

IL DIGITALE COME NUOVA FORMA DI EPISTEMOLOGIA



1

**MORIN: UNA NUOVA
EPISTEMOLOGIA
PER UNA NUOVA
SCUOLA**

UMANESIMO DIGITALE

Con il suo libro *“La testa ben fatta”- Riforma dell’insegnamento e riforma del pensiero* (Raffaello Cortina-editore, Milano 2000) Edgar Morin, com’è noto, propone una vera e propria “rifondazione” della scuola, che si apra ai plurimi orizzonti della “complessità” del suo mondo oltre che pedagogico, epistemologico ed antropologico. Infatti, in connessione al concetto di “complessità”, l’autore presenta una riforma del pensiero che vuole essere paradigmatica ed al contempo una risposta alle trasformazioni che stanno vivendo l’uomo e la sua conoscenza, con specifico riguardo alla strategia didattica.

La rivoluzione paradigmatica, secondo l’autore, riferibile alla democratizzazione del diritto a pensare comprende il concetto della “complessità didattica”, che permette a un pensiero complesso di organizzare il sapere e di collegare le conoscenze, oggi confinate settorialmente nelle discipline.

L'ASPETTO EPISTEMOLOGICO DELLA COMPLESSITÀ

Assistiamo, quindi, a una “rivoluzione copernicana”, in cui riforma dell’insegnamento e riforma del pensiero coincidono.

Morin delinea puntualmente il “concetto di complessità” anche nelle sue forme attuative nel momento, in cui afferma: «C’è complessità quando sono inseparabili le differenti componenti che costituiscono un tutto ... e quando c’è un tessuto interdipendente, interattivo e inter-reattivo fra le parti e il tutto e fra il tutto e le parti» (*La testa ben fatta* - pag.6).

A suo giudizio l’essere umano oggi deve essere catalizzatore della complessità dei saperi; soggetto ed oggetto della conoscenza. Correlata al principio è, inoltre, la rivisitazione dell’obiettivo fondamentale della scuola: “apprendere a diventare cittadini”.

La riforma, pertanto, di cui parla Morin focalizza la nostra attitudine a organizzare le idee, ma al contempo è pragmatica in quanto rimanda a forme attuativo-operative in seno alle Istituzioni e all’interno degli organi scolastici.

L’autore percorre un lungo cammino, già iniziato nel 1994 con l’opera *Il paradigma perduto*-Che cos’è la natura umana (Feltrinelli), nella quale aveva puntualizzato l’aspetto **epistemologico, oltre che antropologico della complessità.**

CONIUGARE L'ASPETTO TEORICO E QUELLO PRAGMATICO

In tutta la sua opera Morin insiste sulla necessità di conciliare, in nome del principio della complessità, il momento teorico con quello pragmatico ai fini di un'efficacia educativa rispondente alle esigenze del nostro tempo.

A suo giudizio, infatti. “Non possiamo riformare l'istituzione senza aver riformato le menti, ma non possiamo riformare le menti se non abbiamo preventivamente riformato le istituzioni». (*La testa ben fatta*, p. 103).

L'ostacolo maggiore per l'affermazione di un attivismo pedagogico complesso e rispondente alle istanze del tempo è l'espansione incontrollata del sapere: «L'accrescimento ininterrotto delle conoscenze edifica una gigantesca torre di Babele, rumoreggiante di linguaggi discordanti. La torre domina perché noi non possiamo dominare i nostri saperi» (*La testa ben fatta*, p. 9).

Ed è appunto per abbattere questa torre di Babele che dobbiamo fare ricorso a una “didattica della complessità” in forma teorica e pragmatica.

CONIUGARE L'ASPETTO TEORICO E QUELLO PRAGMATICO

Quello che cercherò di argomentare qui è che lo sviluppo delle competenze digitale all'interno dei curricula è lo strumento più efficace di cui possiamo disporre per realizzare questa integrazione di un aspetto teorico rispettoso della complessità della didattica in tutte le sue articolazioni e di quello pragmatico. La sfida, come troviamo scritto nel documento di presentazione di questo convegno, è pertanto quella di «modificare l'approccio alla conoscenza, ricavando dall'innovazione prodotta dalle neuroscienze e dagli studi teorici l'applicazione didattica rispetto al modo di imparare nella nuova epoca digitale».

2

**PROPOSTA:
ASSUMERE IL
DIGITALE COME
METALINGUAGGIO**

CHE COS'È IL METALINGUAGGIO

Assumere il digitale come **metalinguaggio** significa farne il tessuto connettivo dei linguaggi di un sistema sociale e farne oggetto non tanto di una teoria, quanto di un'**epistemologia di tipo nuovo**.
È interessante e istruttivo capire come e perché.



UMANESIMO DIGITALE

Mario Draghi apertura del G20 Cultura nella platea del Colosseo:

“L’impegno è saper vivere le nuove dimensioni della conoscenza come opportunità di un «umanesimo digitale», per usare una definizione cara a Luciano Floridi, professore di Filosofia ed Etica dell’Informazione a Oxford e ripresa, proprio al G20 della Cultura, da Christian Greco, direttore del Museo Egizio di Torino: “È arrivato il tempo di introdurre quello che potremmo definire un umanesimo digitale, in cui archeologi, antropologi, architetti, storici, filosofi, neuroscienziati, psicologi lavorino fianco a fianco con chimici, fisici, esperti informatici, per arrivare alla definizione di una nuova semantica che ci permetta di capire ed elaborare la complessità della realtà”.

LO «SGUARDO EPISTEMOLOGICO»

Che cos'è l'**Epistemologia**? Il termine etimologicamente deriva dalle due parole greche ἐπιστήμη (discorso) e λόγος (scienza) e significa dunque, nell'accezione che usualmente ne viene data, «discorso intorno alla scienza».

LO «SGUARDO EPISTEMOLOGICO»

Ma c'è un'altra possibile derivazione etimologica, più interessante nel nostro caso, dal prefisso della lingua greca ἔπì (che significa «su» o «sopra») e dal verbo ἵσταμαι (che significa «stare»): in questo modo il termine può essere tradotto letteralmente come uno «stare sopra» o un «sovrastare». A questo significato si ricollega la parola inglese *understanding*, con la sola differenza che, in questo caso, anziché di uno stare sopra si parla di uno «stare sotto». La versione tedesca di questa facoltà cognitiva, *ver-stehen*, è più complessa, in quanto si compone del verbo *Stehen*, che significa ancora una volta «stare» (in piedi) accompagnato dal prefisso *ver-*, che porta in sé un senso di allontanamento, di perdita, di cambiamento e di capovolgimento. In tutti e tre i casi i significati convergono nel rimandare, comunque, a un cambiamento di quota e di livello, il quale, sia che avvenga verso l'alto o verso il basso, evidenzia la necessità di discostarsi dalla superficie del discorso per andare giù, in profondità, o innalzarsi a un punto di vista superiore.

LO «SGUARDO EPISTEMOLOGICO»

Proprio perché il cambiamento di quota e di livello può avvenire verso l'alto o verso il basso il passaggio dal linguaggio oggetto al metalinguaggio (e quindi dalle singole discipline all'epistemologia) non va inteso in senso gerarchico, come la rivendicazione di una pretesa superiorità.

Il significato geologico del prefisso ἐπι è illuminante: esso consente di comprendere il «sopra» non come il risultato di una gerarchia, ma come un effetto di superficie: in geologia si chiama «epicentro» il punto di proiezione, sulla superficie della terra, dell'«ipocentro», il luogo sotterraneo dove nasce il terremoto. L'ipocentro è ciò che avviene in profondità, l'epicentro rappresenta il suo avvenimento in superficie. Ciò significa che ciò che avviene a livello dell'epicentro va spiegato a partire dal suo prima, da ciò che avviene nella profondità dell'ipocentro e in stretta corrispondenza con esso.

LO «SGUARDO EPISTEMOLOGICO»

Questa metafora geologica è illuminante, in quanto ci fa capire che l' ἔπι dell'epistemologia non può essere considerato come qualcosa di autonomo, a sé stante, staccato dal riferimento alle specifiche discipline di cui è il metalinguaggio. Lo sguardo epistemologico ha significato e valore solo se opera in stretto raccordo con la profondità dei saperi disciplinari: esso ha il compito di portare in superficie, come espressione del *critical thinking*, i linguaggi e le strutture concettuali delle singole discipline, di individuarne i confini e di aiutarci a comprendere come far interagire nel modo migliore queste discipline, ponendole in relazione reciproca.

LO «SGUARDO EPISTEMOLOGICO»

Quello epistemologico è pertanto il tipo di sguardo che indaga la struttura e il funzionamento dei processi cerebrali e della mente allo scopo di stabilire che cosa sono in grado di fare e di conoscere. Proprio perché si tratta di uno sguardo da un diverso livello e dall'esterno, non direttamente coinvolto nella dinamica interna, linguistica e concettuale, delle singole discipline, è in grado di vedere nel modo migliore le possibili “giunture” e relazioni tra i diversi ambiti disciplinari. Esso è dunque orientato verso l'interdisciplinarità e la transdisciplinarità, e ne stabilisce gli obiettivi e i metodi. Ci fa capire, ad esempio, che cosa sono, rispettivamente, la comunicazione, l'informazione e la conoscenza e come si relazionano tra di loro.

LO «SGUARDO EPISTEMOLOGICO»

E ci consente di adottare una visione generale e condivisa delle cose, che mette in grado di inquadrare il problema con cui si ha a che fare da una varietà di punti di vista differenti, non ripetitivi e rituali.

Torna così di attualità un sapere di tipo umanistico e trasversale che è stato sovente sacrificato alle specializzazioni tecniche, amministrative, commerciali ecc. Non che il sapere specialistico non sia importante, ma visto l'attuale ritmo dei processi di innovazione, esso rischia di diventare rapidamente obsoleto e non integrabile con l'esterno. L'evoluzione verso il nuovo è invece possibile se le competenze specialistiche sono accoppiate con una robusta base di competenze generali: che servano a capire, prima che a eseguire; a valutare, prima che a calcolare; a comunicare, prima che a decidere.

LO «SGUARDO EPISTEMOLOGICO»

La metafora geologica con la sua relazione tra ipogenesi ed epigenesi, tra profondità e superficie, ci permette di impostare in modo fruttuoso il nesso inscindibile tra lo sguardo in profondità delle specializzazioni e quello ad ampio raggio di un sapere transdisciplinare che metta lo specialista in grado di ripensare criticamente le proprie competenze e i propri saperi e gli dia la possibilità e la capacità di tornare, se e quando necessario, indietro, modificando e innovando, anche radicalmente, quello che si è (temporaneamente) scelto come proprio core professionale.

Questa esigenza è approfondita dalla possibilità di lavorare in rete, che porta le specializzazioni ad approfondirsi, in quanto diventa possibile scambiare più estesamente e più intensamente la conoscenza posseduta con altri specialisti, in modo che ciascuno possa focalizzarsi sulle sue core competences. Dall'altro lato, invece, la rete rende assolutamente necessaria l'integrazione flessibile, reversibile, di questi specialismi.

Bisogna insomma avere la capacità di ricombinare saperi specialistici diversi e di “tornare indietro” da percorsi di specializzazione che, a un certo punto, si rivelano perdenti o superati.

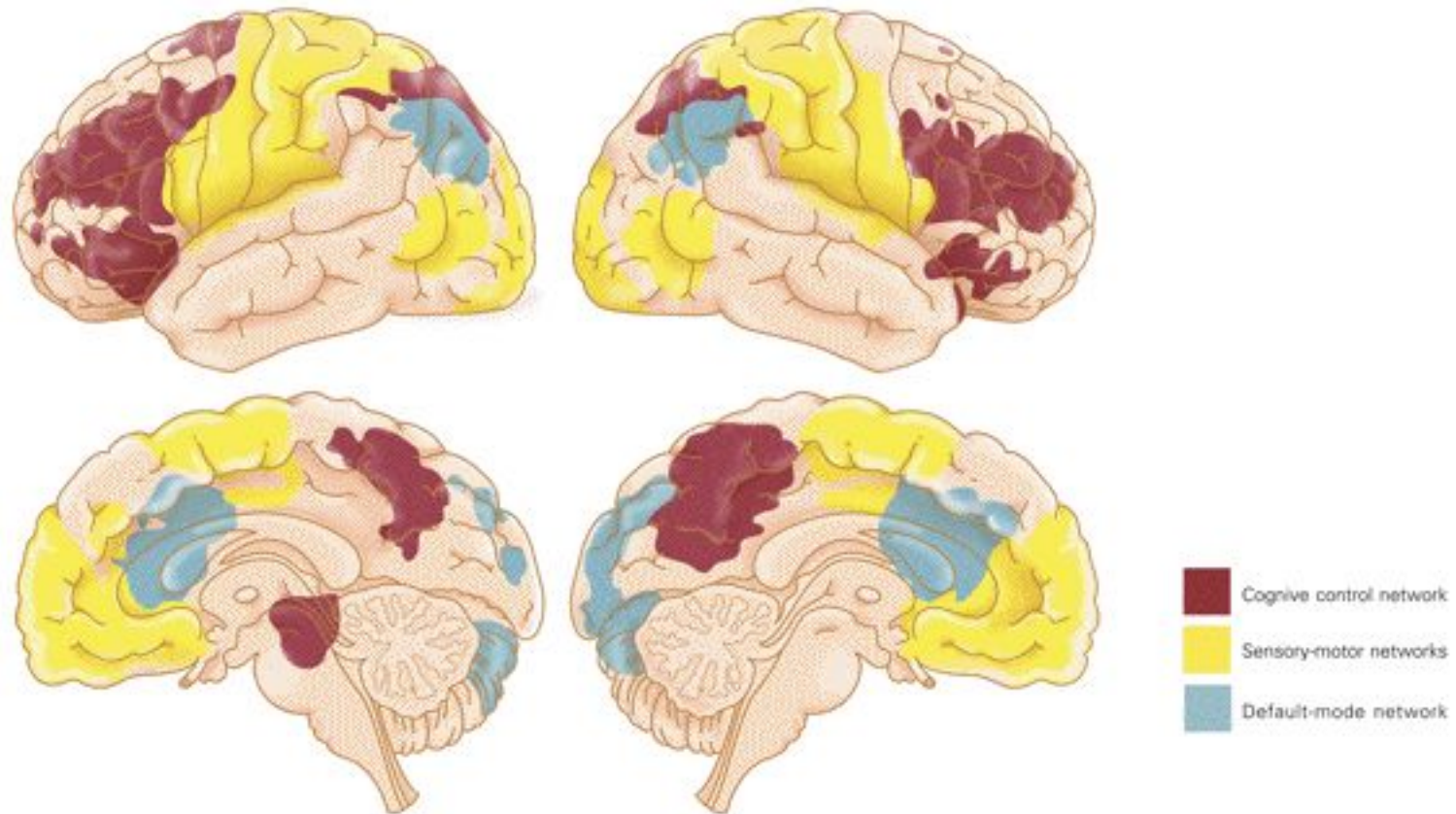
LO SGUARDO EPISTEMOLOGICO»

Questo è il tipo di sguardo che indaga la struttura e il funzionamento dei processi cerebrali e della mente allo scopo di stabilire che cosa sono in grado di fare e di conoscere

Questo contributo della parte più profonda e meno accessibile allo sguardo della coscienza alla costituzione della persona nella sua globalità risulta oggi confermato dalla presenza, nel nostro cervello, di un solo circuito che si sottrae al prevalente orientamento all'azione, il ***Default-Mode Network*** (DMN), una rete neurale distribuita in diverse regioni corticali e sottocorticali, che viene generalmente attivata durante le ore di riposo e di attività “passive”.

II *Default-Mode Network (DMN)*

FMRI: FUNCTIONAL ACTIVITY OF THREE A PRIORI DEFINED LARGE-SCALE NETWORKS



IL DEFAULT-MODE NETWORK (DMN)

Questa rete si attiva proprio quando il lavoro della mente non è rivolto a stimoli esterni ma verso il mondo interno.

Pur non occupandosi delle usuali faccende quotidiane il metabolismo del cervello è intenso, cioè la corteccia consuma una gran quantità di energia e sono all'opera diverse componenti del sistema cerebrale: il lobulo parietale inferiore, la corteccia cingolata posteriore, la corteccia prefrontale ventro-mediale e la formazione dell'ippocampo. Si tratta di un sistema di aree cerebrali dense e fitte di connessioni.

MAPPA ANATOMICA E FUNZIONI DELLA DMN

AREE CORTICALI	FUNZIONI
<u>CORE</u> PCC/RSC - aMPFC	- Fulcri connettori, coinvolti in tutti i processi cognitivi supportati dalla rete default;
<u>SOTTOSISTEMA MTL</u> vMPFC - plPL - Rsp - PHC - HF+	- Immaginazione del futuro; - Memoria autobiografica; - Costruzione di una simulazione mentale basata sul recupero della memoria episodica
<u>SOTTOSISTEMA dMPFC</u> dMPFC - TPJ - LTC - TempP	- Processi auto-referenziali; - Costruzione di una simulazione mentale rilevante per sé stessi

IL DEFAULT-MODE NETWORK (DMN)

Si tratta pertanto di una rete associata a processi mentali definiti “immagini e pensieri non correlati a un compito” e si attiva, ad esempio, quando gli individui pensano al loro futuro costruendo una “scena mentale” basata sulla memoria episodica. Alcune sue componenti forniscono quindi informazioni provenienti da esperienze pregresse sotto forma di ricordi e associazioni che costituiscono i mattoni della simulazione mentale e dell’immaginazione.

IL DEFAULT-MODE NETWORK (DMN)

Il Default-Mode Network è pertanto fondamentale per utilizzare le esperienze passate al fine di progettare il futuro, individuare le interazioni sociali e massimizzare l'utilità dei momenti in cui ciascuno di noi non è direttamente impegnato nel mondo esterno e la sua attività mentale, come si diceva, è diretta verso i canali interni. In queste fasi non si ha un pensiero ordinato e organizzato, ma piuttosto un agglomerato di istanti e di frammenti di esperienza interiori, miscugli saltuari fatti di sogni a occhi aperti, di fantasticherie, di monologhi interiori vaganti, di immagini vivide che contribuiscono molto alla formazione e al benessere della persona umana.

IL DEFAULT-MODE NETWORK (DMN)

Il Default-Mode Network spiega quindi alcune condizioni neuropsicologiche importanti ed evidenzia la funzione fondamentale del “sogno a occhi aperti”, di quella sorta di mondo intermedio tra il sogno vero e proprio e il momento introspettivo, come se si fosse svegli ma non davvero presenti a se stessi, mondo nel quale cominciano tuttavia a emergere e a prender forma le visioni orientate al futuro e i relativi progetti.

3

**IL NESSO TRA
LINGUAGGIO
OGGETTO E
METALINGUAGGIO**

FENOMENOLOGIA E CRISI DEI FONDAMENTI

Per comprendere adeguatamente le origini della fenomenologia e i suoi sviluppi occorre ricordare che essa nasce all'interno di quella che chiamiamo la crisi dei fondamenti. In particolare non va dimenticata la formazione matematica di Husserl, che è stato un allievo di Weierstrass e poi di Brentano, fortemente influenzato da Frege.

La crisi dei fondamenti, com'è noto, ha preso avvio dalla critica di Russell a Frege ed è stata poi risolta in modo drammatico da Gödel con i suoi teoremi limitativi e successivamente, in modo fattuale, da Turing e poi, in modalità neurofisiologiche, da Wiener e da Shannon con la cibernetica e la teoria dell'informazione, dalle quali sono emersi i presupposti del digitale che non sono però, come vedremo, soltanto di matrice logico-matematica perché fanno riferimento anche e soprattutto alla biologia.

L'ANTINOMIA DI RUSSELL

È a questo punto opportuno rammentare le circostanze e le ragioni alla base della distinzione tra linguaggio oggetto e metalinguaggio. Esse vanno fatte risalire alla breve lettera a Frege del 1902 nella quale Russell espone il suo paradosso che mina alle fondamenta il tentativo di fondare sulla logica, e in particolare sulla teoria degli insiemi, l'intero edificio della matematica.

«Stimatissimo collega, da un anno e mezzo conosco i Suoi *Grundgesetze der Arithmetik*, ma solo ora mi è stato possibile trovare il tempo per lo studio approfondito che mi proponevo di dedicare alle Sue opere.[...] Lei afferma (p. 17) che anche la funzione può costituire l'elemento indeterminato. Ne ero convinto anch'io, ma ora quest'opinione mi sembra dubbia a causa della seguente contraddizione. Sia w il predicato: essere un predicato che non può essere predicato di se stesso. Si può predicare w di se stesso? Da ogni risposta segue l'opposto. Bisogna dunque concludere che w non è un predicato. Allo stesso modo non esiste una classe (come totalità) di quelle classi che come totalità non appartengono a sé stesse. Ne concludo che in determinate circostanze un insieme definibile non forma una totalità.

L'ANTINOMIA DI RUSSELL

Frege, che vide in tale antinomia il crollo del suo programma di riduzione della aritmetica alla logica, riduzione che passava attraverso un uso sistematico dell'«estensione» dei concetti, esprime in questo modo la sua desolazione: «A uno scrittore di scienza ben poco può giungere più sgradito del fatto che, dopo aver completato un lavoro, venga scosso uno dei fondamenti della sua costruzione. Sono stato messo in questa situazione da una lettera del signor Bertrand Russell, quando la stampa di questo volume stava per essere finita. [...] Ma veniamo al fatto! Il signor Russell ha scoperto una contraddizione che ora esporrò. Nessuno vorrà asserire, della classe degli uomini, che essa è un uomo. Abbiamo qui una classe che non appartiene a se stessa. Dico infatti che qualcosa appartiene a una classe se questo qualcosa cade sotto un concetto, la cui estensione è proprio la classe stessa. Fissiamo ora il concetto: classe che non appartiene a se stessa! L'estensione di questo concetto, ammesso che se ne possa parlare, è, per quanto detto, la classe delle classi che non appartengono a se stesse. Vogliamo chiamarla brevemente la classe K. Chiediamoci ora se questa classe K appartenga a se stessa! Supponiamo in primo luogo che essa appartenga a se stessa. Se qualcosa appartiene a una classe, cade sotto il concetto la cui estensione è la classe in esame, di conseguenza, se la nostra classe appartiene a se stessa, allora è una classe che non appartiene a se stessa. La nostra prima supposizione conduce quindi a una contraddizione. Supponiamo, in secondo luogo, che la nostra classe K non appartenga a se stessa: in questo caso essa cade sotto il concetto di cui essa stessa rappresenta l'estensione, quindi appartiene a se stessa: qui di nuovo abbiamo una contraddizione!».

L'ANTINOMIA DI RUSSELL

Ecco come Russell inquadra il proprio paradosso nel quadro delle antinomie più celebri emerse nel corso della storia della filosofia:

- 1) La più antica antinomia della specie considerata è l'Epimonide. Epimonide il Cretese diceva che tutti i Cretesi erano bugiardi, e che tutte le affermazioni fatte dai Cretesi erano di sicuro bugie. Era la sua una bugia? La forma più semplice di quest'antinomia è offerta dall'uomo che dice "sto mentendo"; se mente, sta dicendo la verità, e viceversa.
- 2) Sia w la classe di tutte quelle classi che non sono membri di se stesse. Allora qualsiasi classe x si scelga, « x è una w » è equivalente ... a « x non è una x ». Quindi assegnando a x il valore w , « w è una w » è equivalente a « w non è una w »;
- 3) Sia T la relazione che sussiste tra due relazioni R e S quando R non è in relazione R con S . Allora qualsiasi relazione R ed S si consideri, « R è in relazione T con S » equivale a « R non è in relazione R con S ». Quindi, assegnando il valore T sia a R che a S , « T è in relazione T con T » equivale a « T non è in relazione T con T ».

L'ANTINOMIA DI RUSSELL

L'antinomia di Epimenide o *Paradosso del mentitore*, nota fin dal VI secolo, è probabilmente la più antica ricordata dalla storia della filosofia. Questa antinomia ha avuto varie formulazioni. Esse risalgono ad Ebulide, logico greco dell'antichità, che attribuisce al cretese Epimenide le tre asserzioni:

- a) *Tutti i cretesi sono bugiardi.*
- b) *Io sono un bugiardo.*
- c) *Io sto mentendo. (antinomia del mentitore).*

La a) non può essere vera; diversamente, in base alla concezione aristotelica della verità, tutti i cretesi, e quindi anche Epimenide, sarebbero bugiardi; e quindi la a) sarebbe falsa. Allora la a) è falsa; vi sarà quindi qualche cretese non bugiardo.

La b) non può essere vera; diversamente, in base alla concezione aristotelica della verità, Epimenide sarebbe un bugiardo e quindi ogni sua asserzione, e quindi anche la b), sarebbe falsa. Allora la b) è falsa; quindi, Epimenide non è un bugiardo.

Se la c) fosse vera, sarebbe allora vero ciò che essa asserisce; ma essa asserisce di essere falsa; e quindi la c) sarebbe falsa. Se invece la c) fosse falsa, sarebbe allora falso ciò che asserisce; e cioè la c) sarebbe vera. Si ha dunque a che fare con un'asserzione contemporaneamente vera e falsa; cioè in un certo senso, con un *non enunciato*.

L'ANTINOMIA DI RUSSELL

La c) è la vera e propria *antinomia del mentitore*. Essa, punto di partenza della logica moderna poiché le ricerche di Cantor, Frege, Hilbert, Russell, Gödel, Tarski ed altri motivano essenzialmente da essa, ha resistito per oltre duemila anni ad ogni tentativo di soluzione; e l'unica analisi soddisfacente sembra essere quella operata da Tarski nel 1936 dentro il linguaggio dell'aritmetica formale. L'analisi tarskiana porta ad escludere una possibile formulazione della nozione di verità *dentro* una teoria, pena l'insorgere di antinomie linguistiche del tipo di quella del mentitore.

In tutte le antinomie sopra ricordate – che sono soltanto una possibile scelta in mezzo a un numero indefinito - vi è una caratteristica comune, che possiamo descrivere come un auto-riferimento o riflessività. L'osservazione di Epimenide deve includere se stessa nel proprio argomento. Se tutte le classi – supposto che non siano elemento di se stesse – sono elementi di w , ciò deve applicarsi anche a w ; e in modo simile per l'analoga antinomia riguardante le relazioni. [...] In ogni antinomia si predica qualcosa di tutti i casi di qualche specie, e da ciò che viene detto sembra generarsi un nuovo caso che nello stesso tempo è, e non è, della stessa specie dei casi, *ciascuno* dei quali era coinvolto in ciò che si predicava.

L'ANTINOMIA DI RUSSELL

Quando un uomo dice «sto mentendo», possiamo interpretare la sua affermazione come «c'è una proposizione che io sto asserendo e che è falsa». Tutte le affermazioni che «esiste qualcosa così-e-così» possono considerarsi negazioni della verità del loro opposto; così «sto mentendo» diventa «non è vero di tutte le proposizioni p , che se io affermo p , p è vera». Il paradosso risulta dal considerare questa asserzione come se affermasse una proposizione, che deve perciò rientrare nell'ambito dell'asserzione. Ciò rende comunque evidente che la nozione di «tutte le proposizioni» è illegittima; poiché altrimenti devono esistere proposizioni (come quella sopra) che riguardano tutte le proposizioni, e che non possono essere incluse senza contraddizione tra le proposizioni di cui esse trattano. Qualsiasi ipotesi si faccia sulla totalità delle proposizioni, asserzioni su questa totalità generano nuove proposizioni che, pena la contraddizione, devono giacere al di fuori della totalità. È inutile estendere la totalità, poiché ciò amplia ugualmente il raggio delle asserzioni sulla totalità. Dunque non dev'esserci la totalità delle proposizioni, e «tutte le proposizioni» dev'essere una frase priva di significato.

BATESON: LINGUAGGIO OGGETTO E METALINGUAGGIO

A proposito del rapporto tra ipocentro ed epicentro, tra linguaggio oggetto e metalinguaggio, è di particolare interesse il modo in cui esso viene visto da Bateson. Si tratta dell'esplorazione di quella sorta di "cortocircuito" tra comunicazione e metacomunicazione, senza il quale particolari forme di vissuto e di espressività, come il gioco e il rituale, non sarebbero realizzabili.

Egli cita, a questo proposito, una sua esperienza diretta allo zoo di san Francisco: «Vidi due giovani scimmie che *giocavano* cioè erano impegnate in una sequenza interattiva, le cui azioni unitarie, o segnali, erano simili, ma non identiche, a quelle del combattimento. Era evidente, anche all'osservatore umano, che la sequenza nel suo complesso non era un combattimento, ed era evidente all'osservatore umano che, per le scimmie che vi partecipavano, questo era 'non combattimento'. Ora questo fenomeno, il gioco, può presentarsi solo se gli organismi partecipanti sono capaci in qualche misura di metacomunicare, cioè di scambiarsi messaggi che portino il messaggio. 'Questo è gioco'».

L'ANTINOMIA DI RUSSELL

La soluzione di Russell, come si è visto, individua nel meccanismo di autoriferimento la radice di tutte le antinomie. La strada per evitarle passerà, di conseguenza, per la negazione della definibilità di totalità incondizionata.

Questa soluzione, applicata alle antinomie viste, opera distinguendo tra i differenti livelli nei quali, implicitamente, tutte queste frasi si articolano, e in particolare, sciogliendo quello che possiamo chiamare il “circolo vizioso” e l’interferenza indebita tra linguaggio-oggetto e metalinguaggio. A tal scopo egli introdusse una gerarchia di livelli logici tra i concetti ed i simboli i quali si distinguono in tipi di ordine crescente. Sono di tipo *zero* quelli che indicano gli individui, di tipo *uno* quelli che indicano le proprietà degli individui, di tipo *due* quelli che indicano le proprietà delle proprietà degli individui, ecc.. Ciò permette di eliminare l’autoriferimento. Applicando questa gerarchia di livelli al paradosso di Epimenide, infatti, questo, in buona sostanza, si riduce ad affermare: "tutte le proposizioni di primo ordine da me affermate sono false". Così facendo però Epimenide enuncia una proposizione di secondo ordine, cioè di livello superiore rispetto al precedente, per cui non cade in nessuna contraddizione. In questo modo è esclusa del tutto la possibilità di parlare di un insieme che contenga o non contenga se stesso e la possibilità che una frase possa riferirsi a sé autofalsificandosi.

