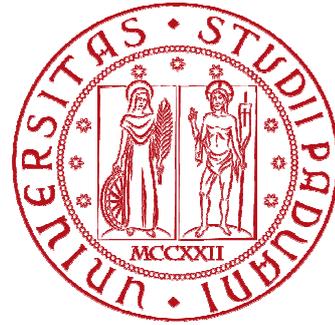


DEPARTMENT OF
INFORMATION
ENGINEERING

UNIVERSITY OF PADOVA



UN MODELLO DELLA MEMORIA SENSORIALE

Di: Casagrande Gianluca

Relatore: Toffolo Gianna Maria

Corso di laurea in Ingegneria dell'informazione

Anno Accademico 2011-2012

Indice:

Introduzione p. 5

CAPITOLO 1: CENNI DI ANATOMIA E FISILOGIA DEL SISTEMA NERVOSO

1.1 – Il neurone e le fibre nervose p. 7

1.2 – I recettori e il potenziale d’azione. p. 8

1.3 – La sinapsi. p. 9

1.4 – Le suddivisioni del Sistema Nervoso. p. 10

1.5 – La corteccia cerebrale e il cervelletto. p. 11

CAPITOLO 2: I METODI DI INDAGINE

2.1 – EEG e MEG. p. 13

2.2 – PET e MRI. p. 14

CAPITOLO 3: IL SISTEMA MENTE-CERVELLO

3.1 – L’esistenza della mente. p. 15

3.2 – La percezione. p. 15

3.3 – I processi cognitivi. p. 16

CAPITOLO 4: LA MEMORIA

4.1 – I modelli cognitivi. p. 17

4.2 – La fisiologia della memoria. p. 17

4.3 – Il modello di Atkinson e Shiffrin. p. 18

4.4 – La volatilità dei registri p. 19

CAPITOLO 5: IL NUOVO MODELLO

5.1 – <u>Le ipotesi principali</u>	p. 21
5.2 – <u>Lo schema generale</u>	p. 22
5.3 – <u>Il registro sensoriale</u>	p. 24
5.4 – <u>Il controllo di coerenza</u>	p. 25
5.5 – <u>L'attenzione</u>	p. 27

CAPITOLO 6: IL DE'JA' VU

6.1 – <u>Il fenomeno</u>	p. 29
6.2 – <u>Un riscontro nel modello</u>	p. 30

Conclusione	p. 31
------------------------------	-------

Bibliografia	p. 33
-------------------------------	-------

Introduzione

In questa tesi è proposto un modello teorico della memoria sensoriale, la cui prospettiva è quella di integrare i modelli cognitivi già esistenti. Si tratta di un modello generale, che può essere adattato a stimoli sensoriali specifici. La tesi inizia con un'introduzione sull'anatomia e la fisiologia del sistema nervoso, enunciando le principali conoscenze disponibili ai giorni nostri, dai neuroni alla struttura dell'encefalo. Successivamente nel capitolo 2 vengono illustrati i principali metodi scientifici per studiare le funzioni cognitive: EEG, MEG, PET, MRI. Mediante studi di attivazione con la Tomografia Funzionale a Emissione di Positroni (fPET) si è in grado di misurare le modifiche prodotte nel cervello dalla mente, ma non i segnali che provocano tali modifiche. Il mondo della mente non è analizzabile direttamente e il capitolo 3 tratta proprio di questo problema, illustrando cosa si intende per percezione e per processi cognitivi. Il capitolo 4 riguarda la memoria, dalle conoscenze fisiologiche ai modelli cognitivi teorici; viene approfondito in particolare quello di Atkinson e Shiffrin, che aggiunge la memoria sensoriale al binomio MBT-MLT. Il capitolo 5 illustra il modello proposto a partire da uno schema generale, per poi descrivere in modo approfondito i principali componenti. L'ultima parte della tesi è dedicata a un possibile adattamento del modello per spiegare il fenomeno del déjà vu.

CAPITOLO 1: CENNI DI ANATOMIA E FISILOGIA DEL SISTEMA NERVOSO

1.1 – Il neurone e le fibre nervose

Il neurone o cellula neuronale è formato essenzialmente (fig.1.1) dal soma, dai dendriti e dall’assone [ref.2]. Il soma o corpo cellulare contiene il nucleo e da esso si ramificano i dendriti, ovvero delle fibre che trasportano il segnale nervoso in direzione centripeta. Un insieme di più dendriti viene detto albero dendritico. L’assone ha la forma di tronco di cono con la base rivolta verso il soma, esso presenta sulla sommità delle diramazioni dette terminali sinaptici, che costituiscono una struttura denominata sinapsi.

