei neuroni a cui si collegherà ogni singolo neurone negli stadi successivi è stocastico. Il risultato è uno schema di regolarità e variazione che porta a reti molto individuali in ogni animale. Non è affatto così che si costruisce un computer che deve eseguire algoritmi e procedure efficaci seguendo un programma preciso prestabilito e senza errori di cablaggio. L'esistenza di principi di sviluppo che portano a connessioni variabili e ad arborizzazioni sovrapposte, con configurazioni di sinapsi non identificabili e non necessariamente ripetibili, mette in enorme difficoltà coloro che ritengono che il sistema nervoso sia preciso e 'cablato' come un calcolatore.

### *Conclusioni provvisorie*

Nell'introduzione si alludeva a due modelli di definizione della mente. Da un lato, Jerry Fodor che propone la sua architettura tripartita, una tassonomia rigorosamente definita in cui ogni settore svolge una funzione propria, nei suoi limiti e nelle sue proprietà. Dall'altro, un "programma", così formulato dallo stesso Edelman, di portare a termine l'impresa di Darwin, reintegrando la mente, che il dualismo cartesiano aveva relegato nel terreno del *cogito*, nell'unità della sostanza antropologica, fatta di estensione e pensiero; quest'impresa consiste nell'impegnarsi a sviluppare una concezione della coscienza come prodotto dell'evoluzione e produrre una teoria biologica della coscienza che comporti l'incorporamento della mente nella natura. Ho detto Cartesio, ma avrei dovuto dire prima di lui Galileo, che escludeva la soggettività nella ricerca del contenuto universale delle leggi della conoscenza. Edelman costruire una teoria scientifica della mente fondata direttamente sulla struttura e sul funzionamento del cervello. Con l'aggettivo 'scientifico' intendo una descrizione fondata sull'organizzazione neuronale e fenotipica di un individuo, formulata esclusivamente nei termini di meccanismi fisici e chimici che danno origine a tale organizzazione. Usando la parola scientifico intendo anche che un modello di coscienza fondato su una tale teoria deve essere verificabile con l'esperimento o, se no, in accordo con altri modelli del cervello che sono verificabili con l'esperimento<sup>15</sup>.

Edelman, pertanto, si propone di unificare i meccanismi dello sviluppo fisico e mentale dimostrando che la selezione su base popolazionistica è il

<sup>15</sup> Cfr. Gerald M. Edelman, *Sulla materia della mente*, cit., pp. 110-116 e *Più grande del cielo*, cit. p. 11.

principio dell'evoluzione dell'encefalo che presiede altresì al suo funzionamento, attraverso la costituzione di mappe neuronali variabili e dalle variabili connessioni, di volta in volta impegnate nei compiti cui l'organismo deve assolvere. Edelman sostiene che nessun meccanismo costruzionista potrebbe spiegare la complessità, la varietà, l'individualità e, per certi versi, l'indeterminatezza delle categorizzazioni conoscitive. Al principio costruzionista egli contrappone il principio della selezione sulla variazione a vari livelli. Tale processo conduce a una modificazione differenziale delle sinapsi e alla selezione di particolari gruppi neuronali sulla base dell'esperienza individuale in un mondo o ambiente aperto.

Al termine della nostra esplorazione dei percorsi teorici di questi due autori, tentiamo su di loro uno sguardo d'insieme.

Nella teoria di Fodor è molto marcata l'impronta funzionalistica di ispirazione sincronica: le varie componenti in stretta interrelazione producono atti di natura intellettuale in cui i sistemi di input forniscono ai sistemi superiori le inferenze percettive sullo stato del mondo.

Nella concezione di Edelman, viceversa, prevale l'ispirazione diacronico-evoluzionistica e sono le facoltà di ordine superiore (il linguaggio, concettualizzazione, simbolizzazione) a fornire alla mente la capacità di superare il mero piano della percezione (valore-memoria) per produrre concetti, relazioni basate in primo luogo sul rapporto della mente con se stessa.

Nel caso di Fodor, un sistema funzionale in equilibrio; nel caso di Edelman, un sistema in evoluzione in un orizzonte aperto.

Nello schema di Fodor i moduli assolvono alla funzione di garantire ai sistemi superiori l'accesso di materiale informativo di prima mano. Qui, le istanze intellettuali quineiane e isotropiche sono libere di produrre inferenze non dimostrative, una forma di sapere basata sull'analogia. La coscienza di ordine superiore di Edelman è, viceversa, prima di tutto auto-coscienza, conoscenza di sé, dell'altro da sé. Quindi conoscenza delle coordinate spazio-temporali che strutturano l'ambiente nel quale l'uomo deve agire.

Entrambe queste teorie poggiano su solide fondamenta biologiche senza le quali le loro asserzioni non avrebbero consistenza. I trasduttori e i moduli, o strutture verticali di Fodor, sono organi naturali della mente che producono le loro funzioni fisicamente percepibili. Il variabile dinamismo nelle sinapsi è un fenomeno fisico-chimico con precise connotazioni biologiche, verificabili e misurabili con sistemi sperimentali.

Che cosa fa di essi dei temi suscettibili di una lettura filosofica?