BATESON: L'ANTINOMIA DEL MENTITORE

Questa soluzione di Russell ha però come conseguenza l'introduzione di una rigida linea di demarcazione tra il linguaggio oggetto e il metalinguaggio che comporta l'impossibilità di istituire tra questi due livelli quel nesso senza il quale risulta impossibile spiegare la simulazione operata dalle due scimmie alle quali si riferisce Bateson. Come si è visto, infatti, questa simulazione può avere successo soltanto se i due livelli, quello del messaggio e della metacomunicazione, vale a dire, nel terminologia di Tarski, quello del linguaggio oggetto e quello del metalinguaggio, anziché essere tenuti separati su due piani paralleli vengono fatti interagire. Si determina così quello che può essere definito un "cortocircuito logico" che però in questo caso, anziché provocare un guasto della comunicazione o l'insorgere di situazioni di imbarazzo e rottura per quanto riguarda l'attribuzione del valore di verità all'enunciato, come nel caso dell'antinomia del mentitore, determinata proprio dall'interferenza tra i due livelli in questione, è la condizione imprescindibile della riuscita del gioco.

BATESON: LINGUAGGIO OGGETTO E METALINGUAGGIO

Questa situazione descritta da Bateson è paradigmatica e particolarmente significativa perché se il messaggio metacomunicativo «questo è un gioco» è staccato dal linguaggio oggetto delle azioni del combattimento o, più semplicemente, scatta in ritardo e non è concomitante con l'avvio dei gesti, questi ultimi verrebbero percepiti come atti ostili e il gioco sarebbe condannato al fallimento, trasformandosi nel suo opposto, in una lotta vera e propria.

Linguaggio oggetto e metalinguaggio, comunicazione e metacomunicazione vanno dunque saldati insieme come componenti di una pratica complessa da assumere come un sistema olistico e integrato.

Quella che viene così introdotta da Bateson è l'esigenza di costruire un orizzonte di senso nel quale venga ripensata la relazione tra fare e agire da una parte, e pensare e dire dall'altra, stabilendo un nesso imprescindibile tra queste fasi.

BATESON: LINGUAGGIO OGGETTO E METALINGUAGGIO

Per lo più questi messaggi metacomunicativi rimangono impliciti: e, “specialmente durante le sedute psichiatriche, interviene un’altra classe di messaggi impliciti, concernenti l’interpretazione dei messaggi metacomunicativi di amicizia e ostilità”.

Il riferimento alla metacomunicazione fa entrare in gioco, come componente imprescindibile del processo comunicativo, l’incidenza del contesto, chiamando in causa quello che può essere chiamato l’«effetto cornice»: «La cornice di un quadro dice all’osservatore che nell’interpretare il quadro egli non deve impiegare lo stesso tipo di ragionamento che potrebbe impiegare per interpretare la carta da parati esterna alla cornice». Questa distinzione sta a significare che nel rapporto tra il quadro e la sua cornice «l’inquadramento stesso diviene parte del sistema delle premesse. O l’inquadramento, come nel caso del gioco, è implicato nella valutazione dei messaggi che contiene, oppure semplicemente assiste la mente dell’osservatore nella comprensione dei messaggi contenuti, ricordandogli che questi messaggi sono mutuamente rilevanti e che i messaggi fuori di quell’inquadramento possono essere ignorati».

BATESON: IL DOPPIO VINCOLO

Un altro utile riferimento per comprendere come va correttamente inteso il rapporto tra il linguaggio oggetto e il metalinguaggio riguarda la teoria del *double bind* (doppio legame). Formulata negli anni 50 da Gregory Bateson e altri a partire da studi sulla genesi della schizofrenia e approfondita dalla “Scuola di Palo Alto” essa riguarda le conseguenze di una relazione costantemente invalidata da comunicazioni paradossali. Se vogliamo renderci pienamente conto del perché e del modo in cui essa può venire applicata a una migliore comprensione delle situazioni comunicative occorre, in primo luogo, distinguere due diverse accezioni di questa espressione. La prima è di tipo semantico, ed è la manifestazione di una sorta di antinomia interna del dire per quanto riguarda la sfera dei significati trasmessi.

BATESON: IL DOPPIO VINCOLO

A questo proposito occorre, in primo luogo, distinguere due diverse accezioni di questa espressione. La prima è di tipo semantico, ed è la manifestazione di una sorta di antinomia interna del dire per quanto riguarda la sfera dei significati trasmessi.

Esempi di messaggi double bind di questo genere sono:

- ☐ «Sii spontaneo»;
- ☐ «Devi amarmi»;
- ☐ «Voglio che tu mi domini»;
- ☐ «Devi essere felice di giocare con i bambini come tutti gli altri padri»;
- ☐ «Non essere così obbediente»;

In questo caso siamo di fronte a paradossi che intrappolano, togliendo la possibilità di intraprendere qualsiasi azione. Il destinatario di questi messaggi è inevitabilmente destinato a sbagliare qualunque sia la sua scelta, sia che obbedisca, sia che disubbidisca alle ingiunzioni che gli vengono rivolte. La vittima sbaglia se obbedisce e sbaglia se disobbedisce, o addirittura non può obbedire, e finisce per subire comunque conseguenze negative.

BATESON: IL DOPPIO VINCOLO

I messaggi double bind di questo tipo sono il risultato di questo stesso cortocircuito tra comunicazione e metacomunicazione.

Più interessanti e rilevanti, dal punto di vista della questione di cui ci stiamo qui occupando, sono le situazioni di doppio vincolo che si riscontrano tra due individui di cui uno dipende dall'altro emotivamente e/o per la propria sopravvivenza fisica. Come esempio Bateson riporta l'episodio della madre che dopo un lungo periodo rivede il figlio, ricoverato per disturbi mentali. Contento di vederla, le mise d'impulso il braccio intorno alle spalle, al che ella si irrigidì. Egli ritrasse il braccio e la madre domandò «non mi vuoi più bene?» Il ragazzo arrossì e la madre disse ancora: «Caro, non devi provare così facilmente imbarazzo e paura dei tuoi sentimenti». Il paziente rimase con la madre pochi minuti ancora e, dopo la sua partenza, aggredì un inserviente e fu messo nel bagno freddo. (incongruenza del messaggio materno e incapacità del figlio di commentarlo direttamente e chiaramente).

BATESON: IL DOPPIO VINCOLO

In generale questa seconda tipologia di messaggi double bind riguarda un contrasto tra il significato delle parole, come ad esempio l'invito ad abbracciarla che una madre rivolge esplicitamente al proprio figlio, e il loro suono, cioè il tono con cui esse vengono pronunciate, che esprime tutt'altro, un atteggiamento di distacco e di rifiuto di ogni manifestazione affettiva. Il bambino percepisce distintamente quest'ultima sfumatura, e di fronte al chiaro contrasto che emerge non solo non sa cosa fare, ma subisce un turbamento emotivo che può avere gravi ripercussioni.

La menzogna del pensiero espresso della madre, che invita il figlio ad abbracciarla, viene così smascherata dalla capacità di far tacere le parole, di tenere a bada la loro presuntuosità per ascoltare meglio il loro rumore, tendendo l'orecchio fino a che si trasformi per noi in suono e musica, rispettando le une e gli altri e facendo in modo così che *nulla, nella comunicazione, vada perduto.*

BATESON: IL DOPPIO VINCOLO

Quando l'ascolto analitico diviene apertura totale alla fenomenalità dell'*atto verbale*, si allontana decisamente dall'essere mera comprensione decifrativa del linguaggio, configurandosi piuttosto come recezione e integrazione dell'intera sensorialità connessa alla parola, in cui *il senso* è inestricabilmente connesso con *i sensi*, e le parole s'arricchiscono di valenze fisiognomiche. L'ascolto diviene così, molto più che un semplice udire, un sinestesico *sguardo dell'orecchio* rivolto a tutte quelle risonanze sensoriali che avvolgono ogni parola e che ci riportano potentemente all'atto della sua espressione, al suo colore, alla sua sonorità al suo timbro, alla sua musicalità, alla sua corporeità, alla sua affettività. La comprensione profonda della parola, piuttosto che esser racchiusa nel dizionario intellettuale e astratto dei suoi significati, è probabilmente molto più legata alla recezione della dimensione sensibile nella quale s'innesta e si vincola ogni sua interpretazione.

A volte è necessaria una provocazione per rompere la crosta del senso proprio e riuscire a cogliere le *figure della sensorialità*, a volte è invece la parola stessa che ci inquieta e ci disorienta: in ogni caso è dal nostro sentirci *turbati e coinvolti dalla sensorialità* che procede la necessità interpretativa, dalla rottura di una continuità del nostro sapere quotidiano, dalla percezione di un'anomalia o di uno scollamento dell'enunciato da ciò che lo sostiene

BATESON: IL DOPPIO VINCOLO

Parlare di ascolto come un «sinestetico sguardo dell'orecchio» significa sottolineare che alla base del linguaggio vi è l'intera corporeità, quindi il complesso del nostro vissuto, che si esprime attraverso la convergenza e la collaborazione di tutti i sensi e la stretta relazione tra la percezione e la sensazione nella loro globalità e l'azione. Il *double bind*, il paradosso pragmatico di Bateson, ha avuto il merito di porre al centro dell'attenzione le conseguenze traumatiche della contrapposizione tra lo strato concettuale, astratto, simbolico della *rappresentazione*, e lo strato più arcaico dell'espressione, che riemerge nella gestualità fisica, nei rituali della danza e della mimica e, più in generale, in tutti i processi nei quali "il livello del controllo della coscienza desta cede il passo a un più profondo livello di *en-actement*. La manifestazione del gesto mimetico non *rappresenta*, ma appunto *esprime* con tutto l'essere corporeo, al di là di ogni controllo intenzionale e di ogni dominio della volontà costruttiva

WITTGENSTEIN: LA VERSIONE PROCEDURALE DELL'INFERENZA

Di particolare interesse sono le osservazioni di Wittgenstein sugli aspetti che stiamo trattando.

Nel *Tractatus* egli sostiene che una versione procedurale dell'inferenza, secondo la quale fare un'inferenza è svolgere certe azioni sulla base di regole la cui pratica è fissata da certe configurazioni – le tavole di verità – su cui vengono eseguite operazioni.

Per Wittgenstein, PERTANTO, a riprova dell'importanza fondamentale del nesso tra pensiero e azione, l'idea della prova logica come “scoperta” è fuorviante, e fin dal *Tractatus* egli delinea una visione del **procedimento della prova come costitutivo del significato** di ciò che è provato: la prova non è la scoperta di un risultato che era già vero, ma la determinazione del significato di ciò che dimostra: “in logica processo e risultato sono una cosa sola” (TLP 6.1261)

WITTGENSTEIN: LA VERSIONE PROCEDURALE DELL'INFERENZA

Il punto di vista di Wittgenstein è l'espressione dell'idea che la prova matematica ci convince ad assumere certi enunciati come validi a priori, e si basa sulla differenza fondamentale tra l'uso "grammaticale" e l'uso "empirico" degli enunciati: il primo definisce le regole che governano i nostri scambi linguistici e costituiscono i paradigmi accettati che usiamo come metro per i nostri giudizi, mentre il secondo è l'uso dipendente dalle informazioni fattuali.

La distinzione tra "grammaticale" e "empirico" non è, come pensava Russell, una distinzione tra tipi di enunciati (come la distinzione tra analitico e sintetico) ma tra usi di enunciati. Al limite uno stesso enunciato può essere usato sia come empirico sia come grammaticale: se un bambino non ha ancora imparato il significato della matematica potrà fare esperimenti per vedere se due mele e tre mele fanno 5 mele; userà l'enunciato "tre più due uguale cinque" come un esperimento; una volta capita la funzione della matematica, userà questo enunciato come uno standard con cui controllare la validità dei suoi calcoli.

WITTGENSTEIN: LA VERSIONE PROCEDURALE DELL'INFERENZA

Se in input hai “ $p \rightarrow q$ ” e “ p ”, esegui l'azione di produrre in output “ q ”. In altre parole quando vengono date due mosse (asserzioni), si passa alla terza mossa senza ulteriori giustificazioni; il meccanismo del passaggio alla conclusione è “attivato” dalla presenza delle due asserzioni. Ma la pratica, benché possa essere stata consolidata dall'esperienza, non corrisponde però a una vera e propria *giustificazione*, sia pur pragmatica; qualcuno vorrebbe dire “le giustificazioni hanno un termine” e non è possibile giustificare tutto-

È molto forte, in Wittgenstein, la critica del “soggetto dislocato”, vale a dire di quella posizione che pretende di parlare da una posizione esterna al linguaggio. Il lavoro sarà da compiersi dall'interno del linguaggio ed il limite di cui parla Wittgenstein emergerà pertanto dall'esibizione delle caratteristiche formali dello stesso, della sua capacità di significare. Lo sguardo filosofico — quello che riguarda quel particolare punto di vista che è l'universale — non può uscire dal linguaggio per tracciarne i limiti, pena la contraddizione.

WITTGENSTEIN: LA VERSIONE PROCEDURALE DELL'INFERENZA

La posizione di Wittgenstein fa dunque capo all'idea che le regole possano bastare a se stesse, che predeterminino le applicazioni. Ma, scrive Wittgenstein: «Il gioco degli scacchi è definito da regole e alterando anche una sola di queste regole si ha un gioco diverso. [...] Anche ammesso che tu abbia una pagina di regole in mente, come fai a sapere che le applicherai giustamente? “Ci saranno regole su come applicare le regole”, potresti osservare. Ma tu hai in mente anche l'applicazione di queste altre regole?» (*Lezioni sui Fondamenti della Matematica*, 1939, pp. 27/28). Ne deriva che la 'corretta applicazione' non sarà stabilita da una tavola di meta-regole, che andrebbero comprese a loro volta, riproponendo il problema ad un altro livello. Wittgenstein nega che i metalinguaggi siano una soluzione dei problemi di fondazione del linguaggio. Piuttosto, si tratterà di comprendere se e come il linguaggio abbia un 'fondamento'.

WITTGENSTEIN: IL LAVORO IN ARCHITETTURA

In una annotazione del 1931 egli scrive che «Il lavoro sulla filosofia – come spesso il lavoro in architettura – è in verità più un lavoro su se stessi, sul proprio modo di pensare; sul proprio modo di vedere le cose. (E su ciò che ci aspettiamo da esse)». In che termini possiamo quindi intendere l'architettura come un lavoro su noi stessi? E in che senso il lavoro, filosofico e architettonico, può essere inteso come un esercizio sul nostro modo di vedere le cose? Il rapporto tra filosofia e architettura rappresenta, nella Casa progettata da Wittgenstein a Kundmannngasse a Stonborough, un caso unico nella storia della filosofia, essendo un'opera realizzata da un filosofo.

WITTGENSTEIN: IL LAVORO IN ARCHITETTURA

La realizzazione della Casa avviene dal 1926 al 1928; un periodo significativo, se pensiamo che Wittgenstein concluderà i lavori proprio l'anno prima di riprendere a occuparsi di filosofia. Proprio in questo arco di tempo comincia in lui a insinuarsi il dubbio che qualcosa nel *Tractatus* non funzionasse. Non possiamo pertanto escludere che tali nuove riflessioni non siano germinate dalla sua attività di architetto, magari dinnanzi a un semplice ordine dato a un operaio, come la richiesta di un arnese, una paio pinze, un metro o un martello. D'altronde, e a conferma di questa ipotesi, vale la pena evidenziare che nella prima parte delle *Ricerche* – che contiene la critica «anti- essenzialista» del linguaggio propria del *Tractatus* – si utilizzano esempi tipici di un cantiere: «Pensa agli strumenti che si trovano in una cassetta di utensili: c'è un martello, una tenaglia, una sega, un cacciavite, un metro, un pentolino per la colla, la colla, chiodi e viti» (PU §11).

WITTGENSTEIN: IL LAVORO IN ARCHITETTURA

Il progetto della Casa di Wittgenstein è stata oggetto di diverse interpretazioni che sono andate sia in direzione di una trasposizione architettonica della sua filosofia, sia verso la considerazione autonoma della figura di architetto. Proviamo a svincolarci dalle tenaglie di questa opposizione ermeneutica attraverso una più generale visione sull'estetica di Wittgenstein. Il limite di molte interpretazioni che intendono la Casa come il riflesso della sua filosofia consiste nel loro modo di riferirsi all'opera, per così dire, «dall'esterno». Per noi non si tratta di spiegare l'opera attraverso un rinvio esterno all'opera, bensì di cogliere il significato a partire dalla sua intrinseca «correttezza», ossia di comprendere *come* l'opera sia in grado di istituire da sé la propria *regola* di costruzione, di utilizzo e di interpretazione, saldando così operativamente le pratiche con la riflessione critica su di esse.

WITTGENSTEIN: IL LAVORO IN ARCHITETTURA

L'architettura, potremmo dire, è un «gesto» che dà forma alla complessità dell'abitare. Intendere l'architettura significa comprendere un modo di abitare e di pensare lo spazio abitativo. Tale comprensione deriva dalla conoscenza delle forme del fare «poetico» (*poiesis*) immanenti all'opera.

ARCHITETTURA E CULTURA

Ciò che chiamiamo «cultura» di un certo periodo – le grandi opere del passato – ci consente di comprendere come quel popolo abitava la Terra, pensava e interpretava i problemi del proprio tempo, come cioè quel popolo dava forma ai problemi del proprio tempo. Guardare le opere di Loos o la Casa di Wittgenstein equivale a comprendere la Vienna di fine secolo, la sua cultura e il suo vissuto. Intendere l'arte gotica significa comprendere come l'uomo nel '300 pensava la creazione, quale *modello* di creazione possedeva.

4

LA CIBERNETICA

LA CIBERNETICA

Per comprendere in maniera ancora più approfondita il modo corretto di intendere il nesso tra linguaggio oggetto e metalinguaggio possiamo utilmente riferirci all'esempio della cibernetica, scienza che si basa sui concetti di regolazione e di calcolo automatico e fu fondata da Norbert Wiener (1894-1964).

È interessante a questo proposito rammentare gli esiti ai quali era pervenuto Sečenov con la sua celebre opera del 1866 *Refleksy golovnogo mozga* (I riflessi encefalici), nella quale egli si è impegnato a classificare i meccanismi responsabili del comportamento secondo la tipologia del legame inverso: conclusa l'attività adattativa, i segnali di "effetto raggiunto" pervengono nei centri nervosi superiori, dove sono comparati con i loro modelli o programmi preesistenti.

Questa concezione è stata poi sviluppata e approfondita, trasformandosi in un modello generale di attività del cervello inteso come sistema globale, i cui blocchi principali sono rappresentati dal meccanismo di sintesi afferente, dall'accettore di azione, termine da lui introdotto, dalla strutturazione dell'azione, dal raffronto tra il risultato conseguito e quello programmato. In seguito allo sviluppo della cibernetica questo suo modello è stato ampiamente utilizzato per lo studio dei sistemi complessi ad autoregolazione e per la costruzione di apparecchiature addette al controllo automatico di funzioni fisiologiche.

LA CIBERNETICA

Secondo Wiener gli esseri viventi e le macchine sono accomunati da un aspetto: gli uni e le altre non sono governati dalla logica delle relazioni lineari di causa ed effetto, bensì da processi di comunicazione circolare che permettono di attuare processi di controllo intenzionale, basati sulla retroazione negativa, vale a dire l'acquisizione di informazioni che tornano continuamente alla fonte per indicare, come appunto aveva intuito Sečenov, la deviazione da un obiettivo prefissato e mettere in atto le correzioni necessarie per tornare allo scopo.

Alla base di questo suo approccio c'è l'idea che l'informazione sia «messa in forma» e ordine, cioè l'opposto dell'entropia, che è disordine, e che sia necessario mettere a punto sistemi e procedure per separare i messaggi (ordine) dal rumore (disordine).

Egli descrisse inoltre due principali modalità di informazione:

- ☐ una di natura discreta (**digitale**);
- ☐ L'altra continua (**analogica**).

LA CONVERGENZA DI BIOLOGIA E TECNOLOGIA

Si riscontra così una convergenza di biologia e tecnologia basata sul concetto di **omeostato**, che implica l'esistenza di un sistema organizzato, distinto da ciò che lo circonda (ambiente) e l'invarianza di alcune caratteristiche dell'organizzazione al mutare delle condizioni ambientali in modi che tenderebbero ad alterarle.

In un processo di questo genere si possono distinguere:

- ☐ i rilevatori del mutamento dell'ambiente;
- ☐ un sistema di comunicazione che trasmetta i segnali afferenti, cioè le variazioni;
- ☐ un apparecchio di calcolo (controllo) che trasmette segnali ai canali di comunicazione efferenti
- ☐ gli attuatori, che agiscono sulla base dei dati ricevuti.
- ☐ Istruzioni che il sistema deve avere sia in generale sul tipo di cose che deve fare, sia in particolare sul livello a cui operare.



Un esempio significativo è il regolatore di Watt, che serve a mantenere costante la velocità di funzionamento di una macchina a vapore, prima fissa e poi mobile. È costituito da un alberello che ruota in conseguenza e in proporzione della rotazione del motore, e porta un sistema di leve, trattenute da una molla, che terminano con due sfere piene simmetriche. Quando la sua velocità di rotazione cresce, le due sfere si spostano in fuori, lontano dall'asse di rotazione, in risposta alla forza centrifuga, mentre quando la velocità diminuisce le due sfere si portano più vicine all'asse di rotazione, richiamate dalla tensione della molla. Nel primo caso tirano una cordicella che agendo su una valvola fa diminuire l'ingresso di vapore nella macchina; nel secondo causano il rilassamento della trazione della cordicella e l'immissione di vapore aumenta.

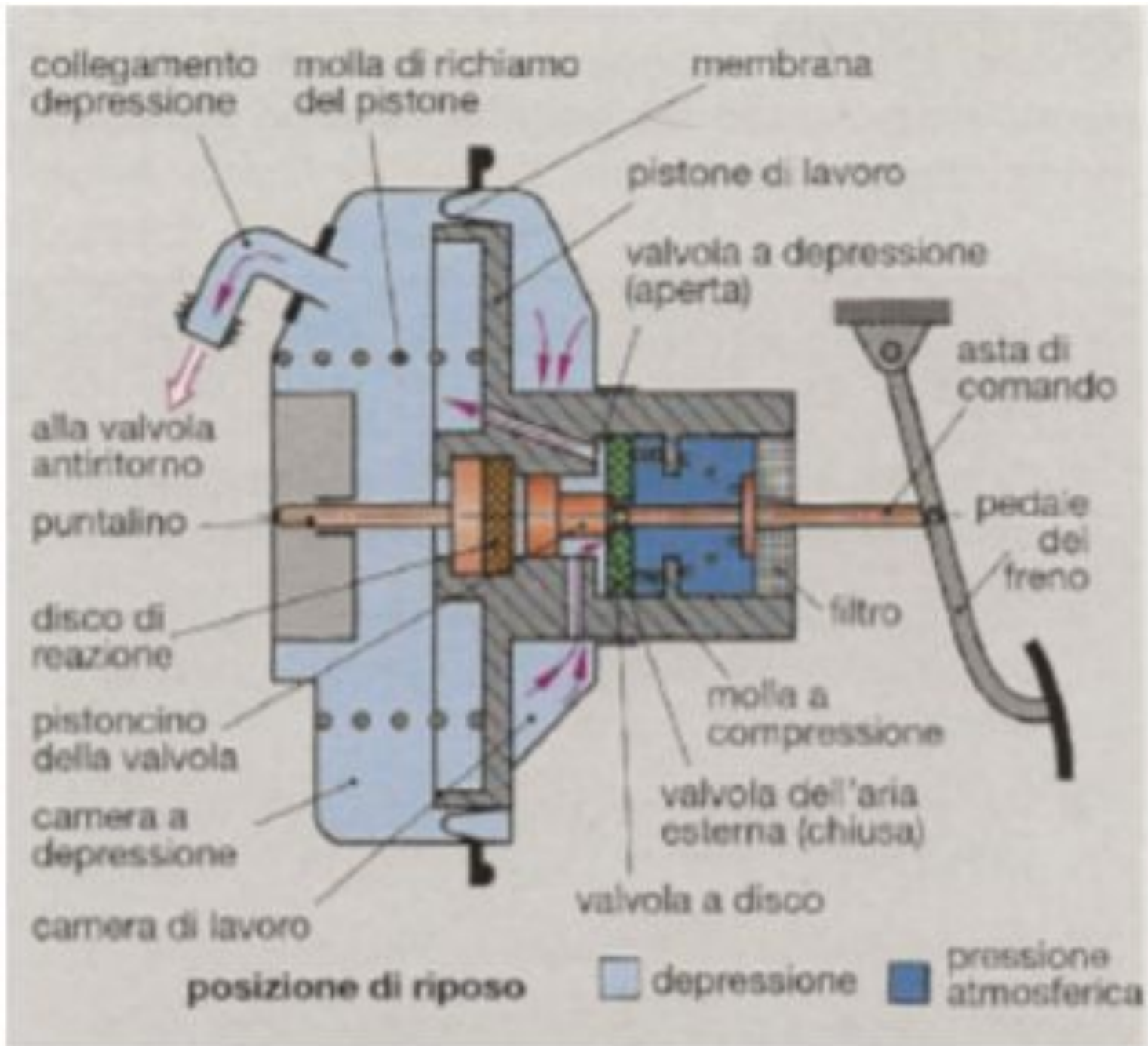


E' stato questo il primo caso di dispositivo di controllo analizzato concettualmente e un esempio elementare di **retroazione (*feedback*) negativa**: più aumenta la velocità, più si opera per ridurla, mentre al contrario più tende a ridursi, più si opera per aumentarla. Lo scopo è quello di controllare e mantenere costante l'efficienza di un processo. Il *modus operandi* è semplice e paradigmatico: **una frazione di ciò che il processo produce viene prelevata e confrontata con quello che si voleva ottenere**. Se è in eccesso, l'efficienza del processo viene ridotta; se è in difetto, l'efficienza viene aumentata. **Per ottenere questo si deve reinserire (*to feed back*) parte del risultato di un processo, in questo caso la velocità di rotazione, nel processo stesso, dopo un'opportuna elaborazione**. Tale operazione incide direttamente sull'efficienza del circuito stesso. E incide in maniera correttiva: se è troppo si riduce, se è troppo poco si aumenta.



Il risultato del processo a livello operativo e di base, in questo caso la velocità di rotazione, viene dunque sdoppiato:

- ❑ la maggior parte continua a operare a questo livello;
- ❑ una sua frazione di ciò che il processo produce viene invece prelevata, reinserita nel processo di base e confrontata con quello che si voleva ottenere, in modo che possa assumere una funzione (meta, rispetto al livello di base) di controllo e di correzione. Se la velocità è in eccesso, l'efficienza del processo viene ridotta; se è in difetto, l'efficienza viene aumentata.



Esistono anche dispositivi a *feedback* positivo, che amplificano gli effetti di un processo: più questo produce, più attivamente lo si fa funzionare. E' quello che succede in un servo-freno, nel quale l'azione frenante del piede viene amplificata o in un servo-sterzo, nel quale si amplifica la forza con cui il braccio ruota il volante.

Moltissime delle macchine che ci circondano utilizzano dispositivi di questo tipo, che sono detti collettivamente servo-meccanismi, sia a retroazione positiva che negativa.

LA CONVERGENZA DI BIOLOGIA E TECNOLOGIA

Non appena ci si rese conto di tutto questo, verso la metà del secolo scorso, si notò che gli organismi viventi, come aveva anticipato Sečenov, funzionano proprio sulla base di principi simili, a tutti i livelli, da quello submicroscopico dei componenti della cellula a quello macroscopico della fisiologia del corpo. Nelle cellule, come nell'organismo *in toto*, esiste tutta una varietà di meccanismi che cooperano a mantenere costanti certi parametri, come la concentrazione di talune sostanze nella cellula, la concentrazione di zucchero nel sangue o la temperatura corporea. E lo fanno utilizzando meccanismi di controllo che implicano una rete di processi a retroazione, negativa per lo più, ma talvolta anche positiva. Non è un caso, probabilmente, che nei medesimi anni nasca la biologia molecolare e si comincino a carpire alla natura i segreti più reconditi dei meccanismi biologici.

Ne nacque una nuova scienza: la scienza dei meccanismi generali di controllo che venne battezzata Cibernetica, dal verbo greco *kybernào* che significa pilotare la nave.

LA CONVERGENZA DI BIOLOGIA E TECNOLOGIA

Nonostante i suoi esordi luminosissimi, oggi quasi più nessuno parla di cibernetica. Ci si è resi conto infatti, tanto per le macchine artificiali che per gli organismi viventi, che il solo controllo non basta. I meccanismi di controllo sono certamente fondamentali, ma non risolvono tutti i problemi. Per far questo occorre un programma; e oggi tutto funziona sulla base di un programma, più o meno articolato e complesso.

Un programma è una serie abbastanza flessibile di istruzioni per compiere azioni concrete che si succedano nel tempo e che si adattino entro certi limiti alle condizioni incontrate durante l'esecuzione. Tra le istruzioni di un programma figura ovviamente la ripetuta messa in atto di meccanismi di controllo, positivo e negativo, che non potevano fare alcunché di rilevante da soli, ma che possono invece riuscirci se inseriti in un programma globale, variamente articolato. E' inutile aggiungere che abbiamo appreso poi che anche gli organismi viventi operano a tutti i livelli sulla base di un programma ben definito, che noi chiamiamo oggi patrimonio genetico o genoma.

L'ARCHETIPO DELLA CIRCOLARITÀ

La cibernetica si basa sull'archetipo della circolarità che:

- è **generale** perché si riscontra in tutti i fenomeni e sistemi che possiedono almeno una relazione che può generare cicli chiusi nel proprio dominio;
- è **pervasiva** perché si presenta in una grande varietà tipologica di sistemi, i cui elementi possono essere oggetti, eventi, processi, e in cui la relazione circolare può avere significati ed effetti diversi, anche secondo la natura del dominio;
- è **essenziale** perché è ineliminabile (la sua soppressione modifica in modo sostanziale le proprietà del sistema), costitutiva, e irriducibile, in quanto non è riconducibile a strutture più elementari.