Le fibre nervose sono fasci di assoni e posso essere mieliniche, se sono avvolte da una membrana lipoproteica, o amieliniche, se sono scoperte. I nervi sono associazioni di fibre nervose di diverso tipo e diametro, disposte nella stessa direzione e tenute assieme da tessuto connettivo in lamine di collagene. Le fibre nervose si suddividono in motrici e sensitive (fig.1.2).

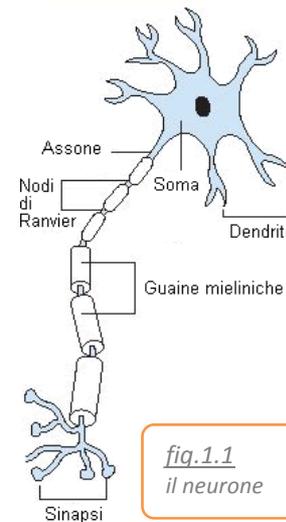


fig.1.1
il neurone

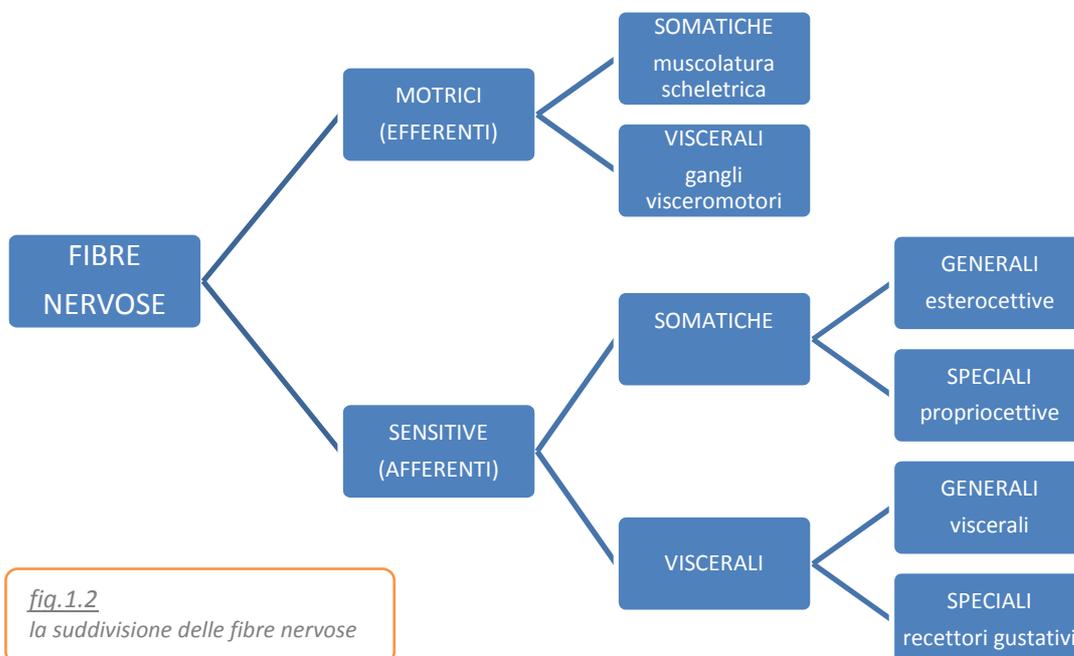


fig.1.2
la suddivisione delle fibre nervose

Le fibre motrici sono dette anche efferenti, si originano dai nuclei motori e si dividono in somatiche, per la muscolatura scheletrica, e viscerali, che vanno a innervare determinate strutture dette gangli visceromotori.

Le fibre sensitive o afferenti sono dei prolungamenti dei neuroni sensitivi posizionati lungo una catena di gangli, nei pressi del midollo spinale. Anche queste si distinguono in somatiche e viscerali. Le fibre sensitive somatiche si dicono generali se raccolgono la sensibilità esteroceettiva, cioè a livello della superficie corporea, oppure speciali se riguardano quella propriocettiva, ovvero dei muscoli e delle articolazioni. Le fibre sensitive viscerali raggiungono i gangli visceromotori e si dividono in generali, se ricevono informazioni a livello viscerale, e in speciali, se riguardano i recettori gustativi.