Nel sistema di Fodor, i moduli forniscono ai sistemi superiori elaborazioni che altrimenti non sarebbero mai state possibili, materiale di prima mano sullo stato del mondo che consente una sintesi tra percezione e intelletto.

Il darwinismo neurale di Edelman trasferisce sul piano neuronale i principi del selezionismo adattivo e così conferisce al dinamismo del si-

stema la ricerca di un crescente adattamento all'ambiente, prosecuzione, sul piano neuronale, dell'evoluzione biologica.

### Bibliografia:

- Jerry Fodor, *La mente modulare* [1983], trad. it. il Mulino, Bologna 1988.  
 -, *Psicosemantica* [1987], trad. it. il Mulino, Bologna 1990.  
 -, *Concetti. Dove sbaglia la scienza cognitiva* [1998], trad. it. McGraw-Hill, Milano 1999.  
 -, *Mente e linguaggio*, Laterza, Roma-Bari 2001.  
 -, *La mente non funziona così*, Laterza, Roma-Bari 2001.  
 Gerald M. Edelman, *Darwinismo neurale. Teoria della selezione dei gruppi neurali* [1987], trad. it. Einaudi, Torino 1996.  
 -, *Topobiologia. Introduzione all'embriologia molecolare* [1988], trad. it. Rizzoli, Milano 1993.  
 -, *Il presente ricordato* [1989], trad. it. Rizzoli, Torino 1991.  
 -, *Sulla materia della mente* [1992], trad. it. Adelphi, Milano 1993.  
 - con G. Tononi, *Un universo di coscienza. Come la materia diventa immaginazione* [2000], trad. it. Einaudi, Torino 2000.  
 -, *Più grande del cielo. Lo straordinario dono fenomenico della coscienza* [2004], trad. it. Einaudi, Torino 2004.  
 -, *Seconda natura. Scienza del cervello e conoscenza umana* [2006], trad. it. Milano, Cortina, 2007.

### Letteratura critica:

- D.E. Rumelhart, J.L. McClelland (PDP research group), *PDP. Microstruttura dei processi cognitivi* [1986], trad. it. Bologna, il Mulino, 1991.  
 W. Bechtel, *Filosofia della mente* [1988], trad. it. Bologna, il Mulino, 1992.  
 P.M. Churchland, *La natura della mente e la struttura della scienza. Una prospettiva neurocomputazionale* [1989], trad. it. Bologna, il Mulino, 1992.  
 A. Clark, *Microcognizione. Filosofia, scienza cognitiva e reti neurali* [1989], trad. it. Bologna, il Mulino, 1994.  
 D. Parisi, *Intervista sulle reti neurali. Cervello e macchine intelligenti*, Bologna, il Mulino, 1989.  
 P.S. Churchland, T. Sejnowski, *Il cervello computazionale* [1992], trad. it. Bologna, il Mulino, 1995.  
 F. Crick, *La scienza e l'anima* [1994], trad. it. Milano, Rizzoli, 1994.  
 J. McDowell, *Mente e mondo* [1994], trad. it. Torino, Einaudi, 1999.  
 P.M. Churchland, *Il motore della ragione la sede dell'anima* [1995], trad. it. Milano, il Saggiatore, 1998.  
 M. Di Francesco, *Introduzione alla filosofia della mente*, NIS, Roma 1996, 2ª ed. Carocci, Roma 2002.  
 E. Carli (a cura di), *Cervelli che parlano*, Milano, Bruno Mondadori, 1997.  
 M. Di Francesco, *L'io e i suoi sé*, Milano, Cortina, 1998.  
 M. Frixione, *Il connessionismo tra simboli e neuroni*, Casale Monferrato, Marietti, 1998.  
 D. Parisi, *Mente. I nuovi modelli della Vita Artificiale*, Bologna, il Mulino, 1999.

- B. Farina, *Il déjà vu e la coscienza. Dal "Ricordo del presente" di Bergson al "Presente ricordato" di Edelman*, Milano, Angeli, 1999.
- A. Clark, *Dare corpo alla mente*, McGraw-Hill, Milano 2000.
- D. Parisi, *Simulazioni*, Bologna, il Mulino, 2001.
- M. Maraffa, *Filosofia della mente*, in F. D'Agostini, N. Vassallo (a cura di), *Storia della filosofia analitica*, Einaudi, Torino 2002, pp. 194-222.
- S. Nannini, *L'anima e il corpo. Un'introduzione storica alla filosofia della mente*, Laterza, Roma-Bari 2002.
- A. Oliverio, *Prima lezione di neuroscienze*, Roma-Bari, Laterza, 2002.
- A. Paternoster, *Introduzione alla filosofia della mente*, Laterza, Roma-Bari 2002.
- A. Iorio Giannoli, *Materializzazioni dell'anima*, Manifestolibri, Roma 2003.
- G. Tononi, *Galileo e il fotodiodo. Cervello, complessità e coscienza*, Laterza, Roma-Bari, 2003.
- F. Cimatti, *Mente, segno e vita*, Carocci, Roma 2004.
- F. Cimatti, *Il senso della mente*, Boringhieri, Torino 2004.
- D. Parisi, *Una nuova mente*, Torino, Codice, 2006.
- T. Pievani (a cura di), *L'evoluzione della mente*, Milano, Sperling, 2008.