L'ARCHETIPO DELLA CIRCOLARITÀ

La circolarità, come si è visto, si presenta anzitutto come circolarità causale, o retroazione (*feedback*), che costituisce il dispositivo organizzativo principale per garantire a un sistema opportune capacità adattative rispetto ai mutamenti ambientali, intrinsecamente finalizzate a preservare la stabilità di alcuni parametri del sistema: temperatura, composizione chimica, massa, umidità, ecc. Per i sistemi viventi questi parametri sono in larga misura direttamente o indirettamente correlati all'integrità del sistema stesso, ossia alla sua sopravvivenza.

La nozione di circolarità è pertanto strettamente connessa a quella di autonomia e di *chiusura organizzativa o operativa* di un sistema complesso. Ci si trova quindi di fronte a meccanismi di autoconservazione e di autoriferimento, in un senso molto generale di questi termini. E la chiusura appare fondamentale e imprescindibile quale procedura selettiva per garantire il funzionamento e l'efficacia di questi meccanismi.

DALLA CIRCOLARITÀ ALLA SPIRALE

Va però notato che in realtà si ha, come si è visto, uno **sdoppiamento** del risultato del processo operativo (nell'esempio del regolatore di Watts la velocità di rotazione) che introduce uno scarto tra il meccanismo di base e il livello di controllo, senza il quale il regolatore non potrebbe funzionare.

Ciò impedisce che lo questi processi possano essere adeguatamente rappresentati dalla figura del cerchio che si chiude su se stesso. Essi esigono invece che ci si riferisca alla spirale, una linea curva che, tornando su se stessa, anziché chiudersi, genera ininterrottamente dei cerchi senza centro, proprio a causa della presenza irriducibile dello *scarto* che inevitabilmente si produce tra i due livelli.

LE GEOMETRIE DEL REALE DI FRANCO GRIGNANI



LUDWIG BOLTZMANN: ORDINE DAL DISORDINE

Ricordiamo che l'idea della produzione **dell'ordine dal disordine** fu introdotta da Boltzmann con la sua proposta di un inedito indirizzo di ricerca, la Fisica Statistica e, in particolare, la teoria cinetica dei gas, che aprì una nuova prospettiva teorica nella conoscenza dei fenomeni naturali.

Proseguendo le ricerche di Maxwell, Boltzmann dimostrò che qualsiasi sia la distribuzione iniziale delle velocità delle varie molecole di un gas, tali velocità per effetto delle collisioni tendono a distribuirsi secondo una legge probabilistica universale. Nel corso di questi studi egli introdusse una funzione delle velocità che non può mai diminuire e che quindi risulta analoga in tutto e per tutto all'entropia. Il concetto di **entropia** poteva in tal modo significare che grandi quantità di molecole tendono a passare da uno stato di minore probabilità (ordinato) a uno di maggiore probabilità (disordinato): la misteriosa entropia, nella formulazione di Boltzmann, diveniva quindi la misura del disordine nel moto delle molecole.

LUDWIG BOLTZMANN: ORDINE DAL DISORDINE

Il legame preciso tra l'entropia di un corpo e la probabilità del suo stato macroscopico venne espressa dal grande fisico viennese dalla famosa formula

$$S = k \log W$$

incisa sulla sua tomba nel cimitero di Vienna: in questa espressione, S è l'entropia, W è la probabilità in questione, definita come il numero delle possibili configurazioni che danno origine allo stesso stato termodinamico, e k una costante (detta, in suo onore, costante di Boltzmann).

La quantità importante nell'equazione, dal punto di vista fisico, è il numero di modi possibili per ottenere uno stato, W . C'è un solo modo per mettere insieme un cristallo perfetto: uno di essi, allo zero assoluto, ha $W = 1$ e $S = K \cdot \log 1 = 0$. Al contrario, il numero di modi per formare una mole di gas è maggiore che nel caso del cristallo; W è maggiore di 1, e perciò l'entropia risulterà positiva. **Qualsiasi situazione definita in maniera tale da poter esser descritta in un solo modo o in pochi modi diversi, viene da noi riconosciuta come ordinata; quando uno stato è definibile attraverso tantissimi modi tutti equivalenti, viene detto disordinato.**

LUDWIG BOLTZMANN: ORDINE DAL DISORDINE

L'aumento dell'entropia di un fenomeno irreversibile, che sembrava sfuggire ad ogni comprensione di tipo meccanico tradizionale, venne così ricondotto a una variazione delle proprietà meccaniche di un sistema di particelle in interazione. **L'introduzione di queste nuove categorie di ordine e di disordine** cambiò le carte in tavola: alla luce della meccanica statistica, si poteva ora ammettere una reciproca convertibilità tra uno stato ordinato (matematicamente meno probabile) e uno stato disordinato (o più probabile). In tal modo diveniva più comprensibile il carattere non assoluto ma probabilistico del secondo principio della termodinamica. La Fisica Statistica portò, inoltre, ad una profonda modifica della concezione tradizionale sulla conoscenza fisica della natura, in quanto veniva a distinguere, ed in un certo senso, ad opporre tra loro, una visione macroscopica e una concezione microscopica dei processi fisici. **Essa evidenziava come il comportamento meccanico delle molecole, che a miliardi si muovevano nella più piccola porzione di materia sensibile, non poteva più essere trattato in modo individuale ma solo statisticamente.**

LUDWIG BOLTZMANN: ORDINE DAL DISORDINE

La termodinamica considera solo variabili macroscopiche, quali pressione, volume, temperatura, etc. Le sue leggi fondamentali, espresse in termini di tali quantità, non dicono nulla riguardo al fatto che la materia è costituita da atomi. La Fisica Statistica, che si occupa dello stesso ambito dei fenomeni, presuppone invece l'esistenza degli atomi: le sue leggi sono quelle della meccanica, ma applicate in modo probabilistico. Infatti, ai fini di dedurre le proprietà macroscopiche di un corpo, è irrilevante seguire il moto individuale di ogni singola particella poiché esse possono essere espresse in termini dei valori medi statistici relativi al moto di un gran numero di atomi.

ERWIN SCHRÖDINGER: *CHE COS'È LA VITA* (1944)

Nel suo saggio del 1944 Schrödinger parte dal presupposto che per rendere conto dell'ordine dei sistemi viventi non ci si possa basare su questo processo di produzione dell'ordine pur stupefacente e della precisione della legge fisica a partire dal disordine atomico e molecolare e attraverso meccanismi statistici.

A suo giudizio «**la vera chiave per comprendere la vita**» sta in un **processo di produzione dell'ordine dall'ordine**. O, in altri termini, ciò di cui si nutre ogni organismo non è altro che *entropia negativa*.

ERWIN SCHRÖDINGER: *CHE COS'È LA VITA* (1944)

È esperienza comune che una successione di reazioni chimiche temporalmente concatenate (ordinate nel tempo), come spesso osservate nei sistemi biologici, ben presto collassa 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" quale quella che si può ottenere 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**».

ERWIN SCHRÖDINGER: *CHE COS'È LA VITA* (1944)

Se troviamo stupefacente la creazione di ordine dall'ordine è semplicemente per il fatto che il fisico e il chimico, studiando la materia inanimata, non si sono mai trovati di fronte a fenomeni che dovessero interpretare in questo modo. **Non possiamo aspettarci che «la nostra bella teoria statistica di cui eravamo così giustamente orgogliosi» risulti sufficiente per spiegare il comportamento della materia vivente**, le cui caratteristiche più sorprendenti sono visibilmente basate in larga misura sul principio dell'«ordine da ordine».

5

IL FUNZIONAMENTO DIGITALE DEL CERVELLO

LA STRUTTURA DEL CERVELLO

Per comprendere adeguatamente il nostro vissuto dobbiamo, prima di tutto, prendere atto del fatto che il cervello umano funziona in formato digitale. Esso è formato da 86 miliardi di cellule nervose, i *neuroni*, 17 miliardi dei quali si trovano nella corteccia cerebrale e la restante parte nel cervelletto, che costituisce appena il 10% della massa cerebrale. I neuroni non lavorano mai isolati, ma formano gruppi, le *reti* o *circuiti neurali*. Si stima che ogni neurone sia collegato mediamente con altri 10.000 neuroni.

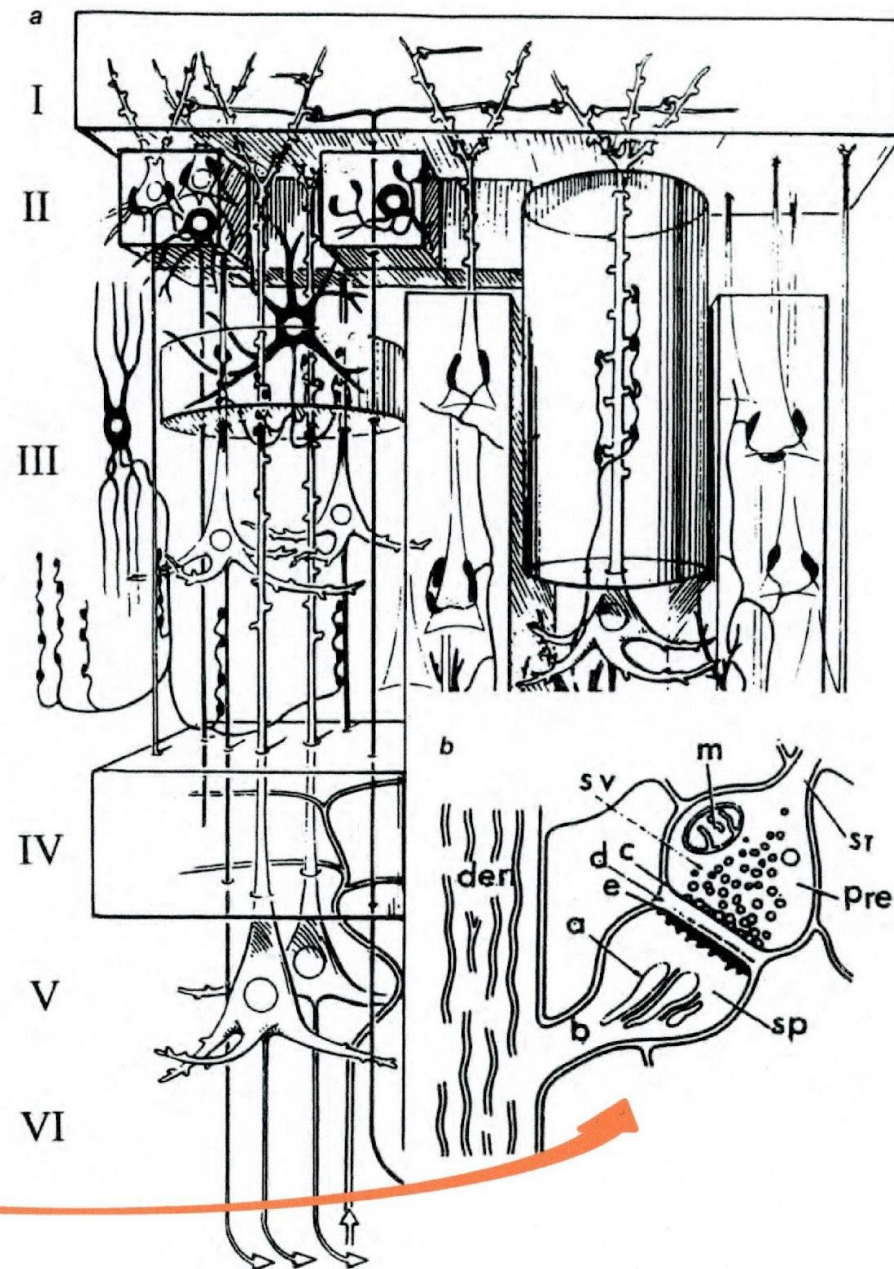
Le componenti principali del neurone sono:

- ❑ il *corpo cellulare*;
- ❑ i dendriti, specie di antenne attraverso le quali le cellule nervose si collegano con altri neuroni;
- ❑ l'*assone*, il segmento di uscita delle informazioni elaborate dal neurone.

I punti di collegamento fra un neurone e un altro sono chiamati *sinapsi*. Sono di due tipi: *elettriche* e *chimiche*. Nelle prime i neuroni sono in contatto mediante giunzioni comunicanti. Nelle seconde invece non vi è contatto fra le cellule, poiché sono separate da una fessura larga 20-40 nanometri. Lo scambio di informazioni avviene attraverso molecole chimiche, chiamate *neurotrasmettitori*, liberate a livello delle sinapsi. Le informazioni elaborate da ogni neurone viaggiano lungo l'assone come piccoli impulsi elettrici, detti «potenziali d'azione».

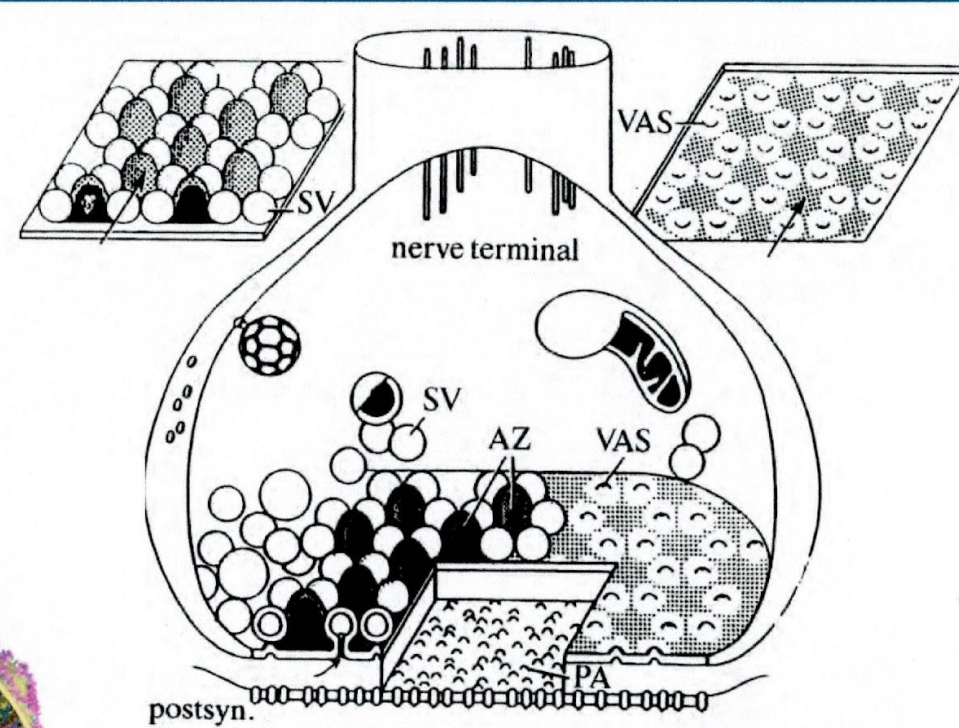
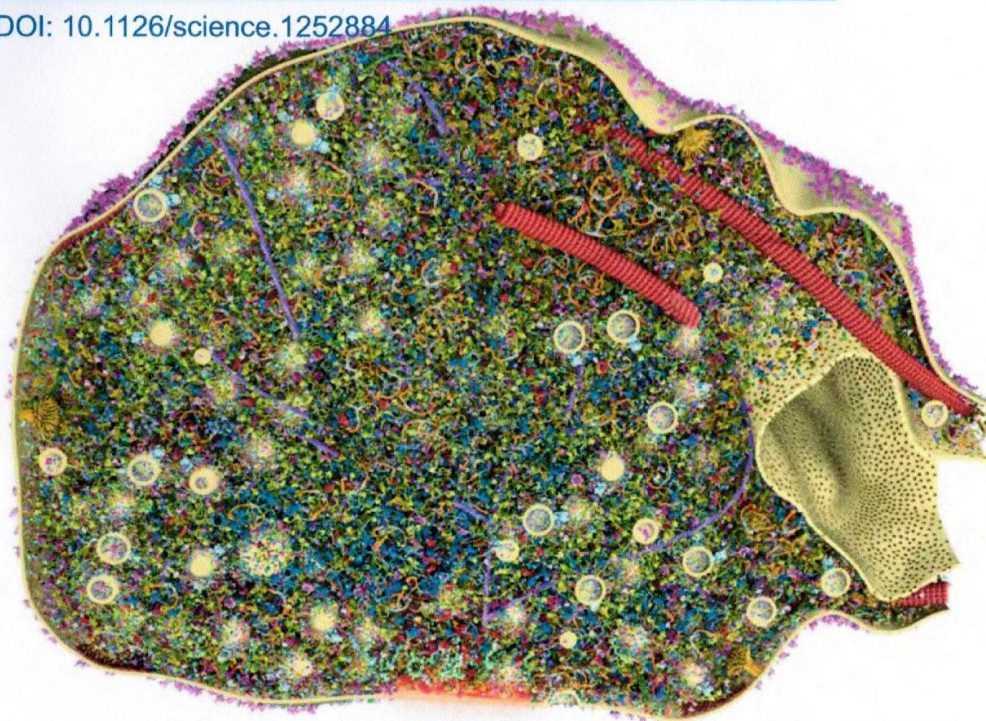
L'architettura della corteccia cerebrale è piuttosto complessa

Ogni neurone riceve e invia segnali tramite migliaia di contatti sinaptici

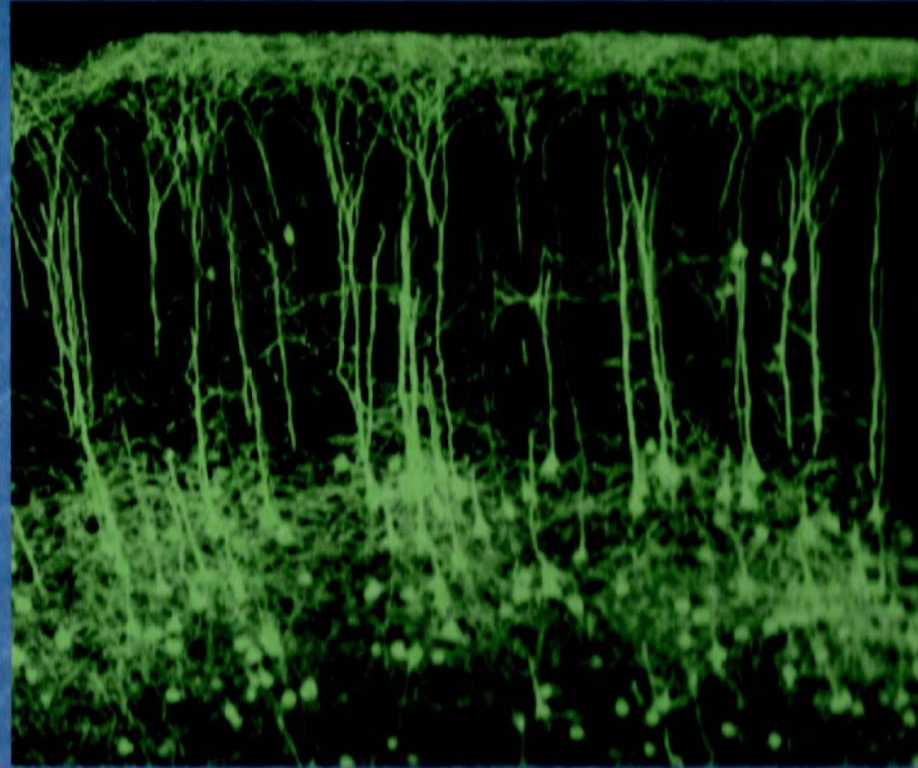


Ogni contatto sinaptico funziona in modo probabilistico

DOI: 10.1126/science.1252884

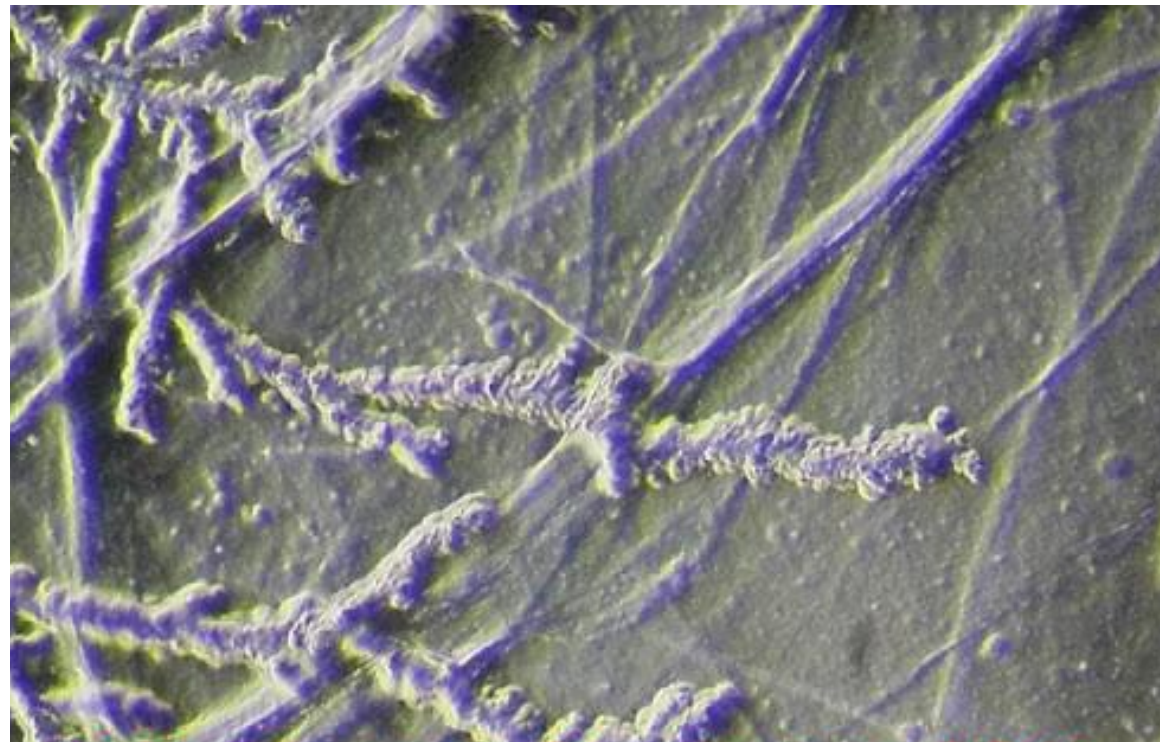
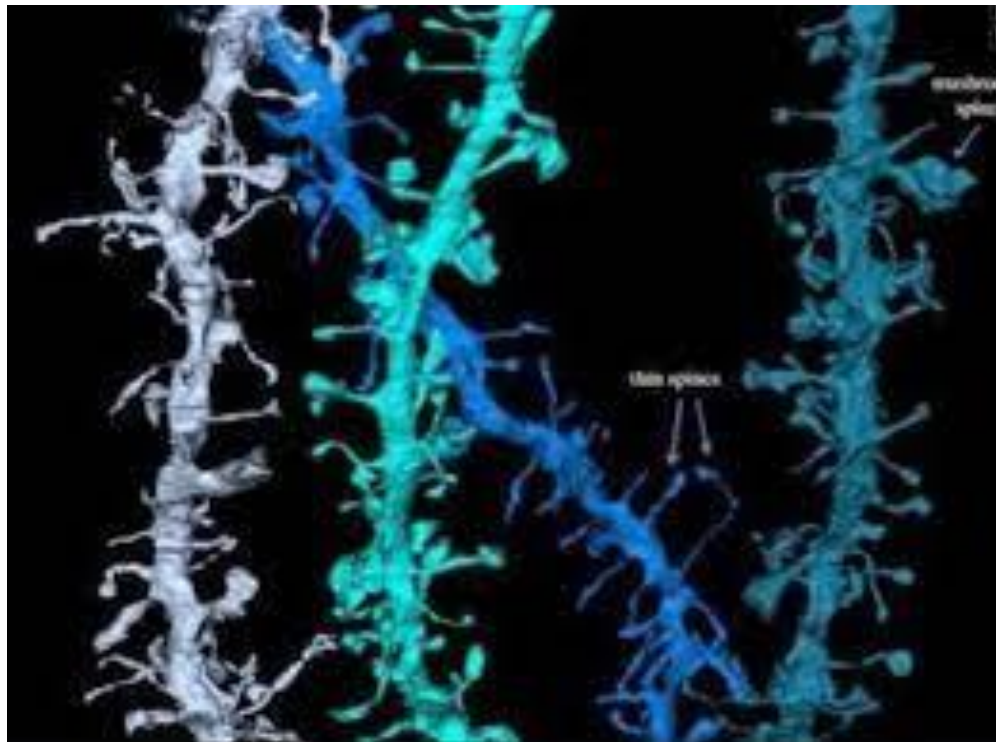


Gli eventi mentali coscienti sono legati alla corteccia cerebrale



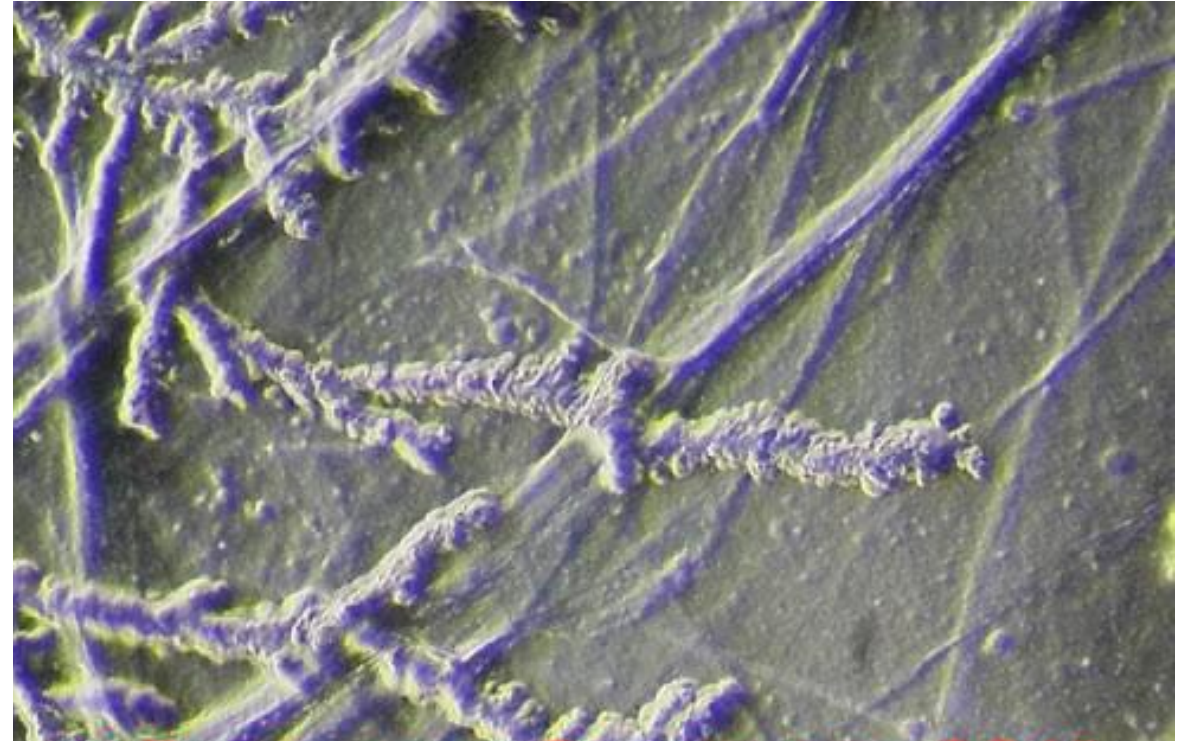
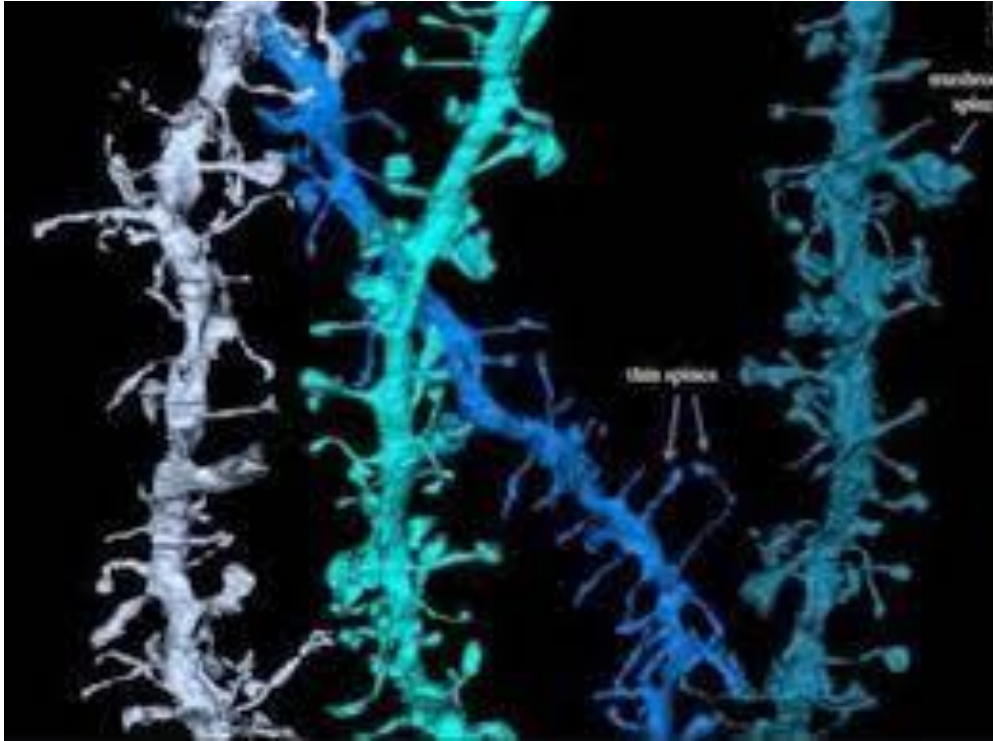
La struttura cerebrale è basata sui neuroni “piramidali” che hanno dei lunghi dendriti da cui ricevono i segnali di input

SPINE DENDRITICHE



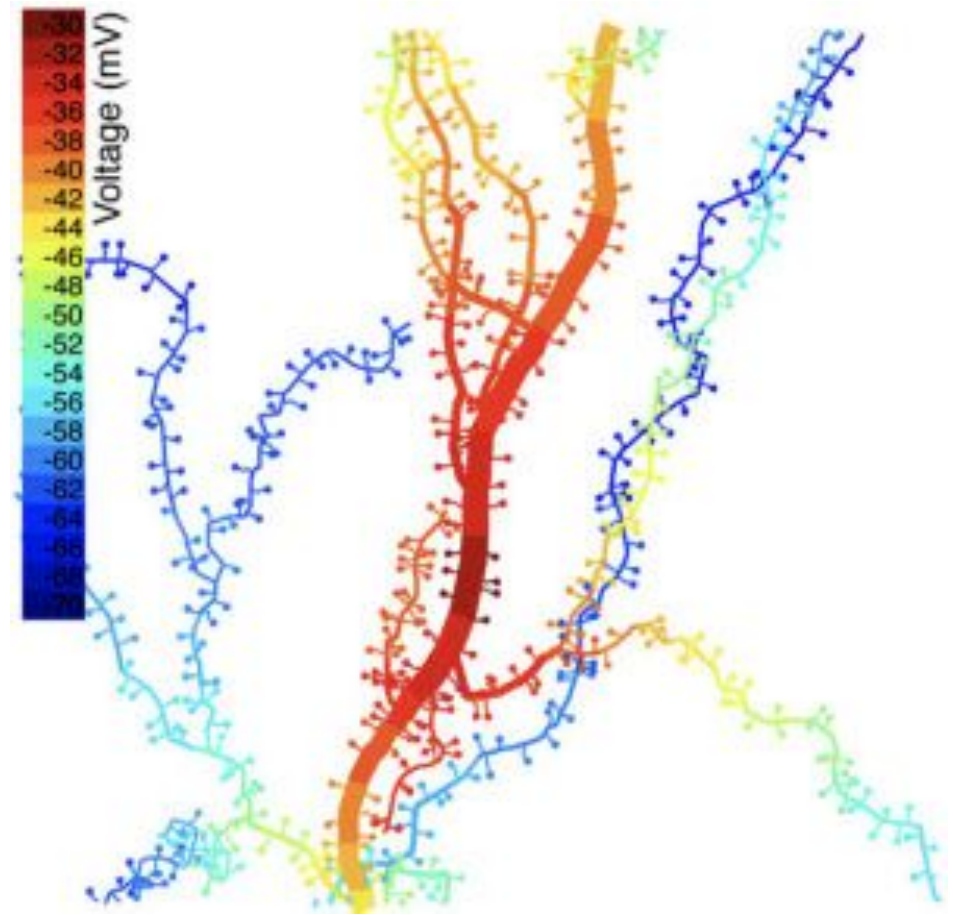
Le spine dendritiche sono minuscole sporgenze situate sui rami dei neuroni, implicate nella plasticità sinaptica, ritenute il meccanismo alla base dell'**apprendimento** e della **memoria**: infatti esse ricevono informazioni eccitatorie da altre cellule e decidono se queste informazioni sono **sufficientemente significative da essere amplificate e diffuse ad altri neuroni**. Le spine dendritiche fungono da **zona di contatto** tra i neuroni ricevendo input (informazioni) di forza variabile. Se un input è persistente, viene attivato un meccanismo mediante il quale i neuroni amplificano il “volume” in modo che possano “sentire” meglio quella particolare informazione. In caso contrario, le informazioni di un “volume” basso verranno ulteriormente abbassate in modo da non essere notate. Questo fenomeno corrisponde alla plasticità sinaptica, che implica il potenziamento o la depressione della forza di input sinaptica.

SPINE DENDRITICHE



Utilizzando tecniche avanzate nella microscopia a due fotoni che imitano i contatti sinaptici tra due neuroni, i ricercatori del CHU Sainte-Justine Hospital and Université de Montreal, guidati da Roberto Araya, hanno scoperto un'importante legge relativa alla disposizione delle informazioni ricevute dalle spine dendritiche. Il loro lavoro mostra che, a seconda del numero di input ricevuti (sinapsi) e della loro vicinanza, le informazioni verranno prese in considerazione e memorizzate in modo diverso, infatti se **più di un input si verifica in un punto del neurone, la cellula considererà queste informazioni più importanti e aumenterà il suo volume.**

Modello computazionali di neuroni reali (ricostruiti dallo stesso tipo dei neuroni di ratto) per costruire una rappresentazione 3D del neurone con informazioni accurate sulla posizione, il diametro e le proprietà elettriche di ogni dendrite. Questa simulazione mostra la tensione (in millivolt), codificata dal colore, nella porzione di albero dendritico di un neurone. Sono state fissati ai dendriti delle spine generate dal computer, e sono state attivate le sinapsi su sette spine vicino al centro, aumentando la tensione in quelle sedi. La simulazione quantifica la diffusione di carica elettrica e il relativo aumento della tensione nelle parti vicine dell'albero dendritico per un breve periodo (1-1/3 millisecondi) dopo che le sinapsi sono state attivate.

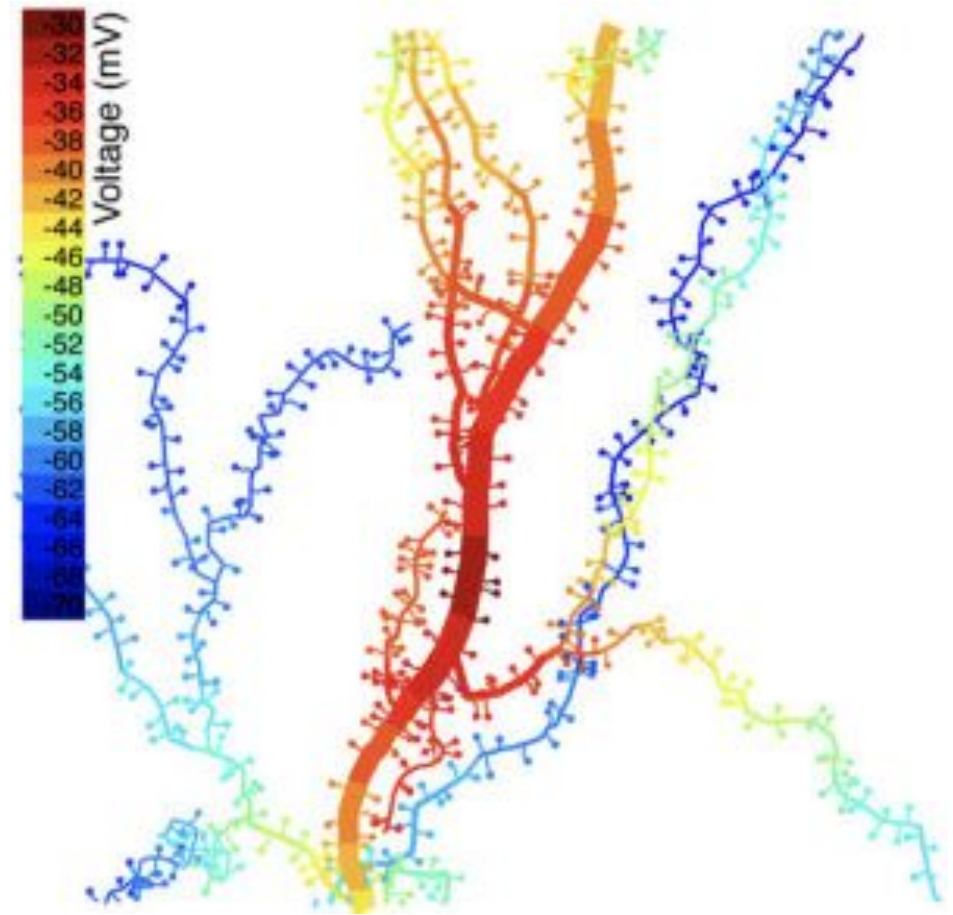


Queste simulazioni al computer, effettuate alla Northwestern University, hanno permesso di evidenziare che le **spine fungono da compartimenti elettrici nel neurone**, isolando e amplificando i segnali elettrici ricevuti dalle sinapsi., capaci di misurare le risposte elettriche sulle spine dei dendriti. Si è potuto così dimostrare che le spine dendritiche rispondono a, ed elaborano, gli input sinaptici **non solo chimicamente, ma anche elettricamente**. Le spine dendritiche esistono in una varietà di forme, ma in genere consistono di una testa della spina bulbosa all'estremità di un tubo sottile, o collo. Ogni testa della spina contiene una o più sinapsi e si trova molto vicino ad un assone proveniente da un altro neurone.

Questa ricerca ha permesso di comprendere meglio le **proprietà chimiche** delle spine dendritiche: i recettori della loro superficie sono noti per rispondere ad una serie di **neurotrasmettitori, quali glutammato e glicina**, rilasciati da altri neuroni. Ma a causa delle dimensioni estremamente ridotte delle spine - circa 1/100 del diametro di un capello umano - le loro proprietà elettriche sono sempre state difficili da studiare.

In questa ricerca sono state utilizzate tre tecniche sperimentali per valutare le proprietà elettriche delle spine dendritiche nell'ippocampo dei ratti, una parte del cervello che ha un ruolo importante nella memoria e nella navigazione spaziale:

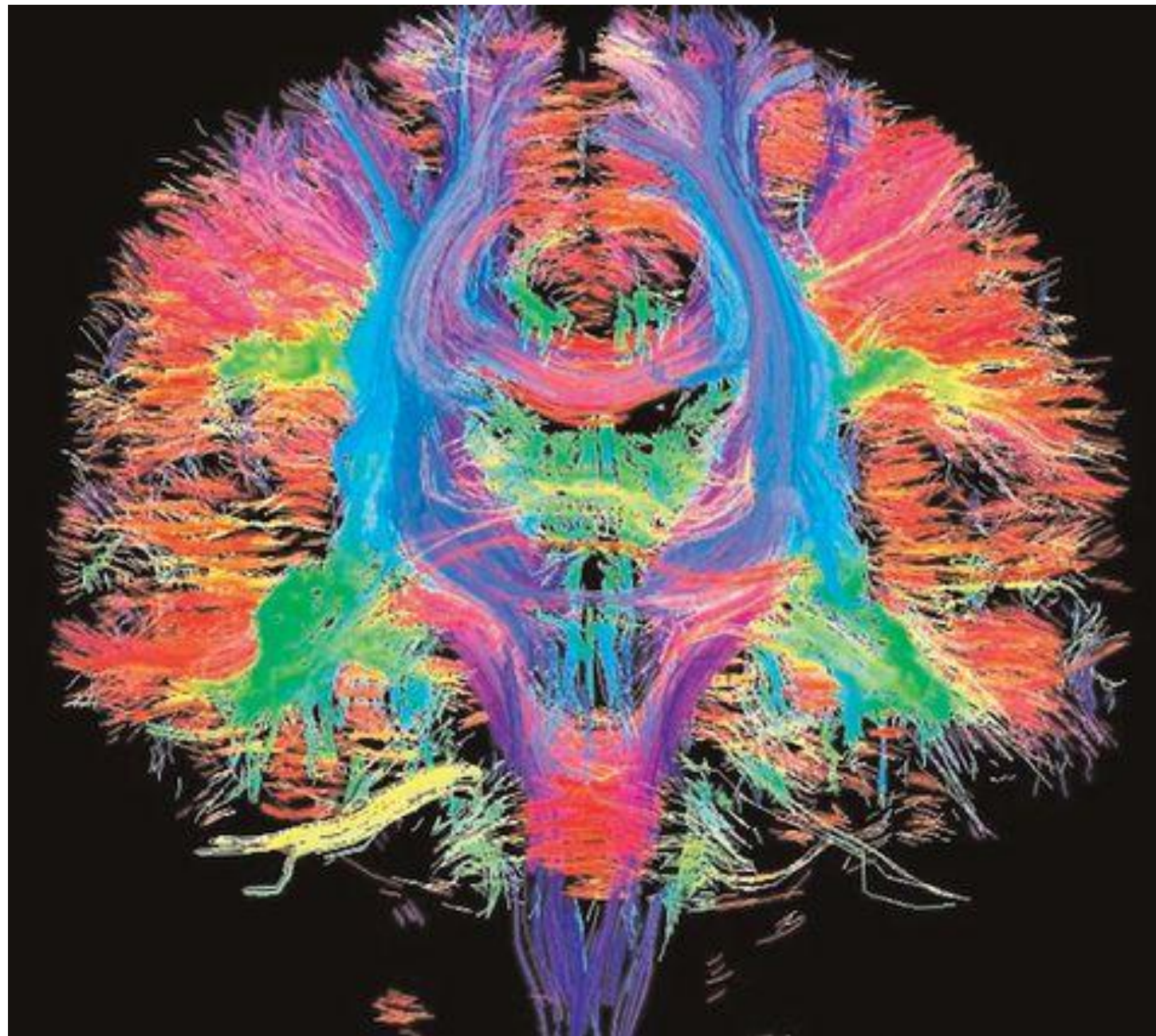
- ❑ sono stati usati due microelettrodi per somministrare corrente e misurare il voltaggio della risposta in sedi diverse lungo i dendriti;
- ❑ Si è poi fatto ricorso allo "sprigionamento di glutammato» (un neurotrasmettitore eccitatorio), per evocare risposte elettriche da sinapsi specifiche, come se la sinapsi abbia appena ricevuto un segnale da un neurone adiacente;
- ❑ infine si è usato un colorante sensibile al calcio (il calcio è un indicatore chimico di un evento sinaptico) iniettato nel neurone per fornire una rappresentazione ottica delle variazioni di tensione all'interno della spina.



6

DAL DIGITALE ALL'ANALOGICO: IL CONNETTOMA

Il **Connettoma** è una mappa completa delle connessioni neurali del cervello e può essere considerato come uno schema elettrico cerebrale. Più in generale esso include la mappatura di tutte le connessioni neurali all'interno del sistema nervoso di un organismo.



Sebastian Seung **Connettoma** Codice edizioni 2013

Da alcuni anni è in corso uno dei più innovativi progetti di ricerca dai tempi del sequenziamento del genoma: ricostruire l'intera rete delle connessioni tra le aree cerebrali, disegnare cioè una "mappa di navigazione" per orientarsi in quel territorio ancora in larga parte oscuro che è il nostro cervello. Questa mappa è stata chiamata "connettoma".

Il genoma umano è formato da 25 mila geni e un totale di 3 miliardi di informazioni pari alle lettere di 5000 libri. Il connettoma si identifica con in contatti tra 100 miliardi di neuroni ed è paragonabile a 5 miliardi di libri. Decifrare per intero il genoma ha richiesto dieci anni e 4 miliardi di dollari. Disegnare la mappa del connettoma con tutte le sue strade e i suoi sentieri risulta un milione di volte più impegnativo e costoso.

Un'impresa mastodontica, spiega Sebastian Seung, ma l'obiettivo vale lo sforzo. Le potenzialità infatti sono enormi: nell'attività neurale del cervello sono immagazzinati e codificati i nostri ricordi, i pensieri e le esperienze vissute; in poche parole tutto ciò che fa di noi le persone che siamo.

Tracciare quella mappa, quindi, e poterne studiare i percorsi e gli snodi, significa avere accesso alle basi biologiche della nostra identità, e forse alla fine completare quel "libro della vita" che il progetto genoma umano ha iniziato.



«Nessun sentiero riesce a penetrare questa nostra foresta mentale...

È una foresta maestosa che sa essere comica e anche tragica. A volte penso che racchiuda tutto quanto: ogni romanzo, sinfonia, delitto efferato, ogni atto di pietà di cui siamo stati capaci.

Ogni storia d'amore, ogni litigio, ogni scherzo, ogni patema: tutto nasce da questa foresta. Forse vi sorprenderà sapere che alloggia in un contenitore di un diametro di appena 30 cm. Sulla terra ne esistono 7 miliardi di questi connettomi. A voi, come a me, ve n'è toccato uno da gestire.

È la foresta che vive nella nostra testa, gli alberi di cui vi parlo sono cellule speciali, i neuroni. Obiettivo delle neuroscienze è proprio esplorare questa foresta, questi rami incantati e conquistare la giungla della mente.

I neuroscienziati ne hanno ascoltato i suoni (segnali elettrici) dentro il cervello, hanno rilevato le sue forme fantastiche con fotografie e disegni dei neuroni stessi.

Sorge una domanda: potremmo mai comprendere la totalità della foresta osservando solo pochi alberi separati?»



L'IMPORTANZA DELL'ORGANIZZAZIONE DELLE CONNESSIONI

Che cosa è più importante per determinare la complessità e la ricchezza delle funzioni cerebrali? La massa/volume? Il numero dei neuroni? Il numero delle connessioni?

Niente di tutto questo: a incidere è l'organizzazione dei circuiti neuronali, cioè il connettoma, l'organizzazione, la quantità e soprattutto la qualità delle connessioni interneuronali.

Per convincersene è sufficiente il riferimento ad alcuni dati esemplificativi:

- Se si paragonano la corteccia cerebrale dell'uomo e quella dello scimpanzé si scopre che la prima, pur avendo un volume 2,75 volte maggiore della seconda, ha solo 1,25 volte più neuroni;
- Il peso medio del cervello umano va da 1000 a 2000 grammi;
- Il peso medio del cervello maschile è 1350 grammi;
- Il peso medio del cervello femminile è 1200 grammi;
- Anatole France: 1000 grammi
- Albert Einstein 1230 grammi;
- Lord Byron 2380 grammi.

L'IMPORTANZA DELL'ORGANIZZAZIONE DELLE CONNESSIONI

Il connettoma cambia di continuo nel corso della vita, creando ed eliminando sinapsi (pruning). La corteccia, che costituisce l'82% del volume del cervello, possiede solo il 19% dei neuroni (17 miliardi).

I lobi frontali e la corteccia prefrontale – le aree implicate nei processi di memoria e pianificazione, nella flessibilità cognitiva, nel pensiero astratto – hanno un numero di neuroni notevolmente inferiore rispetto alle aree visive, alle altre aree sensoriali e a quelle motorie.

Mentre la maggior parte dei neuroni (72%) si trovano nel cervelletto, che costituisce appena il 10% della massa cerebrale ed è un organo indubbiamente meno complesso, molto più arcaico e dotato, almeno sulla carta, di funzioni relativamente primordiali, rispetto a quelle intellettuali superiori gestite dalla corteccia.

L'IMPORTANZA DELL'ORGANIZZAZIONE DELLE CONNESSIONI

In *homo sapiens sapiens* le modifiche del connettoma sono legate direttamente a informazioni particolarmente complesse (simboli, concetti/idee) che sono il prodotto di varie forme di linguaggio immediatamente trasferibili agli altri membri della specie:

- sia orizzontalmente;
- sia verticalmente (da una generazione all'altra)

determinando direttamente modifiche connettomiche istruttivo-costruttive.

L'IMPORTANZA DELL'ORGANIZZAZIONE DELLE CONNESSIONI

Questo è probabilmente l'esempio più chiaro della maggiore rapidità e potenza, in ambito evolutivo, dei meccanismi istruttivo-costruttivi rispetto a quelli selettivi.

Possiamo dire che il linguaggio è stato il più potente induttore/catalizzatore dei processi evolutivi che trasformano il connettoma-base dei primati antropomorfi nel connettoma specifico di *homo sapiens sapiens*.

Ma potremmo anche estendere il modello istruttivo-costruttivo all'intero processo di costruzione/formazione delle reti neuronali e quindi della corteccia cerebrale non solo nei primati, ma più in generale degli animali.

Si ha quindi un'inversione dei flussi di informazione che significa considerare gli organismi (e i genomi) come il prodotto d'una ingegneria epigenetica, in cui determinante è la relazione con l'ambiente.

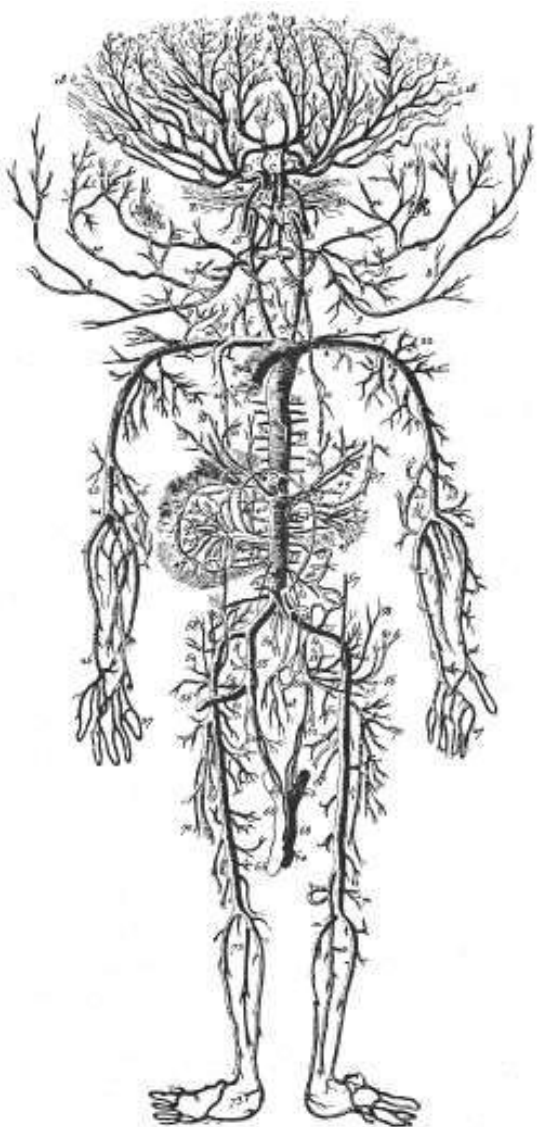
L'IMPORTANZA DELL'ORGANIZZAZIONE DELLE CONNESSIONI

Ciò che ci interessa veramente qui è il software, che è essenzialmente costituito dai circuiti neuronali (e quindi dalle connessioni sinaptiche) e dal modo in cui - nel corso dell'ontogenesi, principalmente durante la vita fetale e i primi due anni della vita, vale a dire nel periodo di massima plasticità di sviluppo, miliardi di strutture ad albero dendritico si connettono tra loro in risposta alle informazioni provenienti dall'ambiente e dal resto della "rete" in costruzione.

7

**CHE COS'È E COME
SI FORMA
UN'IMMAGINE
DIGITALE**

IL CERVELLO INTEGRA L'INFORMAZIONE



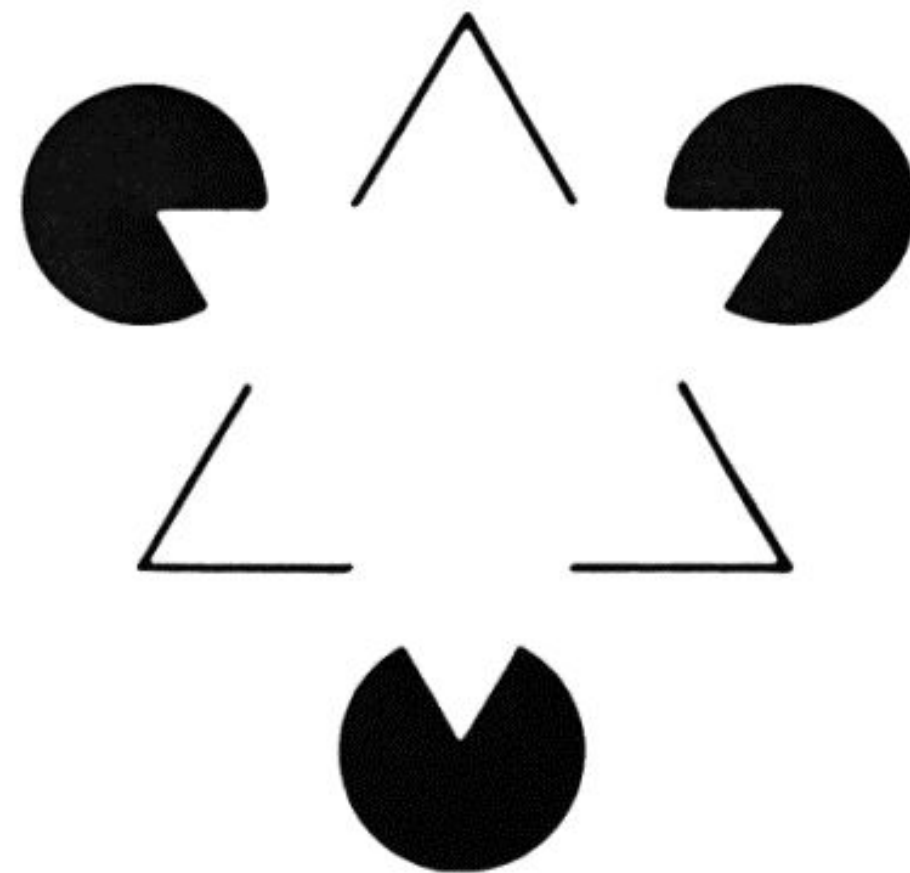
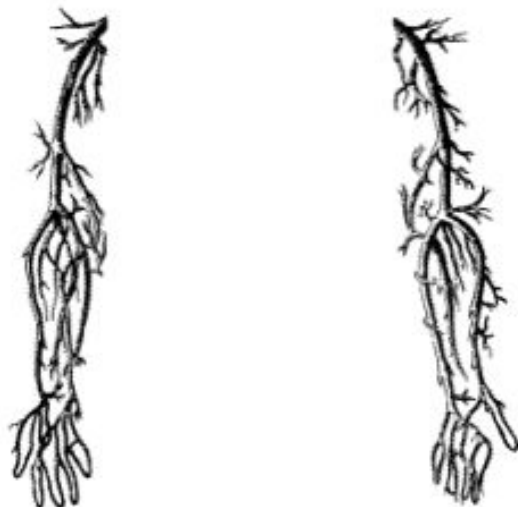
Per capire come il cervello integri l'informazione partiamo da un'espressiva immagine tratta dall'*Encyclopédie* di Diderot e d'Alembert. Si tratta del contenuto della tavola VIII nel Vol. I: "*Le arterie secondo Drake*".

Ammirando lo sviluppo di quei vasi, distesi bidimensionalmente sul piano e graziosamente numerati, si finisce per concepire con facilità **un'immagine mentale** riferibile al corpo umano, completamente dotato di accessori: il rispetto delle topologie e delle proporzioni supplisce alle inevitabili alterazioni formali dell'abituale icona umana. La figura della slide successiva - derivata dall'originale attraverso la sottrazione di molte parti, dalla testa al corpo fino alle ginocchia – ci consente facilmente di riscontrare come la presenza di pochi elementi sia ancora in grado di richiamare il corpo umano come referente.

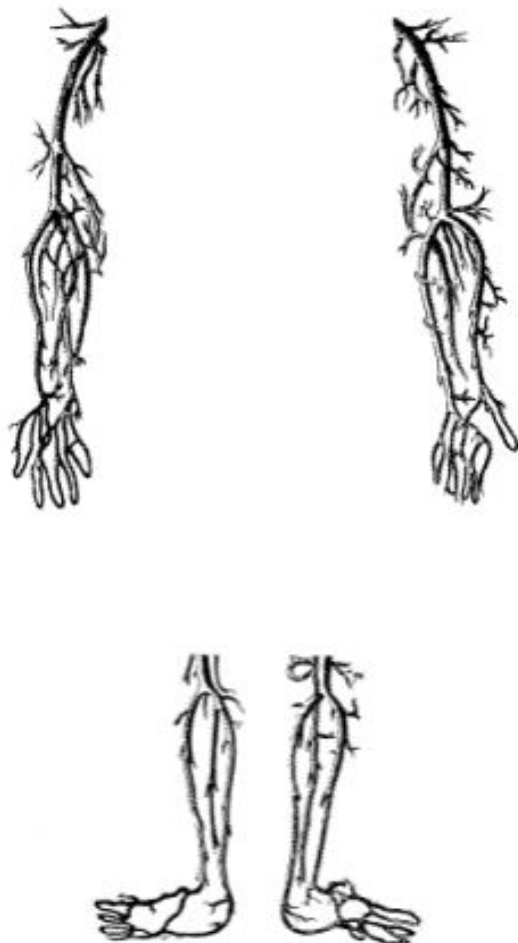
IL CERVELLO INTEGRA L'INFORMAZIONE

La figura a sinistra mostra quattro arti, ma disposti secondo la rispettiva corretta posizione e che rispetta e ricalca quindi la struttura originale: l'immagine mentale che ne deriva non è affatto di quattro parti distinte, ma quella di un corpo umano acefalo, parzialmente coperto da un camice bianco, la cui esistenza la mente si sforza d'accreditare.

Si tratta di un effetto ben conosciuto, felicemente esemplificato dai triangoli virtuali, sovrapposti a cerchi altrettanto virtuali, raffigurati nella nota immagine di G. Kanitzsa.

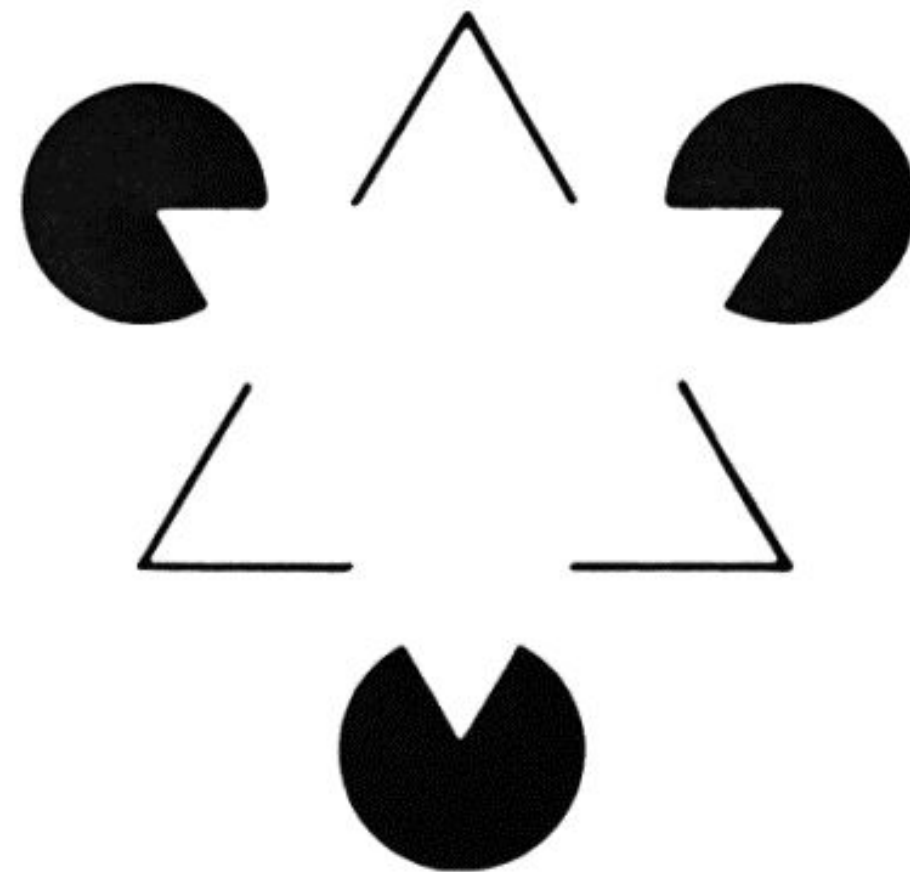


IL CERVELLO INTEGRA L'INFORMAZIONE



Queste immagini mostrano la capacità del cervello di **evocare “esistenze” simboliche** attraverso codificazioni basate sulla sapiente introduzione di effettive **“inesistenze”**.

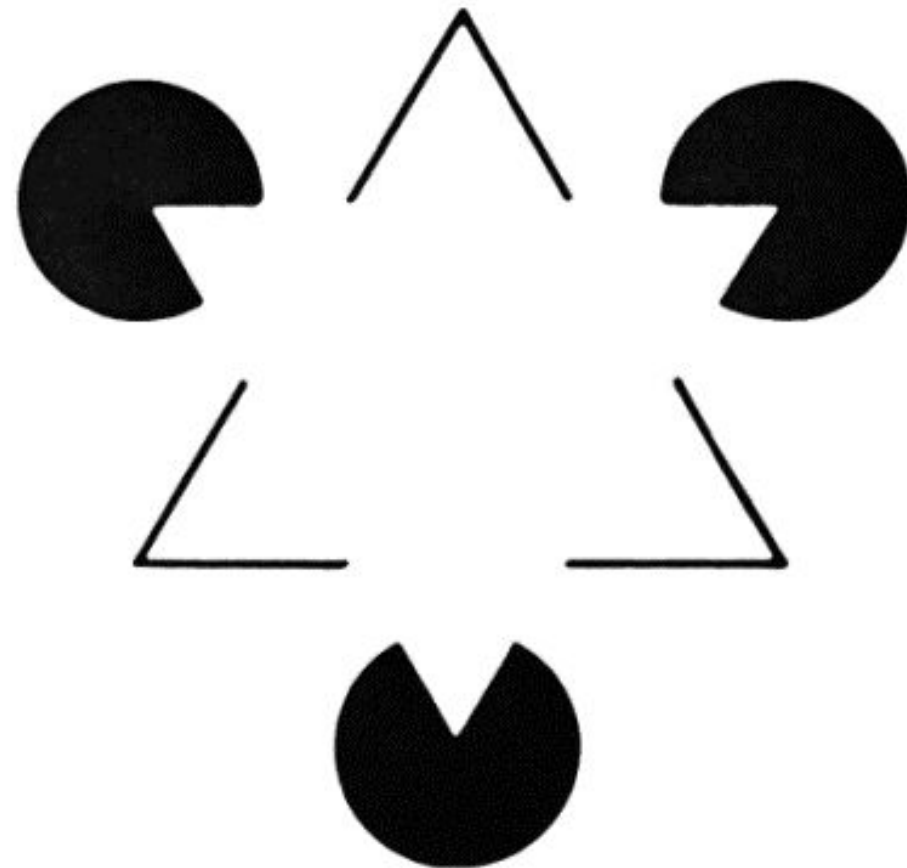
Ne deriva una chiara rappresentazione di quanto sia costitutiva, agli effetti della percezione di ciò che chiamiamo «realtà», **la relazione tra visibile e invisibile** e di come **l'invisibile sia un elemento costitutivo imprescindibile di ciò che chiamiamo «visione»**



IL CERVELLO INTEGRA L'INFORMAZIONE



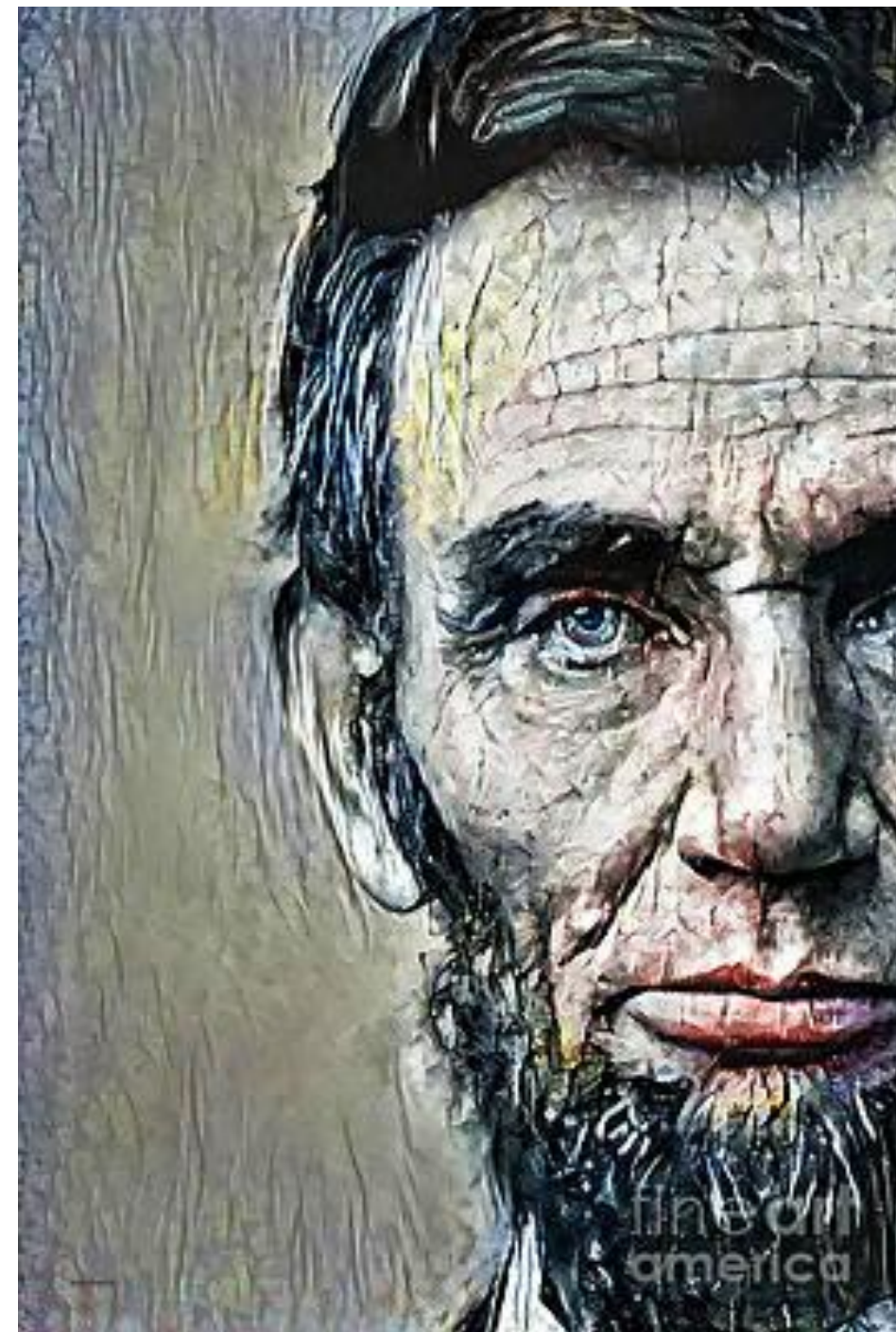
Le due immagini a sinistra, sia che si presentino *chiuse*, sia che appaiano come *aperte* – risultano perfettamente **definite e indipendenti dal piano su cui giacciono**, oltre che **piatte** e, pertanto, **bidimensionali**. Al contrario, dalla visione di quella di destra scaturisce una **forte impressione di tridimensionalità**, che separa senza dubbio il bianco del triangolo virtuale dal bianco dello sfondo. Questo triangolo, infatti, pur non avendo contorni materiali come quelli dei due segni elementari di sinistra, non solo è perfettamente percettibile, ma è altrettanto indubitabilmente sovrapposto a tutto quanto appaia nel resto della composizione e ha la capacità di coprire in parte – e quindi, paradossalmente, di rivelare – un altro triangolo sottostante (bianco anch'esso, ma dotato di contorni neri) oltre a tre cerchi neri, parzialmente coperti anch'essi.

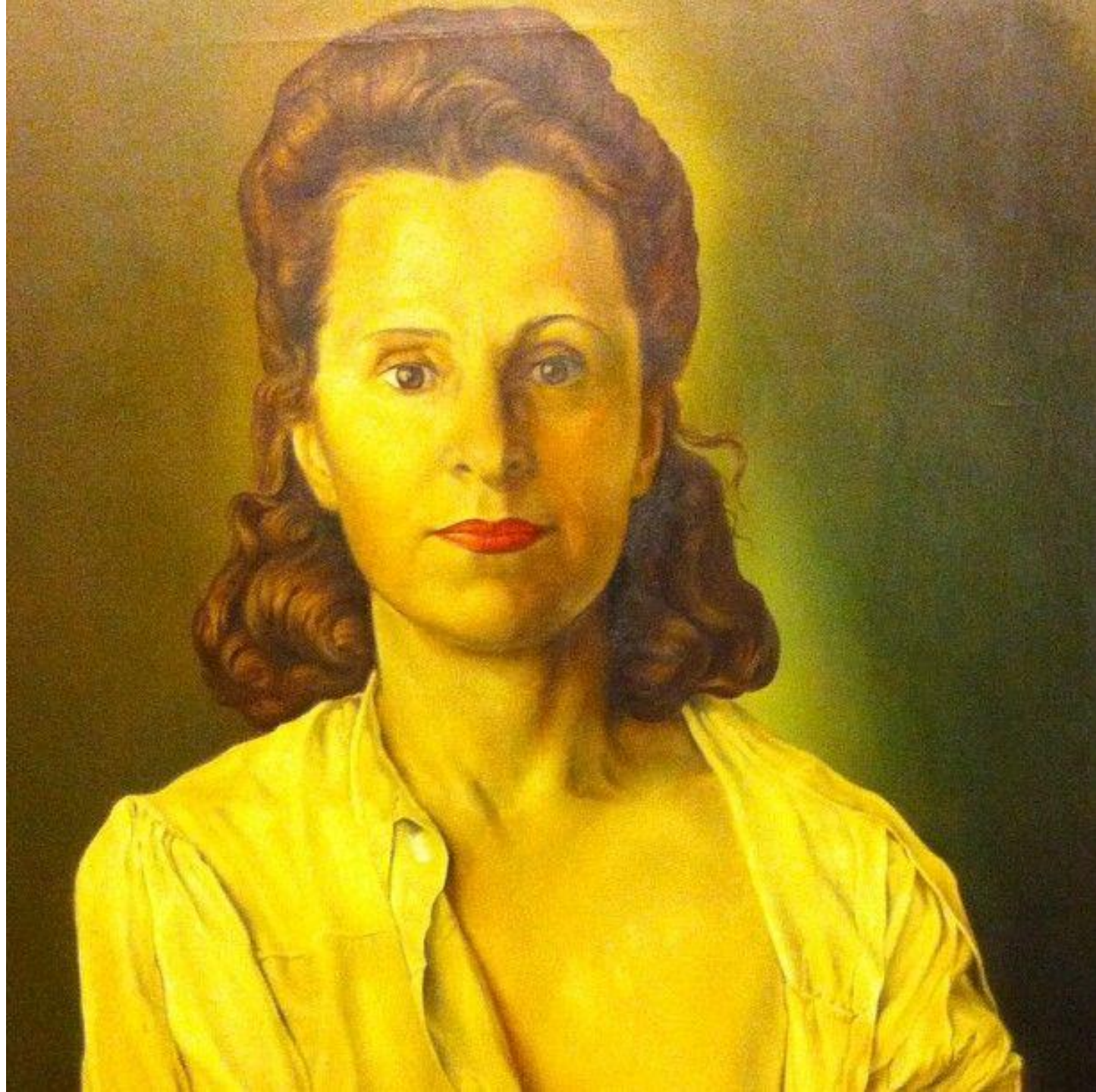


Gli effetti, **visivi e costruttivi**, di questa sovrapposizione di piani sono genialmente studiati da Salvador Dalì in un dipinto del 1976 nel cui titolo si riassume integralmente la logica della sua ricerca: *“Gala Contemplating the Mediterranean Sea Which at Twenty Meters Becomes the Portrait of Abraham Lincoln (Homage to Rothko)”*.

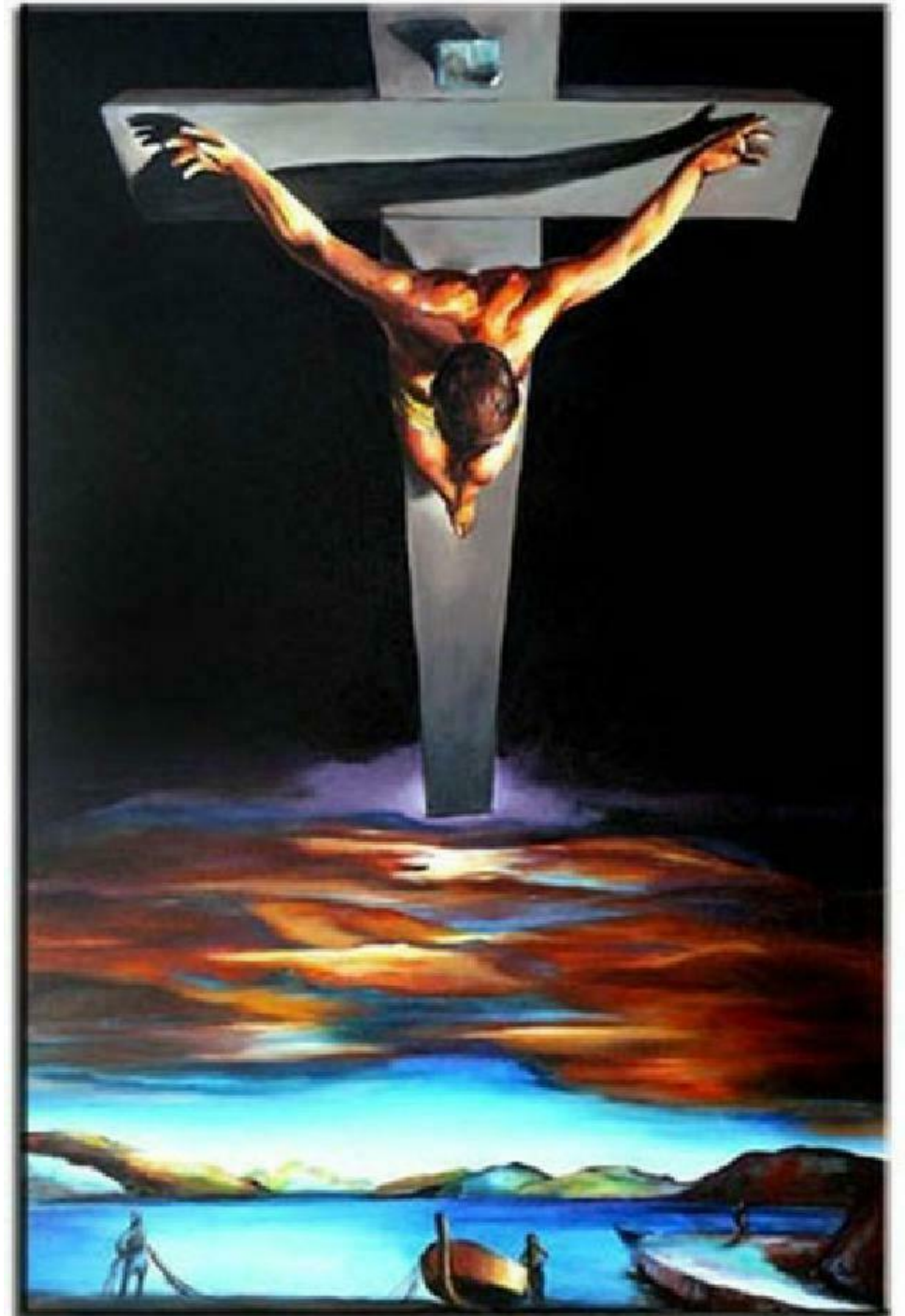
Questa composizione combina l’elaborazione di un ritratto di Abramo Lincoln con l’immagine della moglie Gala Éluard Dalí e con un dipinto del 1951 dello stesso Dalì intitolato Cristo di San Giovanni della Croce, (Museo della vita e dell'arte religiosa di San Mungo, Glasgow, Scozia).

L’esplicita enunciazione della distanza, venti metri, **produce la descrizione indiretta dello spazio necessario per rivelare l’immagine di Lincoln**. Al tempo stesso, in modo scientifico, Dalì rende **finito - e definito, in 121 pixel – il numero di tasselli necessari e sufficienti per garantire non solo la percezione del volto umano, ma la riconoscibilità del soggetto raffigurato**.





Salvador Dali, *Cristo di San Giovanni della Croce*, 1951 (Museo della vita e dell'arte religiosa di San Mungo, Glasgow, Scozia). Il dipinto si ispira a un disegno del XVI secolo del frate carmelitano San Giovanni della Croce (1542-1691) in cui Cristo è visto dall'alto.



Salvador Dalí - *Gala Contemplating the Mediterranean Sea which at Twenty Meters Becomes the Portrait of Abraham Lincoln – Homage to Rothko (Second Version)* – 1976.

La figura di Gala è incorniciata dalle finestre cruciformi attraverso le quali lo spettatore è condotto a una crocifissione nella quale la figura di Gesù sulla croce, che ricorda il dipinto di Dalí del 1951 appare tra le nuvole. La parte superiore della testa di Cristo si illumina rappresentando il sole mattutino che sorge.

Dalí gioca con l'ambiguità del mezzo. L'uso ironico della pittura per ricreare gli effetti della fotografia su un livello è reso più risonante dal collage di piccole riproduzioni stampate della foto di Harmon sulla tela.

Dalí intitola l'opera Omaggio a Mark Rothko (1903-1970), un importante pittore espressionista astratto americano suicidatosi nel 1970. All'inizio della sua carriera, Rothko ha sperimentato il disegno automatico e le tecniche surrealiste. Aveva studiato, come lo stesso Dalí, gli scritti di Freud.

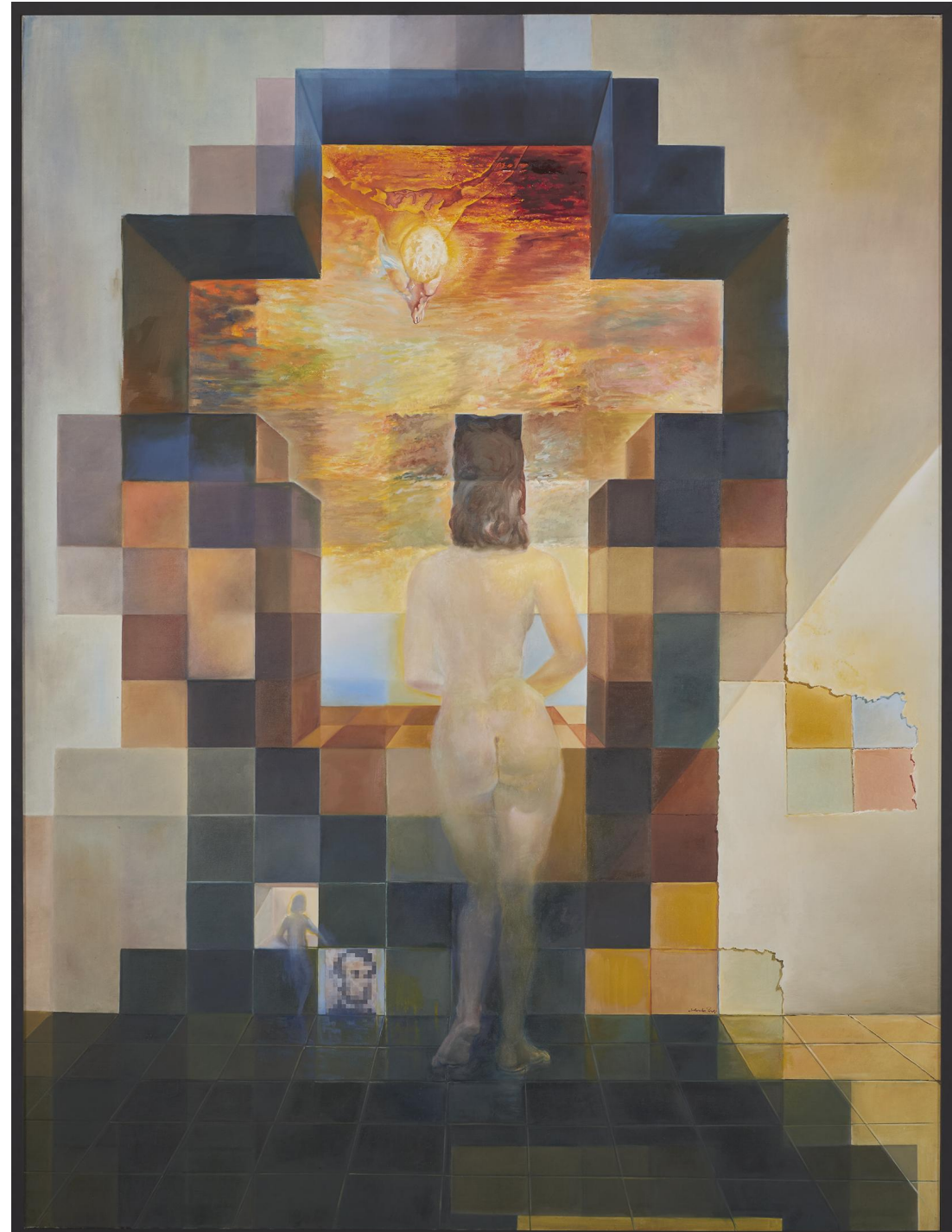
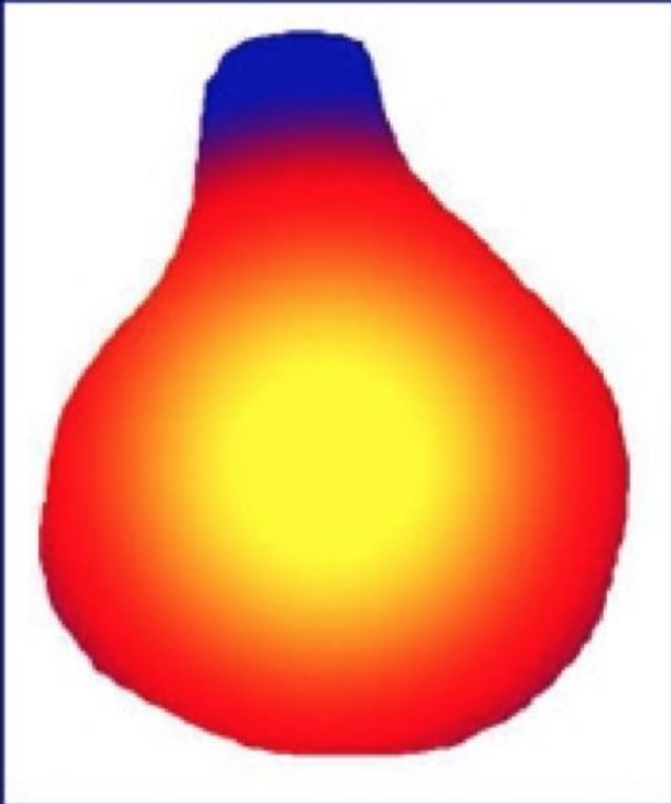
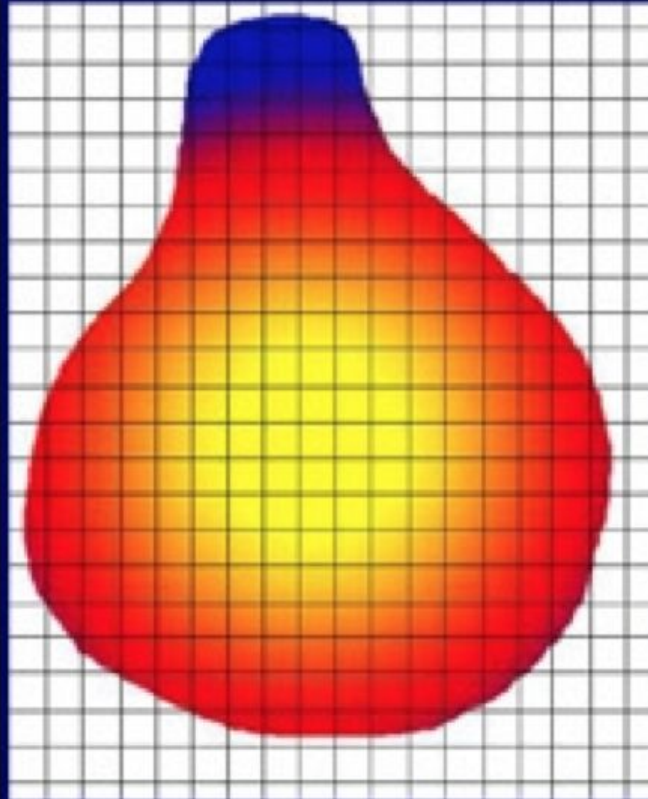


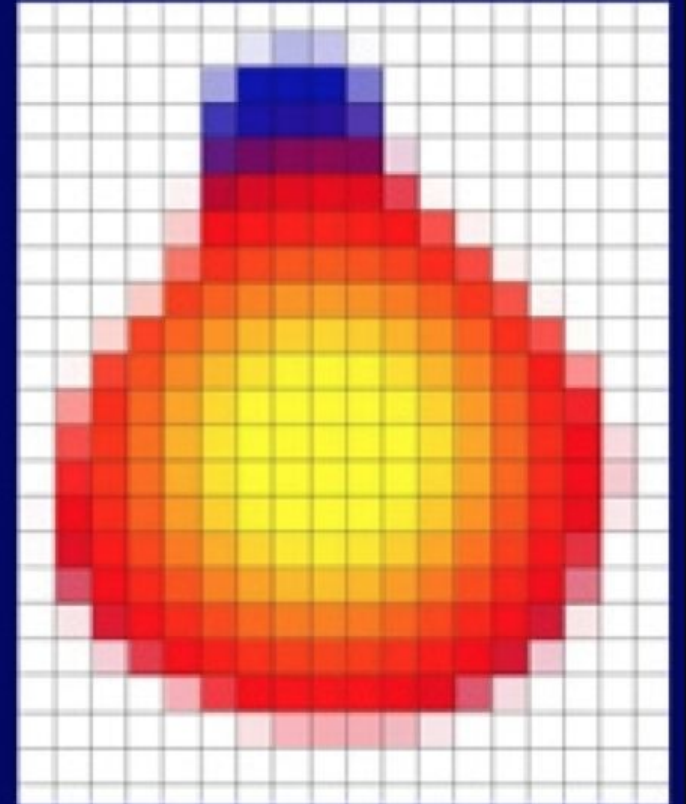
IMMAGINE DIGITALE



Elemento della realtà



Campionamento



Quantizzazione

IMMAGINE DIGITALE RASTER O BITMAT

Le immagini digitali raster sono composte da una matrice di pixel. Per la loro visualizzazione hanno bisogno di una **griglia** o retino di piccoli quadrati, i **pixel**, ai quali viene assegnata una posizione specifica e un valore di colore. Quando si interviene a modificare un'immagine si opera pertanto sulla **modifica di gruppi di pixel anziché sulla modifica di oggetti o di forme**. Questa categoria di immagini dipendono dalla **risoluzione** cioè dal numero di pixel per unità di superficie.

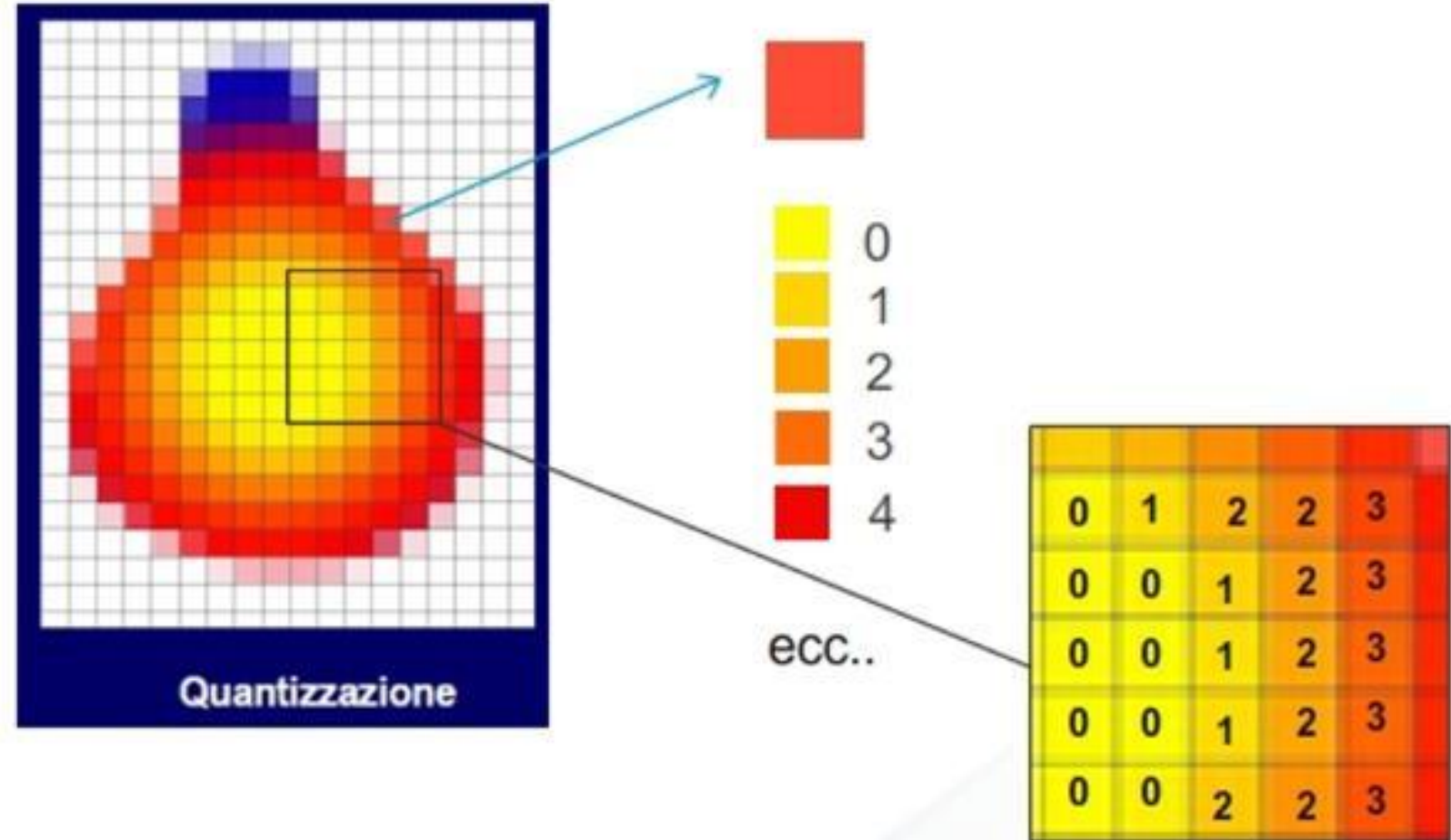


IMMAGINE DIGITALE E IMMAGINE ANALOGICA A CONFRONTO

La digitalizzazione di un'immagine è quindi un processo di costruzione basato sulla discretizzazione, cioè su un meccanismo che assegna un valore numerico, sotto forma di una sequenza di 0 e 1, a ogni “punto” dell'immagine. Questa numerizzazione vale per qualunque forma di informazione (testi, immagini, audio, video..).

Un'immagine digitale è pertanto la rappresentazione bidimensionale tramite una serie di **valori numerici** che ne descrivono le qualità distintive: **dimensione e colore**.

Ogni “punto” a cui assegnare un valore numerico determinante la qualità luminosa dell'immagine è denominata pixel.

Quando digitalizziamo un'immagine è come se sovrapponessimo una griglia quadrata a un'immagine analogica: i pixel sono quadratini risultanti di questo processo di grigliatura.

Ogni quadrato della griglia darà origine ad un pixel con un colore preciso.

IMMAGINE DIGITALE E IMMAGINE ANALOGICA A CONFRONTO

Mentre l'immagine analogica è formata attraverso un processo fisico-chimico, quella digitale è costruita attraverso un procedimento logico/numerico.

La differenza che ne scaturisce è costituita dall'introduzione, nell'immagine digitale, del campo "discreto" interpretato dalla matrice del sensore: un campo ordinato, a differenza di quello offerto, nell'immagine fotografica tradizionale, da una superficie colloidale con immerse particelle di sostanze sensibili, distribuite in modo relativamente omogeneo ma caotico.

Naturalmente, nel caso della digitalizzazione, è fondamentale il rapporto di scala esistente fra la dimensione del pixel e quella dei granuli che originariamente costituivano la parte microscopica dell'immagine. Infatti, nel caso di pixel molto minuti e fitti, essi possono stare ben al di sotto della dimensione degli elementi chimici, senza quindi interferire con la percettibilità della parte esercitata dagli stessi nella composizione complessiva del segnale. Nel caso opposto, si perderà definitivamente la percettibilità del ruolo formale dei nuclei puntuali dell'originaria immagine chimica.

La discretizzazione, infatti, introduce un ordine semplificativo, che la mente umana deve a sua volta interpretare, ricostruendo le continuità sopprese e rigenerando l'entropia rimossa.

IMMAGINE DIGITALE E IMMAGINE ANALOGICA A CONFRONTO

L'immagine di partenza si è trasformata in una sorta di mappa composta di 0 e 1, in cui ogni quadratino risultante della grigliatura dell'immagine è ora rappresentato da una sequenza di 0 e 1 che il computer riconoscerà come il colore di quel pixel.

	▷	0	▷	00000001
	▷	1	▷	00000010
	▷	2	▷	00000100
	▷	3	▷	00001000

IMMAGINE DIGITALE E IMMAGINE ANALOGICA A CONFRONTO

La dimensione dell'immagine è sempre data dai valori x e y della griglia di sovrapposizione. Più la griglia è fitta più l'immagine è definita.

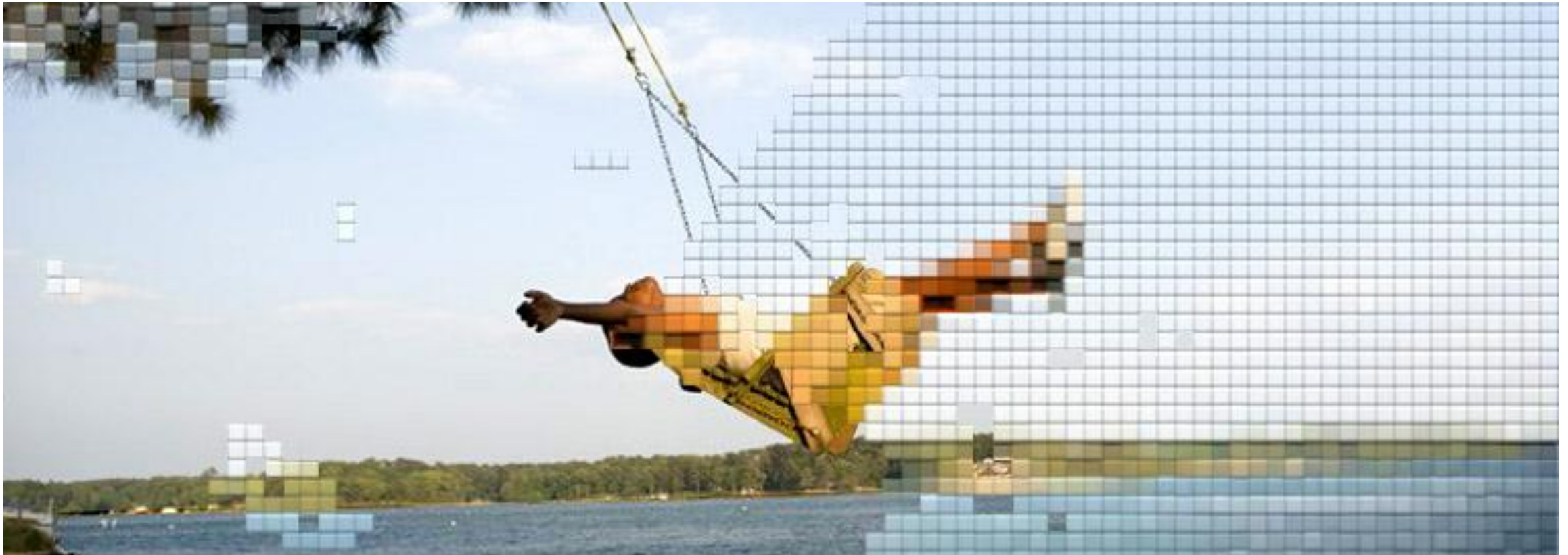


IMMAGINE DIGITALE E IMMAGINE ANALOGICA A CONFRONTO

Un'immagine analogica è composta da migliaia di pigmenti colorati che, messi uno vicino all'altro, ci danno l'impressione degli oggetti che compongono. Questi punti disposti in modo irregolare diventano visibili se ingrandiamo molto qualche dettaglio dell'immagini e vengono indicati con il nome di **grana**. **L'immagine è un segnale, cioè una grandezza che varia in un dominio. Nel caso dell'immagine è il dominio dello spazio.**

Ciò che varia è l'intensità luminosa nello spazio. Ogni punto della grana dell'immagine è caratterizzato da una variazione di intensità luminosa rispetto al punto precedente.

Questa variazione, che percepiamo come continua, per essere interpretata da un computer, dovrà essere analizzata e rigenerata tramite un sistema che non è continuo ma discreto, numerico.

La digitalizzazione infatti non è altro che rendere “discreto” – “numerico” – un segnale continuo, analogico. In generale, **un segnale analogico è la rappresentazione o la trasformazione di una grandezza fisica tramite una sua analoga.** Il digitale si riferisce ad un segnale o più in generale ad un'informazione espressa attraverso i numeri.

COME MONET DIPINGEVA IL MARE



IL PUNTISMO, PUNTO PER PUNTO, OVVERO I PIXEL ANTE LITTERAM

"Un dimanche
après-midi à l'Île
de la Grande
Jatte" Georges
Seurat
(1883-85)
conservato all'Art
Institute di
Chicago.



IL PUNTISMO, PUNTO PER PUNTO, OVVERO I PIXEL ANTE LITTERAM

Il **puntinismo** è una tecnica utilizzata a partire dalla fine dell'Ottocento da un gruppo di artisti più tardi definiti, dal letterato Félix Fénéon, neoimpressionisti. Non riguarda quindi i pittori impressionisti che hanno animato tutta la seconda metà di quel secolo. Il prefisso “neo” in neoimpressionismo ci indica chiaramente che ci troviamo di fronte a qualcosa di radicalmente nuovo e diverso, pur all'interno di una linea di continuità con l'esperienza precedente.

Puntinismo e impressionismo nascono da una stessa esigenza: cogliere la verità della natura e del paesaggio, nella sua essenza luminosa, cercando di trasferirla sulla tela attraverso l'uso del colore piuttosto che del disegno.

Se il punto di partenza è comune, le strade percorse, così come gli esiti finali, sono tuttavia diametralmente opposti. Il pittore impressionista si posizionava di fronte al paesaggio da rappresentare con uno spirito romantico, e le emozioni che provava passavano dagli occhi, al cuore, sino alla mano, traducendosi in pennellate rapide, istintive, a volte impetuose. Il puntinista fa l'esatto contrario. Il suo modo di dipingere è **razionale, distaccato, metodico**, richiede tempi lunghi e una discreta costanza. **Non c'è spazio per l'istinto.** Nel clima positivista di fine secolo, dominato dall'idea di progresso e dalla fiducia nella scienza e nella tecnica, il puntista teorizza un'arte basata su rigide e precise leggi scientifiche.

L'IMMAGINE VETTORIALE

Esiste un altro tipo di immagine digitale, quella **vettoriale**, nella quale l'immagine è descritta mediante un **insieme di primitive geometriche** che descrivono punti, linee, curve e poligoni ai quali possono essere attribuiti colori e sfumature.

I principali vantaggi della grafica vettoriale rispetto alla raster sono:

- ☐ la scalabilità: l'immagine vettoriale non si deteriora se viene scalata o modificata;
- ☐ la possibilità di elaborarne la forma e il colore attraverso punti di controllo;
- ☐ il peso dell'immagine vettoriale non dipende dalla dimensione di stampa

Immagine vettoriale



Immagine raster



L'IMMAGINE VETTORIALE

La grafica vettoriale, essendo definita attraverso equazioni matematiche è indipendente dalla risoluzione mentre la grafica raster se viene ingrandita o visualizzata su un dispositivo dotato di una risoluzione maggiore di quella del monitor perde di definizione.

La grafica vettoriale ha tuttavia diversi svantaggi:

- ❑ **Non può approssimare bene un'immagine fotografica come la grafica bitmap.** Se per figure piatte è indicata non lo è affatto, appunto, per immagini fotorealistiche;
- ❑ Viene perlopiù utilizzata per la realizzazione di figure geometriche, iconografiche quali loghi, illustrazioni, disegni architettonici-topografici;
- ❑ Poiché un'immagine vettoriale è la risultante di formule matematiche, una grafica molto complessa può essere molto corposa e richiedere l'impiego di un numero molto elevato di processi per essere modificata (più è attinente è al reale più richiede calcoli!)

Immagine vettoriale



Immagine raster

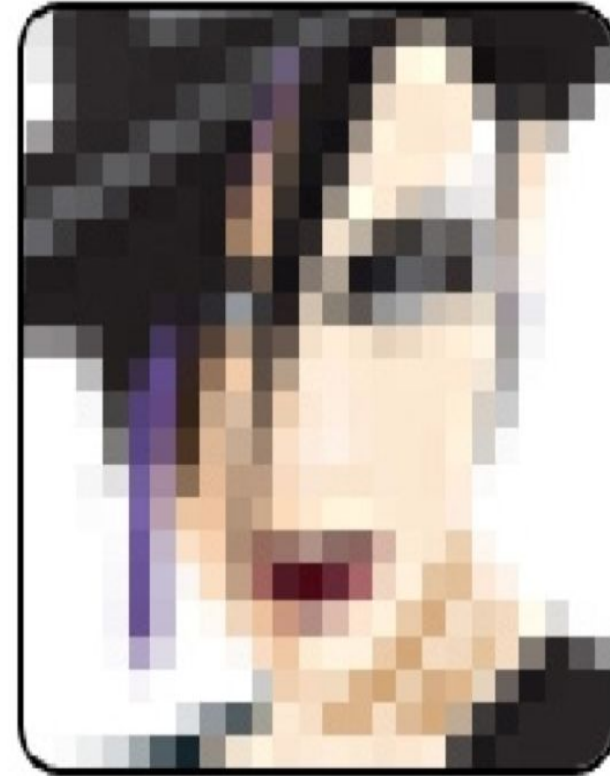
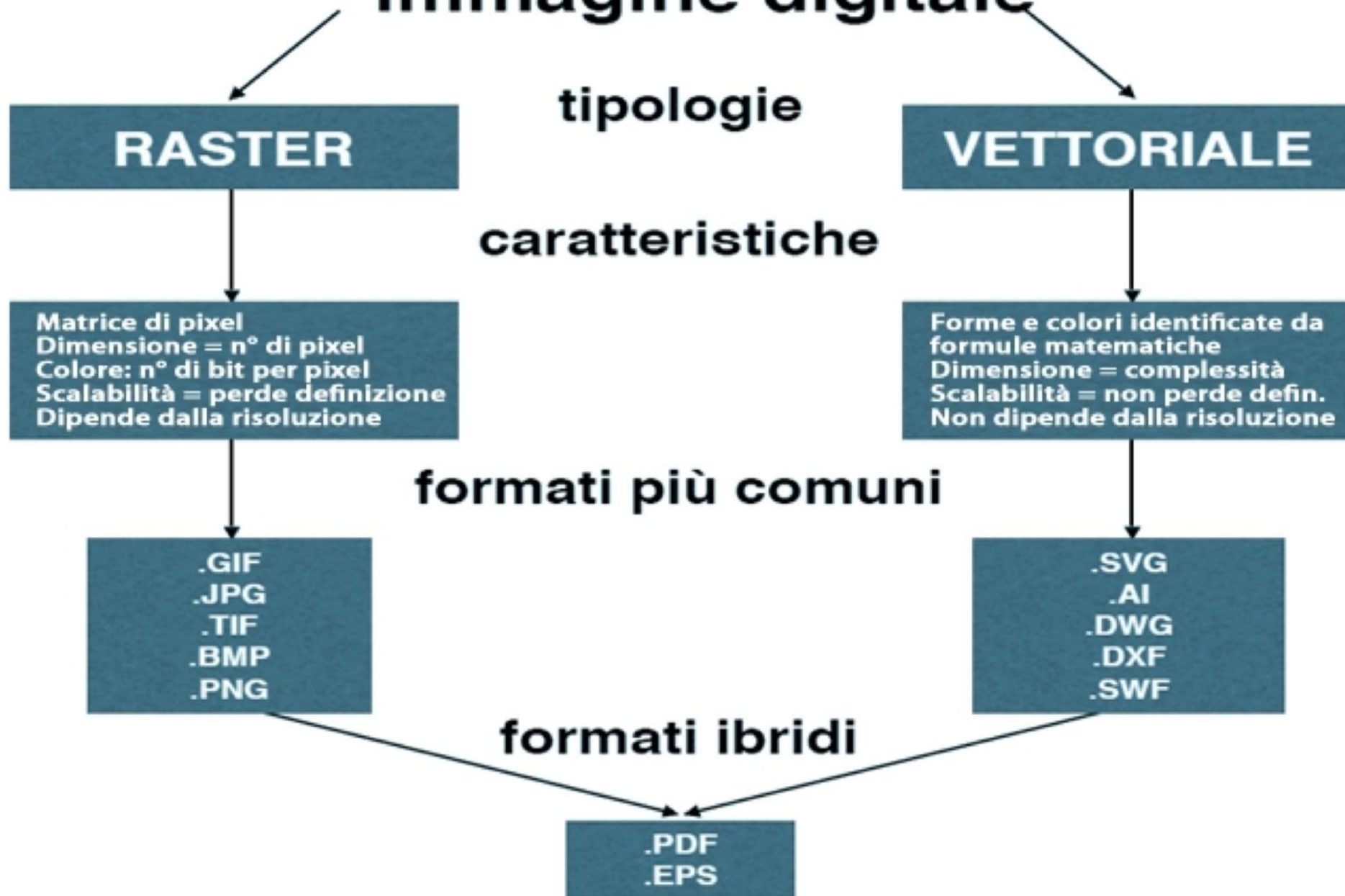


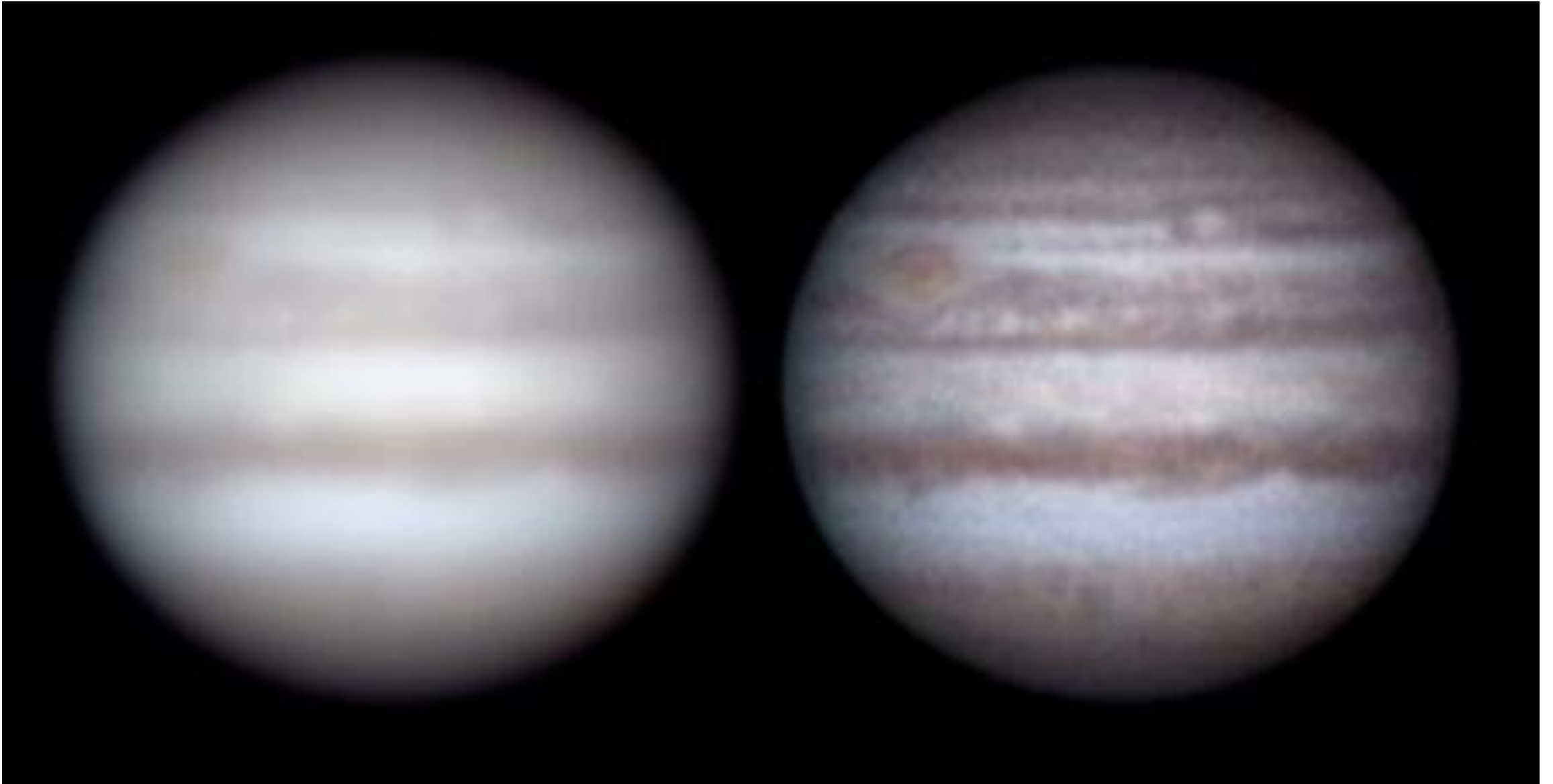
immagine digitale



Immagini digitali dei nove pianeti del nostro sistema solare



GIOVE: FOTOGRAFIA DIGITALE



GIOVE: FOTOGRAFIA DIGITALE

Per rappresentare il pianeta in maniera vicina all'aspetto visuale, va eliminata la componente al di sopra dei 700 nanometri, con l'impiego di un filtro taglia-infrarosso (IR cut). È questo lo standard raccomandato dalla Sezione Pianeti UAI. Se invece si vuole aumentare la visibilità e il contrasto dei dettagli, si può acquisire in prevalenza o solo nella banda IR, con l'impiego rispettivamente di un filtro rosso (come il W25) oppure di un più selettivo filtro che taglia le lunghezze d'onda inferiori a 700 nanometri (IR pass). Se non si filtra il segnale, la miscela di visibile e infrarosso (posto che non accentui problemi di fuocheggiatura o rifrazione differenziale) genera immagini ancora utili per misure posizionali, ma poco significative dal punto di vista scientifico e inutili per la fotometria.

Vale la pena di tentare l'acquisizione nel vicino ultravioletto, con un opportuno filtro che tagli il visibile sopra i 400 nanometri (e l'infrarosso!), e soprattutto nella luce del metano, con un filtro interferenziale a banda stretta centrato a 889 nanometri. In questi casi, la difficoltà principale è data dalla debolezza del segnale, che costringe a tempi di posa più lunghi.

Bisogna tenere conto della veloce rotazione del pianeta (0.6° al minuto) che, in funzione anche della risoluzione concessa dall'apertura e dal seeing, rischia di produrre un mosso. Per non sacrificare qualcosa alla nitidezza, si devono limitare i filmati a 2 minuti, massimo 3 in precarie condizioni osservative. Per lo stesso motivo, chi intende produrre un'immagine a colori a partire da foto nella banda R (rosso), G (verde), B (blu) ed eventualmente L (luminanza), dovrà ridurre in proporzione i tempi di posa di ciascun colore e cambiare velocemente i filtri (con l'uso di una slitta o una ruota portafiltri). Anche in questo caso bisogna inserire il filtro IR cut (la luminanza può essere costituita da una ripresa nell'infrarosso, fatte salve le considerazioni precedenti sulla validità scientifica di mischiare visibile e IR).

GIOVE: FOTOGRAFIA DIGITALE

La tecnica **raw** consiste in un particolare metodo di memorizzazione dei dati descrittivi di un'immagine. Viene usata per non avere perdite di qualità della registrazione su un qualsiasi supporto di memoria, rispetto ai segnali catturati dal sensore e successivamente composti per interpolazione dal processore d'immagine della fotocamera nelle sue tre componenti fondamentali RGB (Red, Green, Blue).

Raw è un termine inglese che assume diversi significati. Qui interessano quelli che rimandano al concetto di "non elaborato", "non raffinato", "grezzo". La denominazione Raw in questo ambito sta ad indicare che l'immagine catturata dal sensore della macchina fotografica viene registrata nella sua forma originaria, numerica, cioè dopo essere stata solo convertita da analogico a digitale, senza ulteriore elaborazione da parte della fotocamera.

Per questo la registrazione in Raw dà la possibilità di catturare le immagini con una regolazione anche non ottimale di alcune impostazioni, come ad es. l'esposizione, in quanto la successiva elaborazione in studio (il cosiddetto *sviluppo in camera chiara*) consente di regolare questi parametri di ripresa mantenendo la qualità ai livelli più alti possibile. L'immagine "raw", ottenuta allineando e sommando i migliori "frame", appare poco dettagliata, ma contiene tutte le informazioni del segnale in grado di essere evidenziate dal trattamento successivo. Per fare fotometria, la raw image va usata senza ulteriori manipolazioni, in quanto è l'ultimo stadio nel quale si conservano rigorosamente i rapporti fotometrici.

Se si procede all'elaborazione successiva, utile ad aumentare il basso contrasto naturale di Giove e a evidenziare l'informazione nascosta nell'immagine raw, occorre avere la massima attenzione a non produrre artefatti, dai più evidenti (aloni chiari attorno a macchie scure, e viceversa) ad altri subdoli, che assumono l'aspetto di dettagli inesistenti ma ingannevolmente simili a quelli reali. Elaborazioni pesanti tendono a "mangiare" il bordo del pianeta (con effetti deleteri per le misurazioni). Per questo motivo è preferibile un'elaborazione leggera, anche a costo che l'aspetto del pianeta non appaia del tutto nitido.

CONVERSIONE ANALOGICO/DIGITALE

Se si adotta la modalità RGB e si campiona a 8 bit il segnale in uscita da ogni photodetector, la profondità colore del file grafico che si andrà a formare sarà di 24 bit, così come se il campionamento è avvenuto a 12 bit, il file grafico avrà una profondità colore di 36 bit.

La profondità colore è un indice della capacità che ha il metodo di registrazione dei file di rappresentare sfumature piccolissime di colore. In un'immagine maggiore è la profondità colore, maggiore sarà il numero dei livelli di intensità distinguibili su ognuno dei tre canali RGB e di conseguenza maggiore il dettaglio cromatico dell'immagine. Con una profondità colore di 36 bit ogni pixel infatti è individuato da un solo valore cromatico su 68.719.476.736 parti in cui viene suddiviso l'intervallo spettrale della luce visibile (dal rosso cupo al violetto) catturato dal sensore.

IL DUPLICE SIGNIFICATO DELLA MIMESIS

Il problema che viene così sollevato e posto al centro dell'attenzione è quello del differente statuto tra le due possibili accezioni e idee di *mimesis* che si riferiscono, rispettivamente, al concetto di rappresentazione e a quello di azione. Questa differenza si manifesta, in via prioritaria, nel fatto che, a differenza della prima, quest'ultima *non sta per qualcos'altro*, come nel caso dei segni, ma è *una presenza*, il risultato della capacità del corpo di esprimere direttamente propri impulsi interiori, sotto forma, per esempio, di danza o di musicalità della poesia, cioè di quella sonorità, anche elementare che il poeta ascolta nella propria voce e trasmette all'ascoltatore e che ha sempre immancabilmente una tonalità fuori dall'ordinario; il poeta vuole trascinarci a un ascolto fuori dal contesto abituale della lingua.

8

**IL DUPLICE
SIGNIFICATO DELLA
MIMESIS E IL
RAPPORTO TRA
EMOZIONI E
COGNIZIONI**

IL DUPLICE SIGNIFICATO DELLA MIMESIS

La mimesi è generalmente intesa come imitazione, rappresentazione, immagine, ritratto, rappresentazione teatrale (Aristofane). Come sottolineava con acume Carlo Emilio Gadda, il prevalere di questa prima accezione ha portato all'egemonia del metodo, concepito come «l'insieme de' canoni con cui il noto viene imitato e riprodotto (...) Questa mimesi o epitome o metodo è quindi soltanto un battere strade già note, dopo l'angusta e laboriosa recognitio che il reale opera, originalmente deformandosi e *invenendo* (*invenire* latino)».

Proprio per questa sua connotazione, questa prima modalità di intendere il termine in questione è alla base della concezione della percezione come assimilazione in qualche modo ricettiva, da parte del nostro apparato sensoriale prima e cognitivo poi, delle forme e strutture della realtà esterna.

IL DUPLICE SIGNIFICATO DELLA MIMESIS

Ma c'è un'accezione alternativa del termine medesimo, che può essere fatta risalire a uno strato più arcaico dell'evoluzione culturale, nel quale la mimesi, invece, si riferiva alla danza e aveva un significato del tutto diverso: significava cioè l'espressione dei sentimenti e la manifestazione delle esperienze attraverso il movimento, il suono e le parole.

Secondo questa interpretazione, la mimesi risale alla tradizione della danza e del rito dionisiaco e avrebbe il significato di *una forma espressiva incarnata nel gesto fisico e nell'azione, nella sonorità delle parole e nel ritmo della frase*, più che nel loro significato, che coinvolge l'intera corporeità, e che può essere considerata in qualche modo l'origine dell'idea, secondo la quale le *relazioni tra percezione e azione* costituiscono un modello privilegiato per lo studio delle funzioni del sistema nervoso. In base a questa idea, quando noi percepiamo il mondo così come lo percepiamo, spesso tendiamo a dimenticare che noi *abbiamo agito in modo da percepirlo come tale*.

IL DUPLICE SIGNIFICATO DELLA MIMESIS

Abbiamo così una contrapposizione tra lo strato concettuale, astratto, simbolico della **rappresentazione**, e lo strato più arcaico dell'**espressione**, che riemerge nella gestualità fisica, nei rituali della danza e della mimica e, più in generale, in tutti i processi nei quali «il livello del controllo della coscienza desta cede il passo a un più profondo livello di *en-actement*. La manifestazione del gesto mimetico non *rappresenta*, ma appunto *esprime* con tutto l'essere corporeo, al di là di ogni controllo intenzionale e di ogni dominio della volontà costruttiva».

In questo caso a prevalere sono pertanto i processi costruttivi del soggetto che si manifestano nei suoi gesti e nelle sue azioni a livello sia della coscienza anoetica (inconscia e pervasa da automatismi e meccanismi balistici), sia della coscienza noetica e autonoetica, caratterizzata invece dalla presenza di un livello, più o meno elevato, di consapevolezza.

Nella fotografia digitale ad acquisire maggiore importanza e rilievo rispetto alla relazione con l'oggetto da riprodurre sono appunto i procedimenti tecnici di costruzione selezionati e scelti dal soggetto.

IL DUPLICE SIGNIFICATO DELLA MIMESIS

Possiamo dunque dire che il primo significato di *mimesis*, quello accreditato dal *Sofista* di Platone, esalta l'importanza dei segnali che il corpo riceve dall'ambiente esterno e che danno luogo a quella che possiamo chiamare una *logica a base riflessa*, fatta per lo più, almeno nella fasi iniziali, di risposte automatiche.

Questa idea di logica a base riflessa emerge, in particolare, dall'approccio di LeDoux alla questione del rapporto tra coscienza e meccanismi inconsci.

Il **leitmotiv** di questi studi è che sentimenti come la paura e l'ansia siano certamente *consci*, ma che il sentimento consapevole di paura vada separato dalle reazioni corporee inconsce suscitate, ad esempio, dalla visione di immagini minacciose, come l'aumento della sudorazione, l'accelerazione del battito cardiaco e la dilatazione delle pupille; ciò mostra che la rilevazione della minaccia e la risposta connessa sono indipendenti dalla consapevolezza conscia: sono *manifestazioni corporee* che non presuppongono l'intervento della mente.

IL DUPLICE SIGNIFICATO DELLA MIMESIS

Sentimenti, come quello di paura, sorgono quando *acquistiamo coscienza* del fatto che il nostro cervello ha *inconsapevolmente* rilevato un pericolo. Tutto inizia quando uno stimolo esterno, elaborato dai sistemi sensoriali del cervello, è classificato, *a livello non consapevole*, come una minaccia. Gli output dei circuiti di rilevamento delle minacce innescano un aumento generale dello stato di eccitamento del cervello e l'espressione di risposte comportamentali e di cambiamenti fisiologici del corpo. I segnali provenienti dalle risposte comportamentali e fisiologiche del corpo sono inviati al cervello, dove diventano parte della risposta non conscia al pericolo. L'attività cerebrale viene quindi monopolizzata dalla minaccia e dagli sforzi per affrontare i danni che essa preannuncia. La minaccia aumenta la vigilanza: l'ambiente viene monitorato per capire perché siamo eccitati in questo modo specifico.

IL DUPLICE SIGNIFICATO DELLA MIMESIS

Ciò che chiamiamo *emozioni* sono dunque *sentimenti consci assemblati cognitivamente*, vale a dire *costrutti psicologici* elaborati a partire da reazioni corporee inconsapevoli e da *meccanismi* e *automatismi* per rilevare e rispondere alle minacce. I sistemi cerebrali che rilevano gli stimoli minacciosi e controllano le risposte comportamentali e fisiologiche indotte da questi stimoli non devono pertanto essere descritti in termini di paura come sentimento conscio.

Per questo al fine di conferire significato ai nostri comportamenti e trasformare in informazione i segnali che riceviamo è **essenziale il rapporto con l'ambiente**: il nostro cervello è orientato alla sopravvivenza e a mantenere un rapporto di equilibrio con il contesto di riferimento e per farlo si vale di reazioni corporee che sono del tutto automatiche e inconsce.



Il ruolo dell'amigdala

Joseph E. LeDoux

1994 **Nell'amigdala** c'è una
memoria emozionale, che
condiziona in modo sensibile il
nostro **comportamento e la**
nostra percezione

Il ruolo dell'amigdala

Joseph E. LeDoux



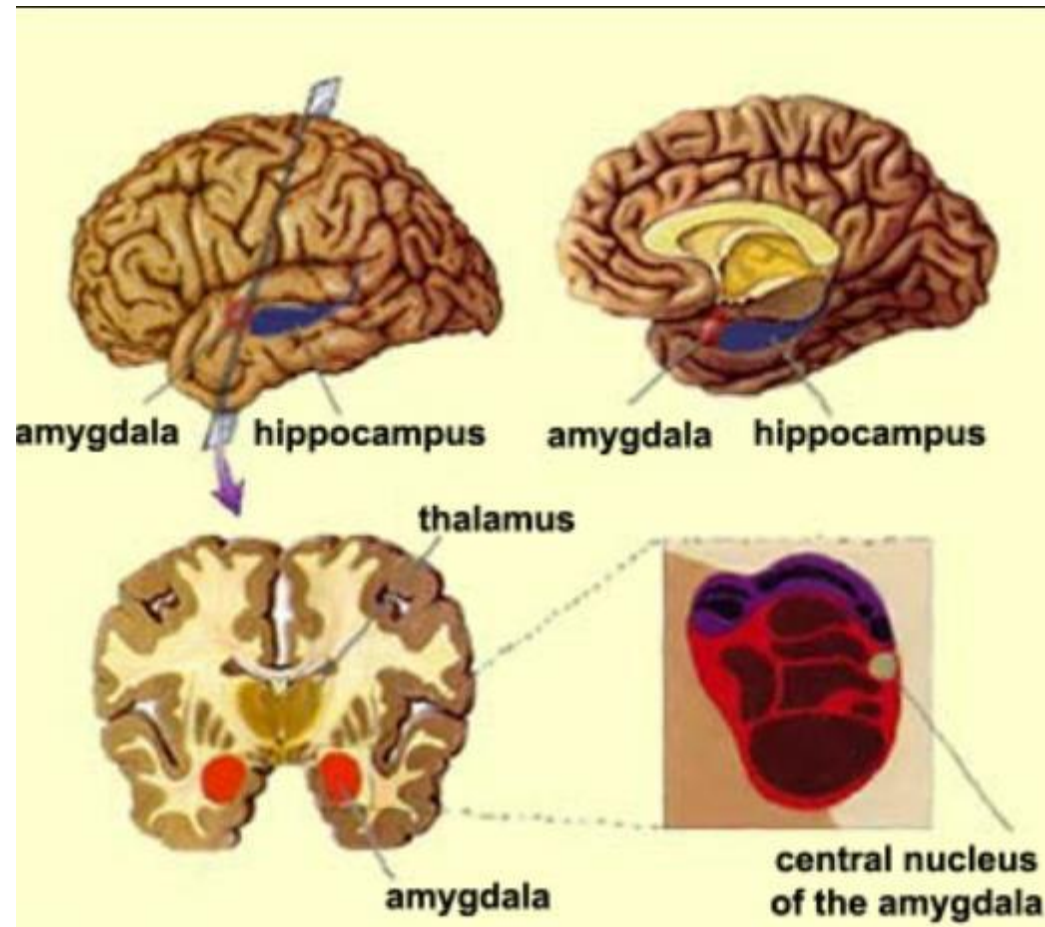
Nel 1994 ha **decodificato i percorsi che trasportano l'informazione dai sensi fino al cervello** e ha osservato come **nell'amigdala** si crei una **memoria emozionale**, *ovvero una memoria basata sull'emozione*, che **condiziona** in modo sensibile il nostro **comportamento e la nostra percezione** delle cose, la quale si collocherebbe nell'amigdala, contrapposta a una memoria dichiarativa mediata dall'ippocampo e da aree della corteccia cerebrale.

LEDOUX: IL RUOLO DELL'AMIGDALA

Ledoux ha scoperto che l'amigdala nel cervello del topo è coinvolta soprattutto quando l'animale prova emozioni come la paura. L'amigdala del topo media le risposte della paura: di fronte a un pericolo, come la visione di un serpente, può cercare di allontanarsi il più velocemente possibile o può optare per la reazione di «freezing», cioè congelandosi, immobilizzandosi completamente.

LEDOUX: IL RUOLO DELL'AMIGDALA

L'amigdala è presente anche nel cervello umano. Anzi ce ne sono due, una nell'emisfero destro e una in quello sinistro, come mostra l'immagine qui sotto.

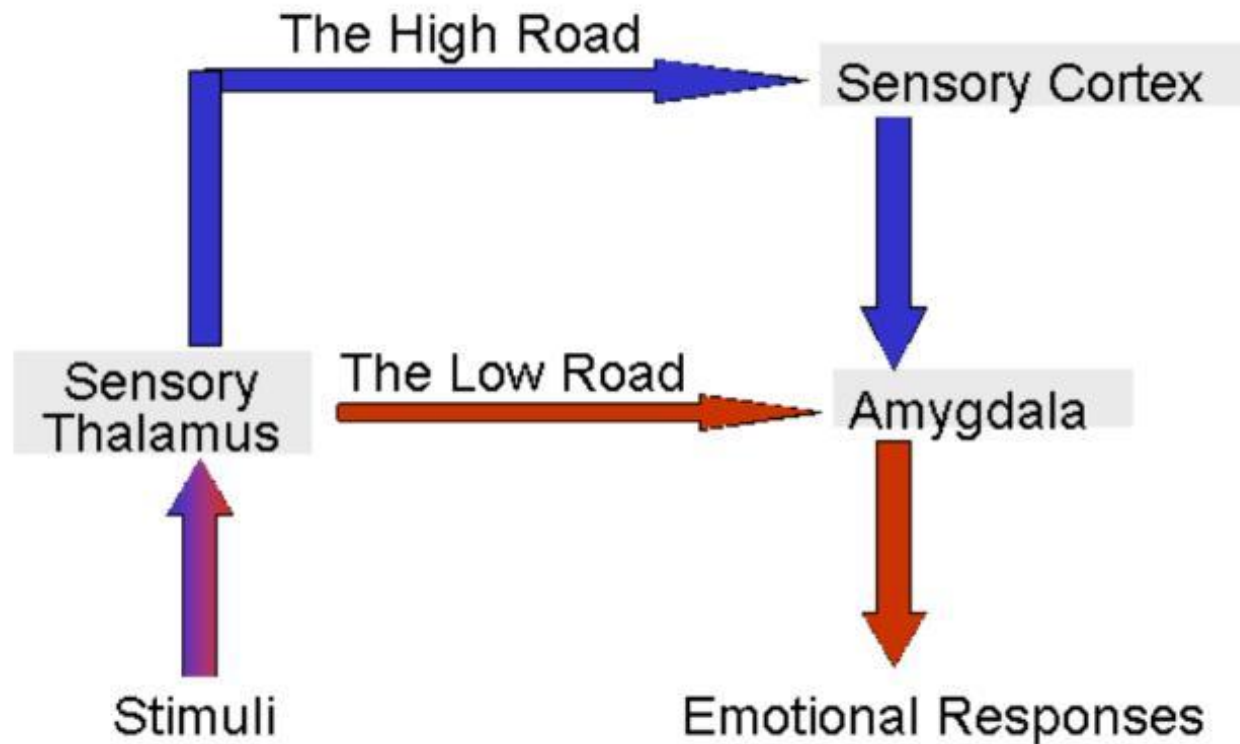


LEDOUX: IL RUOLO DELL'AMIGDALA

Quando un essere umano prova una forte emozione, come per esempio una paura intensa, l'amigdala nell'emisfero destro si attiva di più di quella nell'emisfero sinistro, secondo un fenomeno chiamato «**lateralizzazione emisferica**» delle emozioni.

LEDOUX: IL RUOLO DELL'AMIGDALA

Il 5 novembre del 1996 LeDoux ha rilasciato un'intervista al New York Times in cui ha teorizzato la presenza di quella che ha chiamato la «doppia via» di elaborazione delle informazioni da parte del cervello

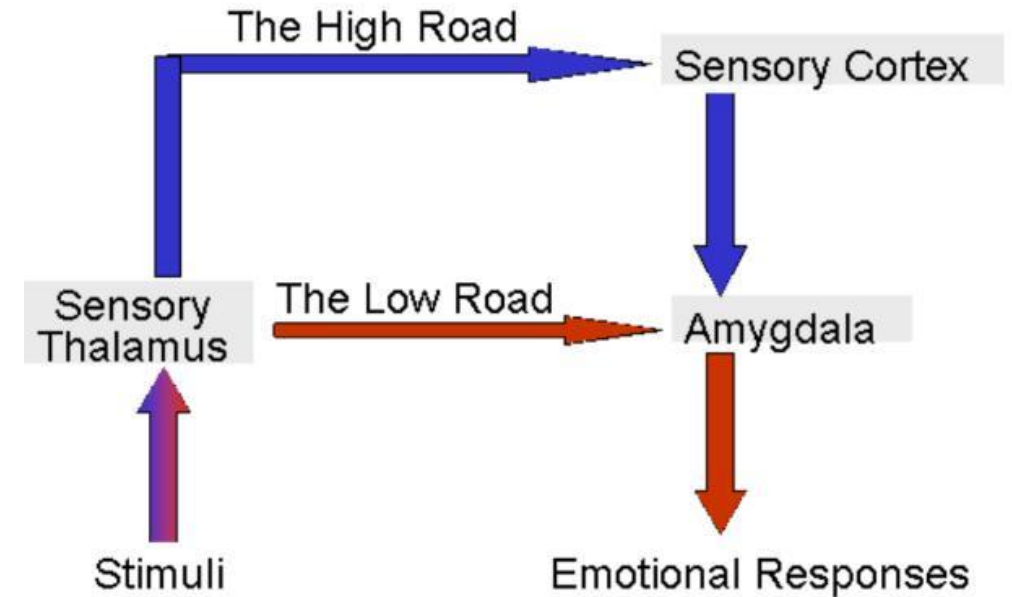


LeDoux: Tracing Emotional Pathways (NY Times Nov. 5, 1996)

LEDOUX: IL RUOLO DELL'AMIGDALA

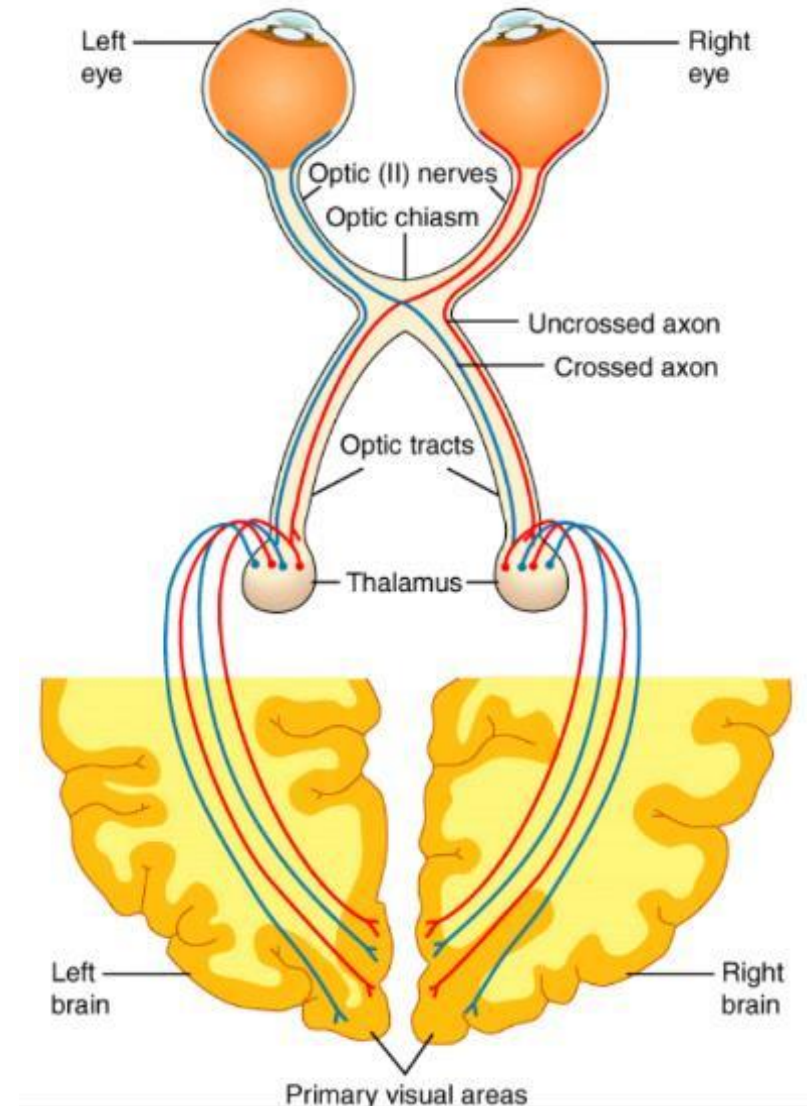
La **via bassa**, quella in rosso, parte dagli stimoli esterni recepiti dagli organi di senso (occhi, orecchie ecc.): le sensazioni e percezioni ricevute sono tradotte in impulsi elettrici e l'informazione viene poi convogliata ai **talami**, due nuclei cerebrali al centro del cervello, dai quali ripartono per raggiungere le **amigdale** per una loro successiva elaborazione. Da qui, nuovi impulsi elettrici impartiscono gli «ordini» agli **organi effettori** (polmoni, cuori, muscoli ecc.) per la pronta reazione dell'organismo finalizzata a esprimere l'emozione.

Il secondo percorso, quello evidenziato in blu, definito **via alta**, parte anch'esso dagli stimoli esterni recepiti dagli organi di senso e tradotti in impulsi elettrici convogliati ai **talami**. Questa volta, però, da qui sono inviati alla **corteccia**, anziché alle amigdale: solo successivamente nuovi impulsi elettrici vengono inviate alle **amigdale** che, come prima, elaborano e fanno ripartire nuovi impulsi verso gli **organi effettori**.



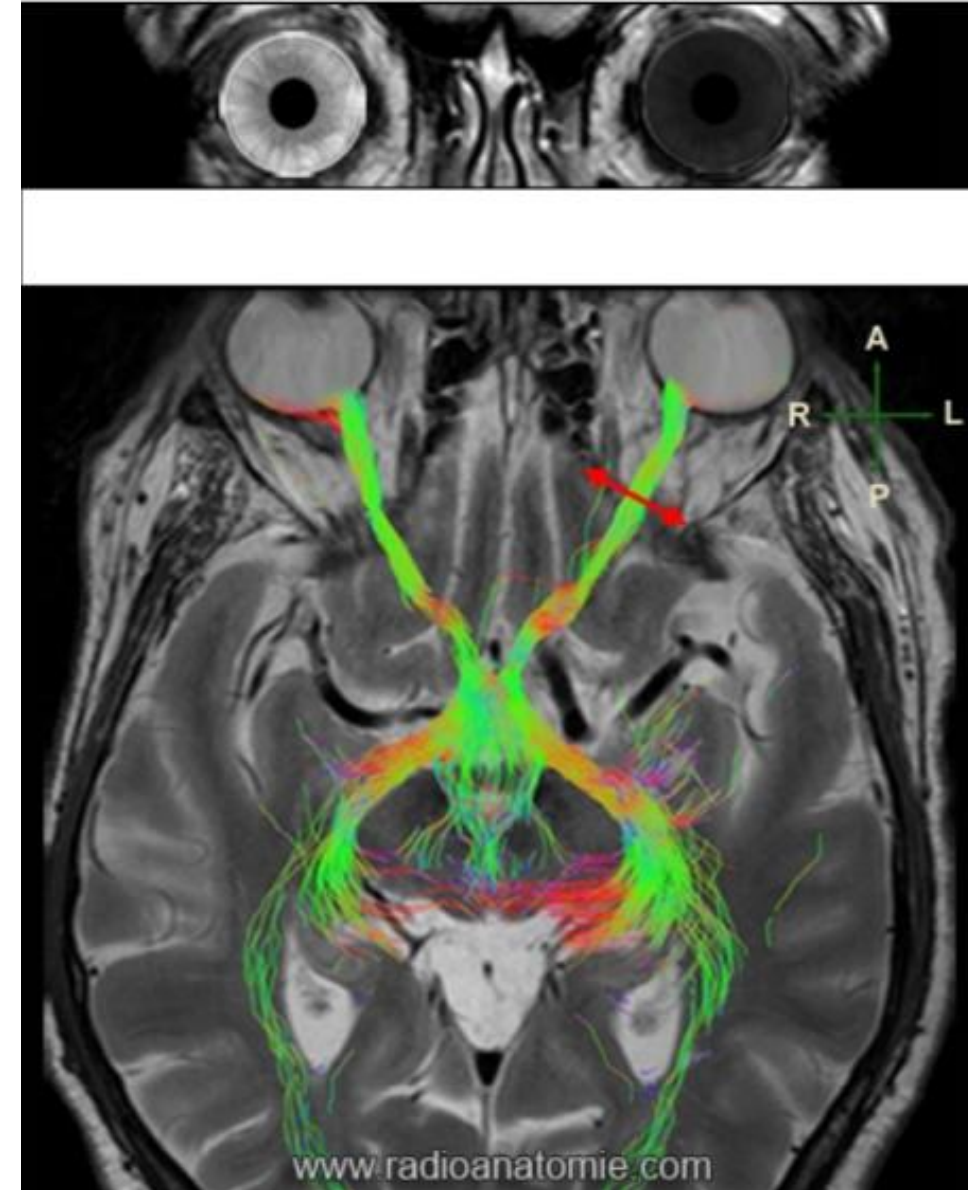
LEDOUX: IL RUOLO DELL'AMIGDALA

Nella percezione visiva i **fotoni** colpiscono la retina, la sottile membrana che riveste la superficie interna dell'occhio, che recepisce le informazioni provenienti dal mondo esterno sotto forma di luce e le **converte in impulsi elettrici** attraverso i **coni e bastoncelli**, cellule speciali che sono convogliate nei nervi ottici. Attraverso questi ultimi le informazioni degli occhi raggiungono i **talami** per poi passare alla **corteccia occipitale**, nella parte posteriore del cranio, adibita a decodificare la visione.



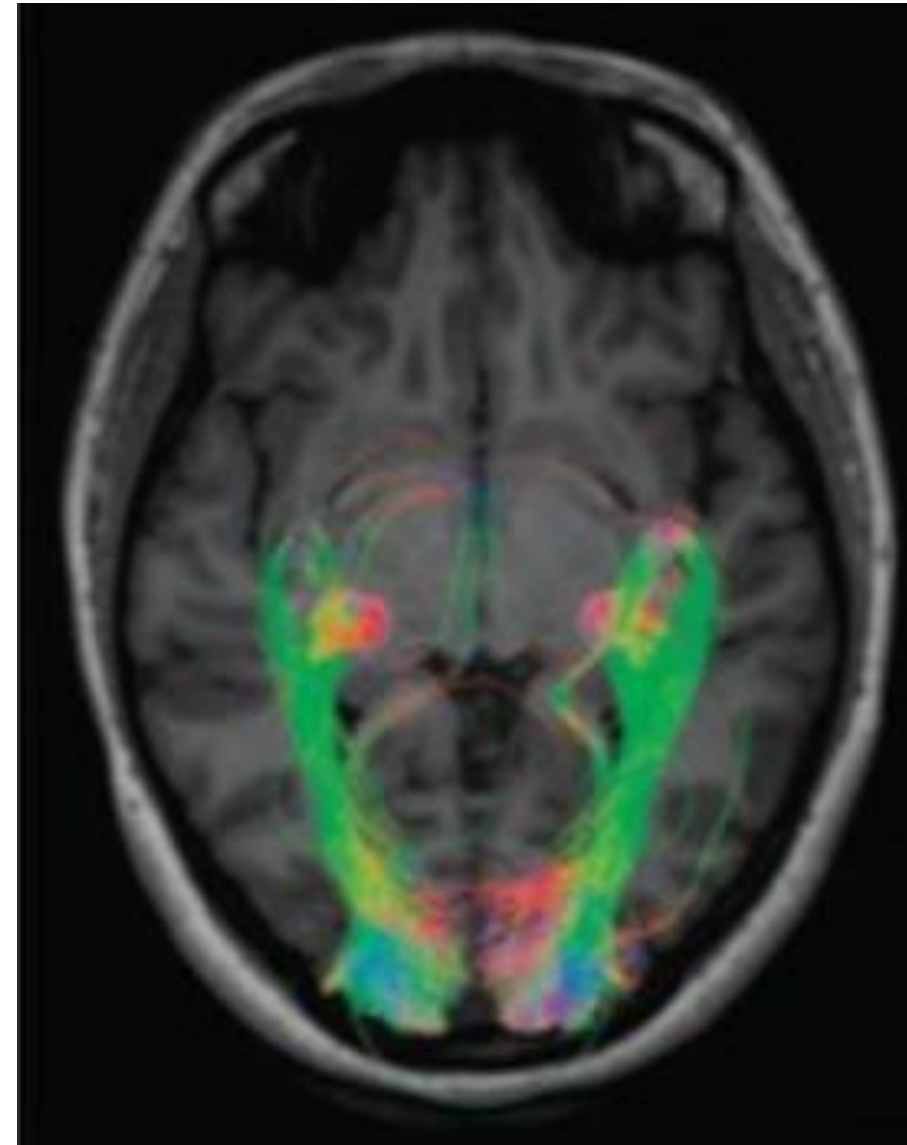
LEDOUX: IL RUOLO DELL'AMIGDALA

L'immagine qui a lato «cala in vivo», all'interno di un cervello ritratto mentre un essere umano è esposto a stimoli visivi, la trasmissione dagli occhi ai talami, attraverso i nervi cranici, evidenziati in verde, che si incrociano nel chiasma ottico prima di raggiungere i talami.



LEDOUX: IL RUOLO DELL'AMIGDALA

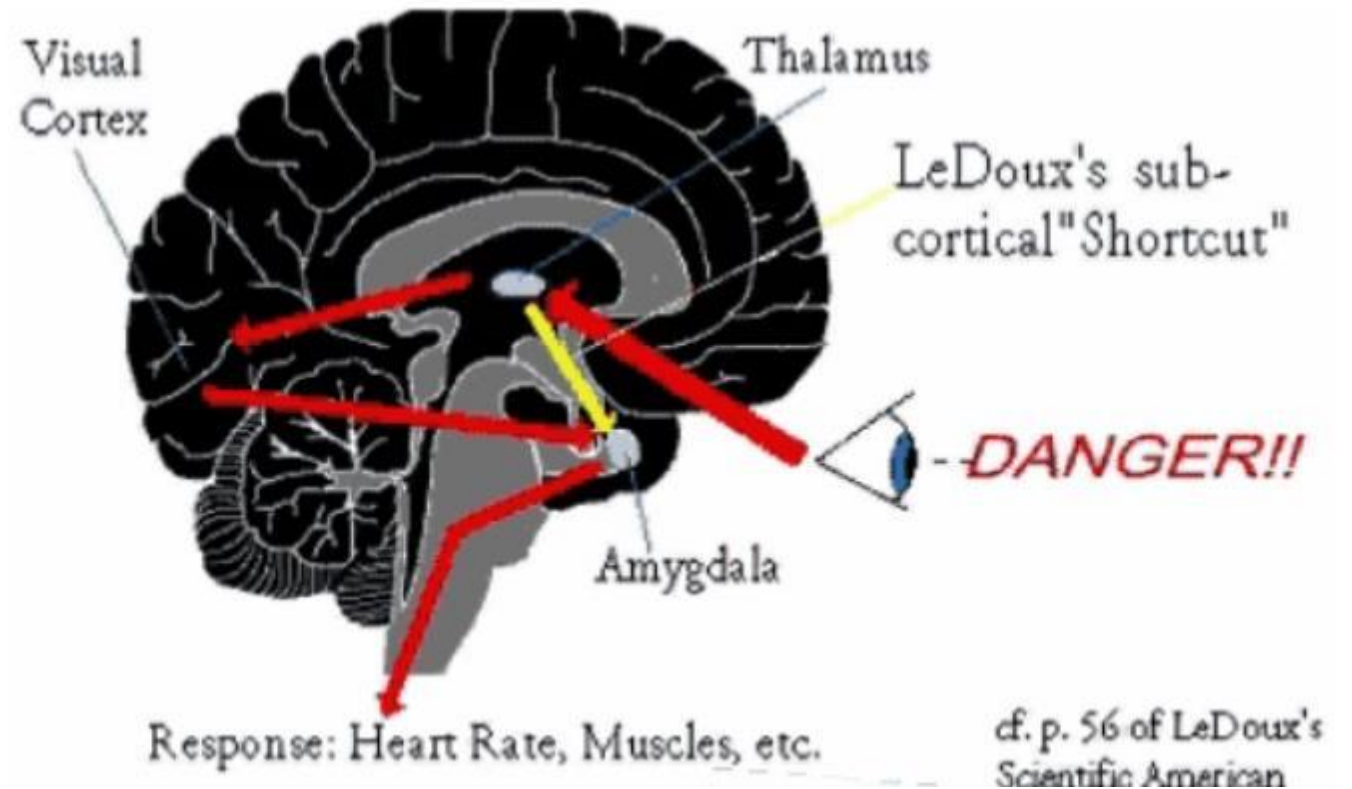
L'immagine qui a lato illustra invece come gli input visivi siano trasferiti dal talamo alla corteccia visiva (la seconda parte della «via alta» attraverso le connessioni neurali).



LEDOUX: IL RUOLO DELL'AMIGDALA

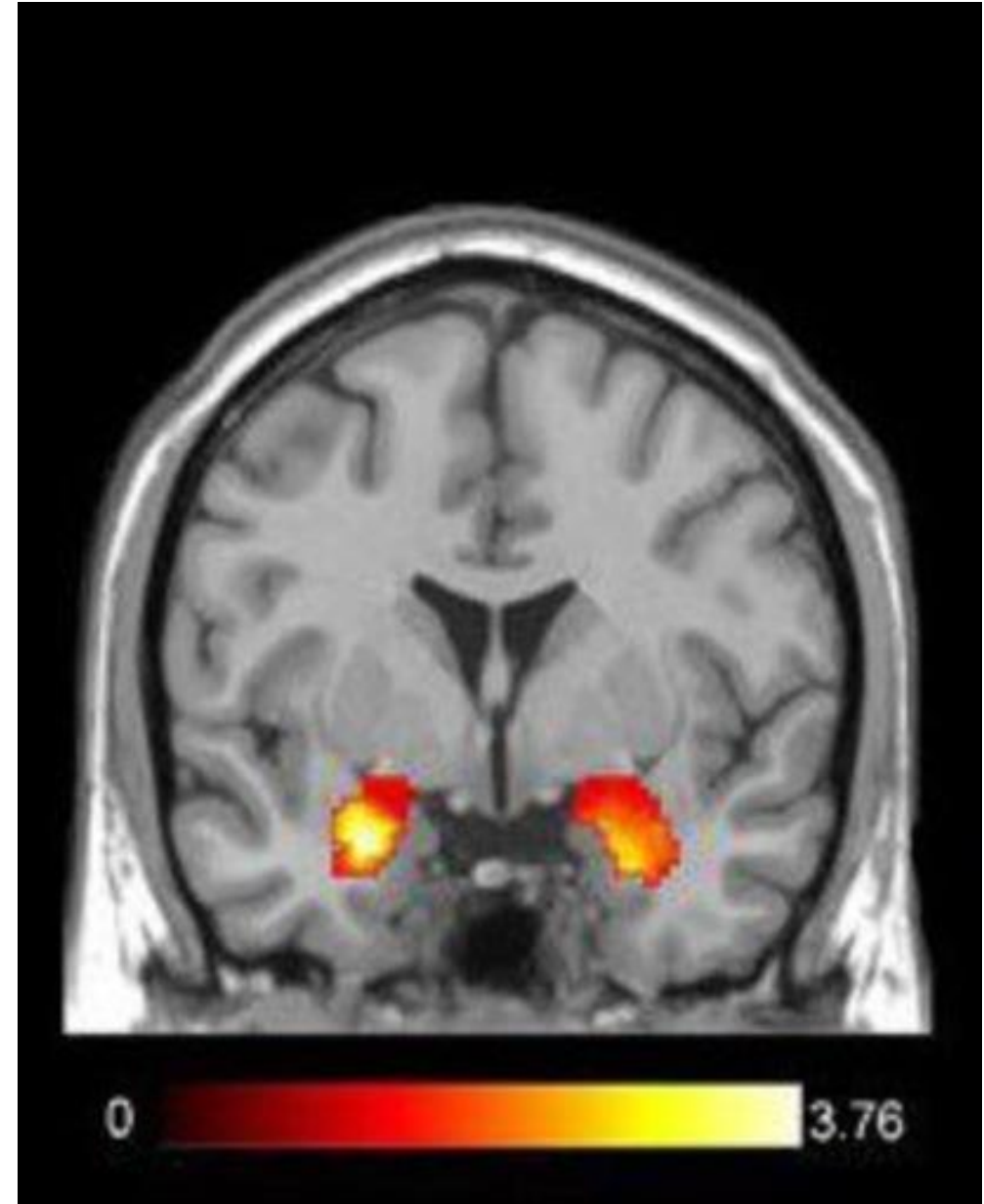
Questa immagine rappresenta il medesimo fenomeno riguardante la visione rappresentando sempre il cervello umano, ma visto di lato (sezione sagittale del cervello).

Qui si può notare che la vista, rilevato un pericolo, trasmette ai talami l'informazione, che può prendere le due strade indicate, la via bassa, **inviata direttamente all'amigdala tramite la scorciatoia evidenziata in giallo**, o quella alta, dal talamo alla corteccia visiva, rimanendo quindi nelle parti alte del cervello.

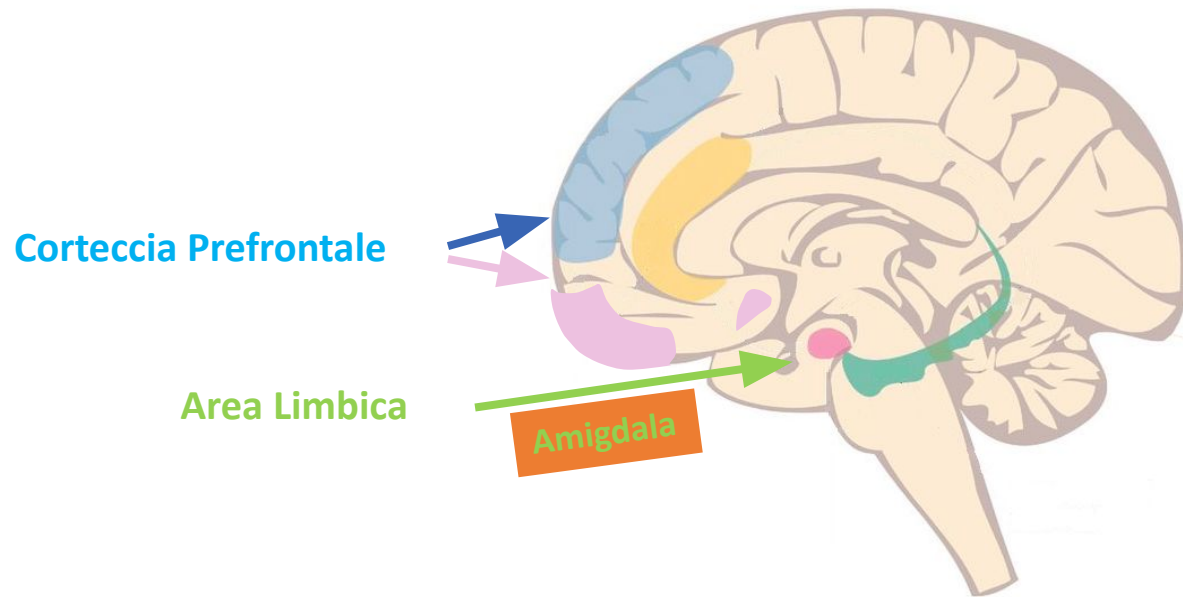


LEDOUX: IL RUOLO DELL'AMIGDALA

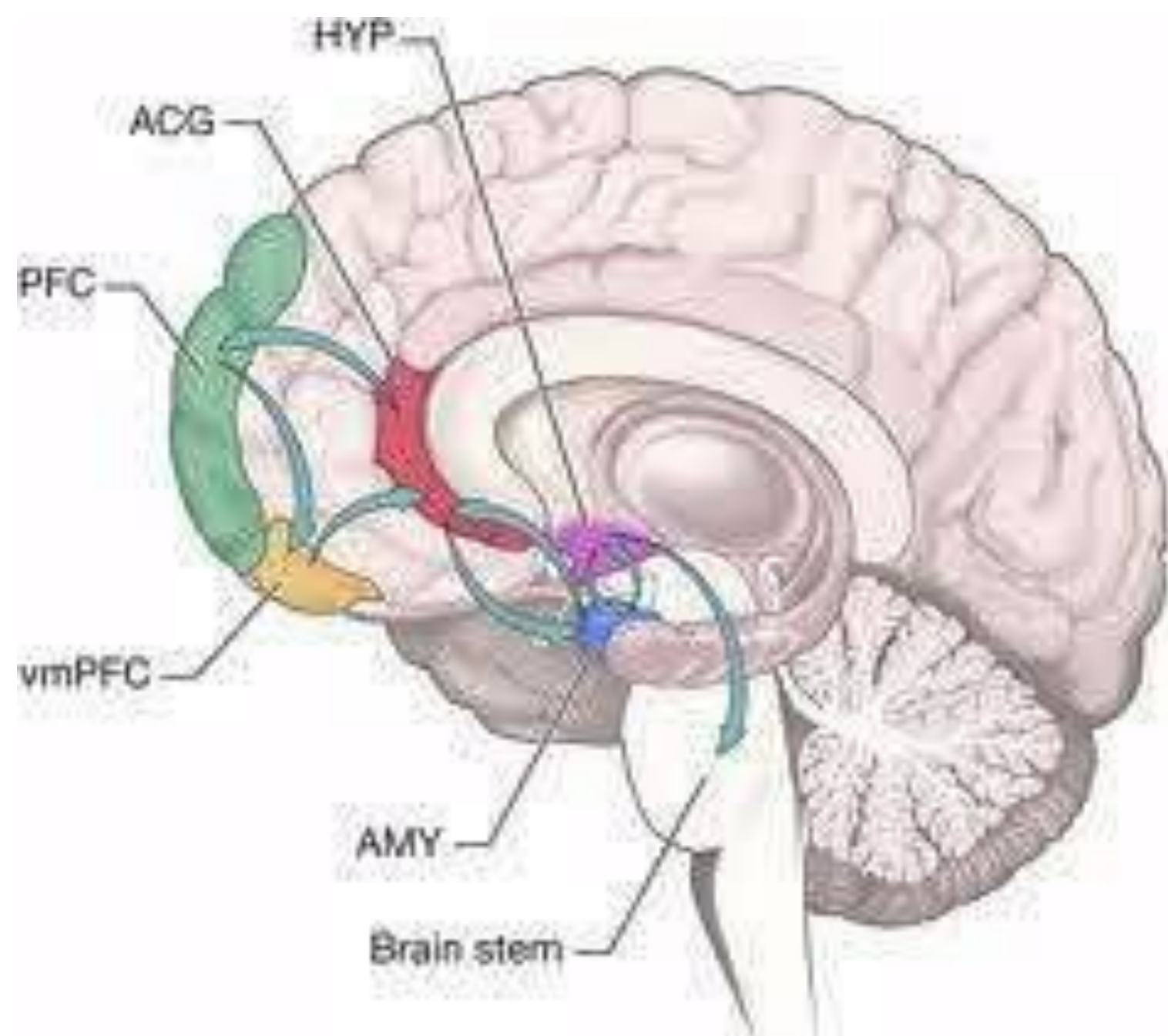
Immagine, ripresa tramite fMRI, del cervello visto dal davanti (sezione coronale) di una persona mentre prova paura. Come si nota, le due amigdale che si attivano in questa situazione sono localizzabili nella parte bassa del cervello.



La corteccia prefrontale e la regione limbica sono due tra le più importanti aree cerebrali coinvolte nel controllo della performance cognitiva ed emozionale sia in condizioni fisiologiche che nella risposta alle crisi d'ansia e alle condizioni di stress intenso.

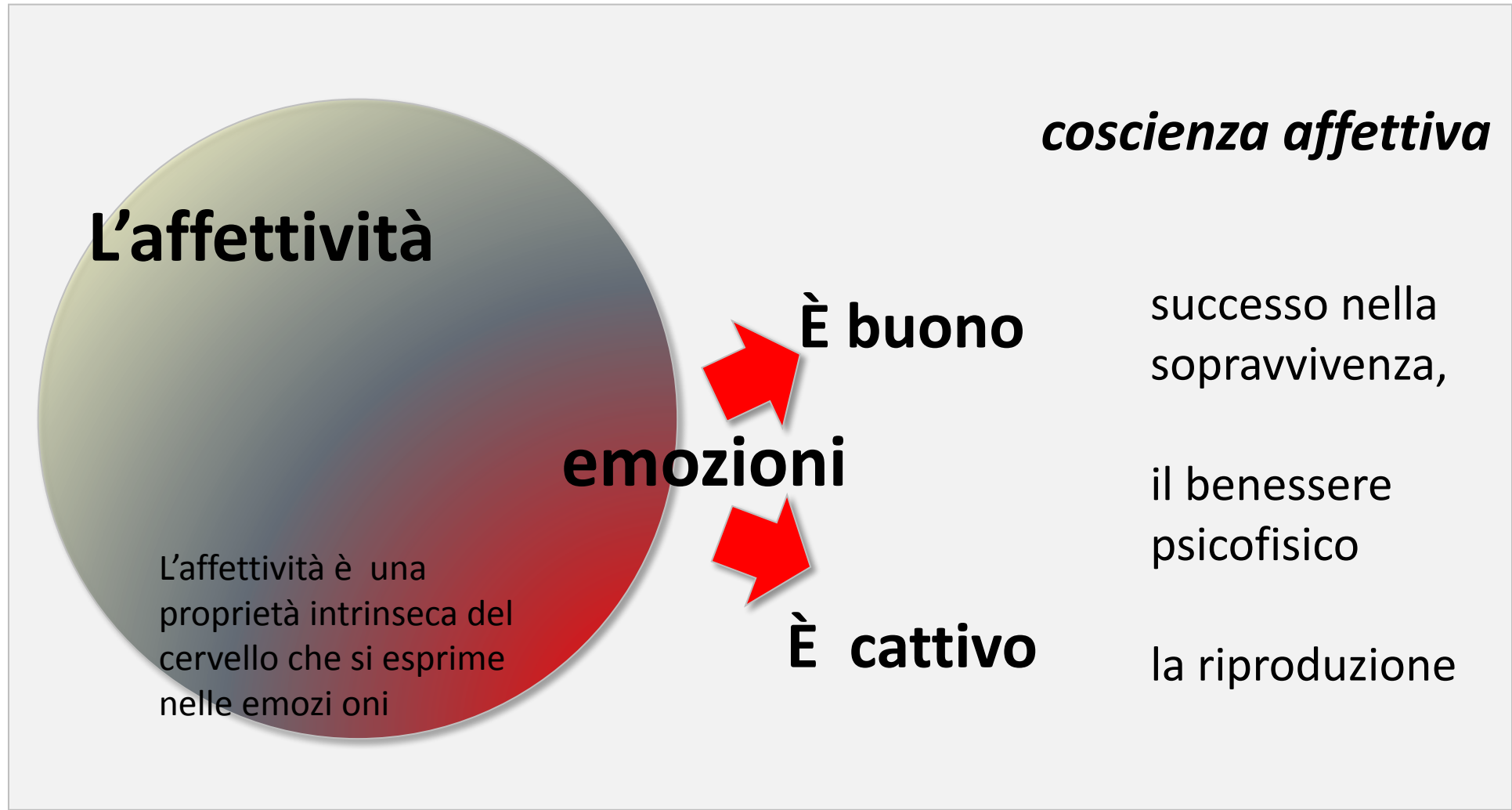


In particolare, la corteccia prefrontale - modulando in modo inibitorio l'intensità delle emozioni - impedisce un'eccessiva attivazione dei nuclei della regione limbica (in particolare dell'amigdala) in seguito a stimoli stressanti.



IL DUPLICE SIGNIFICATO DELLA MIMESIS

Il secondo significato della *mimesis* corrisponde invece a quello che possiamo considerare un processo di proiezione all'esterno dei moti e delle reazioni intrinseche del nostro corpo, che non sono una risposta a segnali provenienti dal di fuori, da ciò che ci circonda, ma costituiscono invece l'espressione delle specifiche modalità di organizzazione interna e di funzionamento autonomo di quel sistema complesso che è il nostro corpo, aperto certamente e in costante interazione con l'ambiente esterno, ma anche in grado di esprimere e mantenere una propria specifica forma di equilibrio dell'ambiente interno.



Solms e Panksepp

CONNESSIONE TRA COGNIZIONI ED EMOZIONI

I lobi frontali, posti nella parte anteriore dell'emisfero cerebrale, sono connessi con le strutture subcorticali (talamo, amigdala, gangli della base) e il cervelletto, mediano il controllo dell'attività motoria, le funzioni cognitive e le emozioni. La parte più anteriore della corteccia frontale detta "corteccia prefrontale" deputata al controllo delle "funzioni esecutive", è strettamente connessa:

- a) con i nuclei della regione limbica, attraverso i quali controlla i processi affettivi ed emozionali;
- b) con i gangli della base e il talamo per il controllo di alcune attività motorie, la motivazione e la personalità dell'individuo. Inoltre le connessioni con l'ippocampo facilitano l'apprendimento, la pianificazione e la stessa capacità decisionale "decision making", cioè la proprietà di regolare la propria risposta comportamentale ed emotiva in funzione degli scopi, della situazione sociale, degli eventi e della loro importanza.

All'interno della corteccia prefrontale le funzioni esecutive sono a loro volta suddivise fra diverse sottoaree: la corteccia dorsolaterale e orbitofrontale.

CONNESSIONE TRA COGNIZIONI ED EMOZIONI

La porzione dorsolaterale è principalmente coinvolta nel controllo dei processi esecutivi, della funzione cognitiva, del comportamento strategico e pianificazione e nella memoria di lavoro (working memory) cioè la memoria a breve termine che, attraverso l'integrazione con la memoria a lungo termine, permette di adattare il comportamento all'azione presente. La corteccia orbitofrontale è l'area dell'integrazione fra emozione e decisione, cioè la sede in cui vi è un rapporto sinergico fra i processi cognitivi e gli stati emozionali che tenderebbero a guidare le scelte da compiere. Attraverso le connessioni con i centri emotivi, la corteccia orbitofrontale controlla le reazioni emotive coordinandole con gli input che provengono dai contatti sociali, rendendo la risposta comportamentale adeguata al contesto. La capacità di controllare, valutare le informazioni sociali ed emotive, e successivamente prendere la giusta decisione è riassunta nel concetto della "decision making". Inoltre, la corteccia orbitofrontale è coinvolta nei processi di "problem solving" (risoluzione dei problemi).

CONNESSIONE TRA COGNIZIONI ED EMOZIONI

Sia la “decision making” che il “problem solving”, sono due fenomeni cruciali per permettere al soggetto di vivere in armonia con il contesto in cui si trova. La corteccia somatosensoriale e l'insula hanno entrambe un ruolo importante nel processare stimoli emotivi. In particolare, l'insula è importante per diverse funzioni legate agli stati emozionali e alla regolazione dell'omeostasi corporea: la percezione, il controllo motorio, l'auto-consapevolezza, le funzioni cognitive, l'esperienza interpersonale e lo stato d'animo altrui. La corteccia anteriore del cingolo (ACC) è considerata la parte superiore del sistema limbico ed è importante nelle risposte emozionali, nelle funzioni esecutive e nell'attenzione. Assieme all'area prefrontale partecipa ai processi di selezione, della “decision making” e del controllo volontario del comportamento. Può essere considerata come la sede dove vengono elaborati i pericoli e i problemi imprevisti diventando particolarmente reattiva quando questi si presentano. Come la corteccia prefrontale, anche ACC ha un ruolo importante nel comportamento emotivo e sociale.

TRAIT D'UNION PSICHE-SOMA

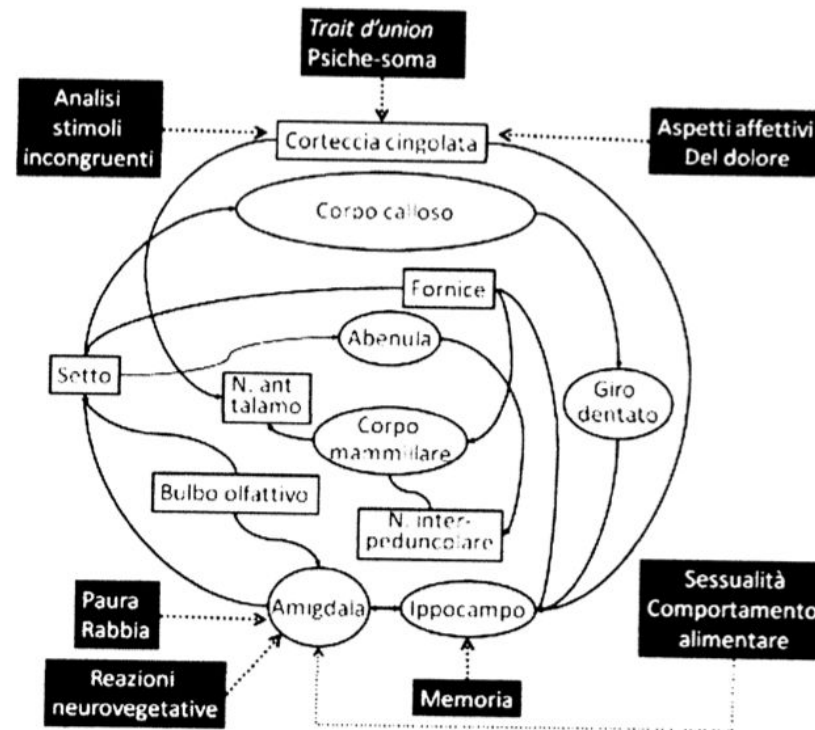


Figura 9.1 Principali strutture e connessioni del sistema limbico (gli ovali appartengono al circuito di Papez) e loro implicazioni in alcune funzioni della sfera emotiva.

TRAIT D'UNION PSICHE-SOMA

Il termine sistema limbico è stato coniato negli anni Cinquanta da Maclean, per indicare un complesso sistema funzionale definibile come cervello viscerale, anatomicamente situato in una posizione strategica tra le aree deputate alle funzioni somatiche e quelle vegetative; tale sistema si inquadrava dal punto di vista filogenetico nella teoria del cervello uno e trino, ovvero della coesistenza di tre livelli evolutivi sovrapposti:

- il **cervello rettiliano** (integrato nel tronco cerebrale e responsabile delle risposte istintuali);
- il **cervello paleomammifero** (sistema limbico);
- il **cervello neomammifero** (comprendente la corteccia cerebrale).

Il concetto di sistema limbico ha avuto una notevole fortuna; tuttavia ancora oggi è enfatizzata la sua ormai datata caratterizzazione di sistema prevalentemente sottocorticale e relativamente autonomo, trascurando le sue connessioni con la neocorteccia, senza le quali non potremmo essere come siamo, ossia reagire come reagiamo, ma essere anche in grado di modulare intenzionalmente le nostre reazioni.

TRAIT D'UNION PSICHE-SOMA

LeDoux ha contestato seriamente l'idea che il sistema limbico sia l'unico sistema cerebrale in cui siano generate le emozioni. Diverse regioni limbiche non sono infatti direttamente implicate nei processi emotivi mentre diverse aree corticali lo sono, con alcune conseguenze significative:

- a. se il sistema limbico partecipa ai processi emotivi, questo non costituisce né l'unico né il principale sistema deputato alla loro elaborazione;
- b. alcune aree limbiche, come l'ippocampo per la memoria, sono collegate ai processi cognitivi;
- c. non è corretto isolare il sistema limbico sottocorticale dall'attività della coscienza, come se fosse un modulo indipendente;
- d. nella comprensione degli aspetti neuropsicologici della vita affettiva è indispensabile tenere conto delle capacità introspettive e dei relativi circuiti;
- e. gli studi sulle emozioni si sono interessati prevalentemente della paura e della reazione di lotta o di fuga di Cannon, ma il mondo affettivo è infinitamente più ampio e presenta facoltà molto diverse e di ordine superiore

TRAIT D'UNION PSICHE-SOMA

Il sistema limbico è da considerare come la struttura cardine dell'integrazione fra esperienza, emozione, stress, dolore, reazioni neurovegetative e somatiche: di fatto è quindi il trait d'union tra psiche e soma, un'interazione in cui la corteccia cingolata gioca un ruolo di primo piano.

Mente e corpo costituiscono un'unità inscindibile, che non è più possibile separare cartesianamente in modo dualistico. Gli studi di neuropsicologia della meditazione e dell'ipnosi non solo confermano la stretta relazione e la fondamentale inscindibilità di psiche e soma, ma dimostrano come sia possibile gestire consapevolmente il corpo, le emozioni, le reazioni neurovegetative e l'attività di aree cerebrali inconsce con un'attività mentale fisiologica, evoluta e intenzionale, con tutte le relative implicazioni.

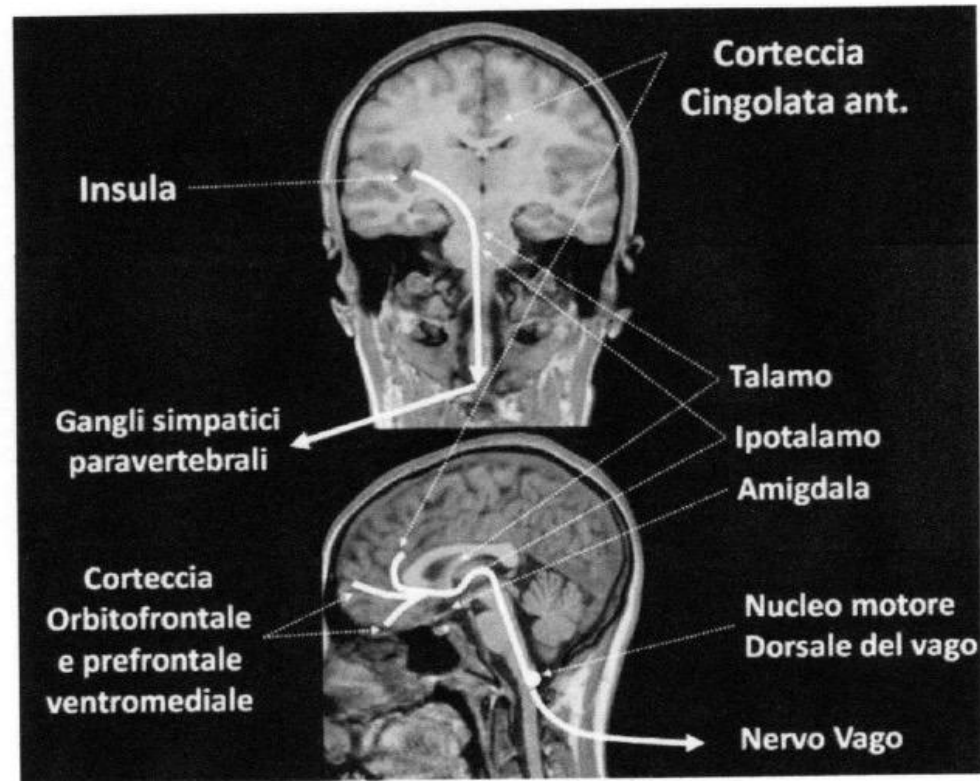
Nella teoria delle emozioni si comincia finalmente a tenere conto del ruolo della coscienza e dell'introspezione, quindi, sul piano neuropsicologico, del ruolo dei sistemi implicati nella cognizione, e in particolare della corteccia prefrontale laterale e mediale, della corteccia parietale e dell'insula.

TRAIT D'UNION PSICHE-SOMA

LeDoux ha avuto il merito di sottolineare la natura composita delle emozioni, evidenziando come a una manifestazione di primo ordine (gli stimoli e le prime codificazioni inconsce e sottocorticali delle emozioni) sia associata quella di secondo ordine introspettiva in cui si diventa coscienti dell'emozione medesima e dello stimolo che l'ha prodotta: l'ulteriore elaborazione comprende sia la memoria sia l'attività mentale in grado di modulare le risposte e gestire al meglio il comportamento, che nell'uomo non è stereotipato.

Nonostante il sistema limbico e quello neurovegetativo vengano generalmente descritti come se fossero indipendenti dalla cognizione e focalizzando l'attenzione sui soli meccanismi riflessi delle risposte neurovegetative, da oltre venti anni è conosciuto il ruolo della corteccia cingolata anteriore (ACC), della corteccia dell'insula, della corteccia orbitofrontale (OFC) e di quella prefrontale ventromediale (vmPFC) come sedi corticali di integrazione con il sistema simpatico e parasimpatico: queste costituiscono la base anatomica e funzionale dell'inscindibile unità di mente-corpo.

TRAIT D'UNION PSICHE-SOMA



■ **Figura 9.2** Principali connessioni tra corteccia cerebrale, vie del sistema simpatico (in alto) e del sistema parasimpatico (in basso), in grado di garantire la connessione tra psiche e soma.

TRAIT D'UNION PSICHE-SOMA

Una recente ricerca su un campione di 6483 adolescenti americani ha rivelato una significativa comorbidità tra ansia, disturbi affettivi o comportamentali e disturbi mentali in genere da una parte, e artrite, malattie dell'apparato digestivo, malattie dermatologiche, epilessia malattie cardiache o altri disturbi somatici dall'altra; una correlazione significativa è stata inoltre osservata anche tra disturbi alimentari ed epilessia. Un elemento importante dello studio è che i disturbi psicologici potevano sia precedere sia seguire quelli fisici, dimostrando una stretta interrelazione tra mente e corpo nella fisiopatologia di diverse malattie, in cui ognuno dei due poli, fisico e psicologico, si comporta come fattore di rischio per l'altro.

IL DUPLICE SIGNIFICATO DELLA MIMESIS

I due significati rilevati della *mimesis* e i relativi processi di cui sono espressione vanno certamente distinti, in quanto, come si è visto, procedono in direzioni opposte, ma non possono essere tenuti separati e considerati privi di relazione reciproca.

Vanno pertanto individuate le modalità della loro interazione: e il progetto può essere considerato l'anello di congiunzione ideale tra questi due processi, in quanto ciò che conta in esso non è soltanto il prodotto al quale perviene, ma anche il **prodursi dell'artefice. Progettare è progettarsi**: per diventare provetti progettisti bisogna lavorare non solo sull'ambiente esterno, ma anche e prima di tutto sul proprio universo interiore, che deve essere portato a un livello tale da metterlo in grado di saper affrontare la sfida che lo attende.

Senza disporre di un'adeguata cassetta degli attrezzi, fatta degli strumenti per pensare di cui disponiamo, nessuna attività di progettazione può riuscire.

IL NODO CRUCIALE: IL NESSO TRA PENSIERO E AZIONE

Quello che il riferimento al digitale fa emergere e mette in evidenza ii fini della comprensione della nostra esperienza interiore è, come si è visto, l'esigenza di tenere adeguatamente conto del nesso particolare che sussiste tra metalinguaggio e linguaggio oggetto (tra epicentro ed ipocentro, per riferirsi alla metafora geologica) e tra pensiero e azione, come dall'etimo stesso di episteme, che per i greci è l'estensione semantica di logos: raccogliere, scegliere, contare, enumerare, narrare, conoscere, per cui l'unione di episteme e logos dal loro punto di vista avrebbe creato una specie di crasi. Per noi, per le ragioni che si sono viste, è significativo parlare di conoscenza della conoscenza (epistemologia, appunto), per loro sarebbe sembrato semplicemente inutile.

I greci in età classica chiamavano episteme il sapere certo che si contrapponeva a quello dell'opinione dei singoli, la doxa, mentre noi chiamiamo epistemologia lo studio critico della natura e dei limiti della conoscenza scientifica. Per capire cosa **accade nel digitale occorre immaginare una sorta di convergenza sempre in atto tra pensiero e mondo, tra ideazione e costruzione, tra teoria e prassi, non certo uniti e indubbiamente distinti, ma in costante relazione.**

IL NODO CRUCIALE: IL NESSO TRA PENSIERO E AZIONE

BONCINELLI: «La percezione è sempre finalizzata all'azione, ma l'azione non ci può essere senza una motivazione o un' aspettativa positiva. La percezione e la mente cognitiva ci suggeriscono “come” compiere un'azione; l'emotività ci dà una ragione per compierla e ci spinge a farlo. La cognizione e la ragione si comportano come gli argini di un fiume in piena, ma l'affettività è la gravità della sua massa d'acqua. Noi siamo prima di tutto il fiume e secondariamente gli argini, anche se la nostra evoluzione culturale ha teso a richiamare la nostra attenzione più su questi ultimi, non fosse altro perché le loro vicende si prestano meglio a essere raccontate e tramandate. Noi esseri umani abbiamo sviluppato molto il nostro lato cognitivo, arrivando a coltivare la ragione se non una razionalità spinta, ed è giusto che prendiamo tutto ciò molto sul serio. Occorre però ricordare che la ragione ci aiuta a vivere, ma non ci motiva a farlo. Nessuno di noi vive per motivi razionali bensì perché siamo... “portati” a vivere.... e per vivere bisogna voler vivere.... E questo la mente computazionale e la ragione non lo possono garantire. Vale anche la pena di sottolineare che abbiamo individuato diverse aree cerebrali impegnate nella gestione dell' affettività, ma nessuna devoluta alla razionalità: è questo in sostanza il “corpo estraneo “ – e nuovo – presente in noi, non le emozioni». (Mi ritorno in mente, 81-82).



Alanis Morissette 1998

sil.tagliagambe@gmail.com