1.2 – I recettori e il potenziale d'azione

I recettori sensoriali sono dei trasduttori che trasformano gli stimoli in messaggi decifrabili dal Sistema Nervoso. Essi possono essere notevolmente diversi: da singoli neuroni a veri e propri organi multicellulari, in generale possiamo suddividerli secondo lo stimolo al quale sono più sensibili, i principali sono:

- *Chemocettori*: ligandi chimici (es. olfatto, gusto)
- *Meccanocettori*: pressione, vibrazione, accelerazione (es. udito, tatto)
- *Termocettori*: temperatura
- *Fotorecettori*: stimoli luminosi
- *Nocicettori*: dolore

Il messaggio che codifica lo stimolo consiste in una serie di impulsi elettrici che prendono il nome di potenziali d'azione (PDA). Essi hanno origine da una rapida variazione del potenziale di membrana nei neuroni (fig1.3), che a riposo si trova a $-90/-70\text{mV}$:

- 1) La membrana si depolarizza fino a $-55/-50\text{mV}$, un valore soglia che provoca l'apertura dei canali Sodio-Potassio voltaggio-dipendenti.
- 2) Da questi canali entrano ioni Na^+ , che depolarizzano ulteriormente la membrana fino a $+35\text{mV}$.
- 3) A questo valore soglia di 35mV si chiudono i canali Na^+ e si aprono quelli del potassio, causando una fuoriuscita di ioni K^+ .
- 4) La membrana si ripolarizza e il potenziale torna quindi al valore iniziale di riposo di $-90/-70\text{mV}$.

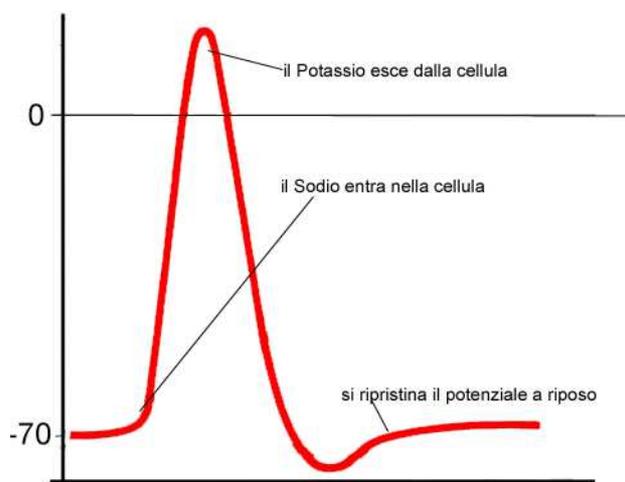


fig.1.3
il potenziale di membrana

Il mantenimento del gradiente di concentrazione all'interno e all'esterno è garantito dai canali di trasporto attivo, in particolare dalla pompa sodio-potassio che espelle gli ioni sodio. Il PDA si propaga lungo l'assone attraverso i canali ionici, questo passaggio può essere velocizzato dalla presenza della guaina mielinica. Essa presenta delle interruzioni dette nodi di Ranvier, in corrispondenza dei quali si ha il passaggio di ioni; questa propagazione saltatoria dell'onda di potenziale è molto più veloce (fino a 100m/s) rispetto al passaggio lungo una fibra amielinica.

L'intensità di uno stimolo viene codificata in popolazione e frequenza. Il codice di popolazione consiste nel numero di recettori attivati, essi hanno infatti diversi gradi di sensibilità: prima generano i PDA quelli più sensibili e all'aumentare dello stimolo si attivano anche gli altri. Il codice di frequenza è il ritmo delle emissioni dei PDA, che è tanto più veloce quanto più forte è lo stimolo.

La durata dell'impulso sensoriale dipende dal tipo di recettori. I recettori tonici continuano a scaricare per tutta la durata dello stimolo (Nocicettori, alcuni Meccanocettori, Termocettori, Fotorecettori), mentre i recettori fasici cessano di rispondere quando l'intensità dello stimolo resta costante (alcuni Chemocettori e Meccanocettori).

1.3 – La sinapsi

La trasmissione dell'impulso nervoso attraverso le sinapsi neuronali si divide dal punto di vista funzionale in elettrica e chimica. Le sinapsi elettriche sono quelle meno prevalenti e più veloci, particolarmente adatte per i riflessi e per l'attività cardiaca. Le cellule neuronali sono connesse da una gap junction, una struttura che possiede un canale centrale detto connessone, attraverso il quale transitano molecole e ioni, il cui passaggio determina una corrente elettrica. Ciò consente la comunicazione per transito diretto del PDA.

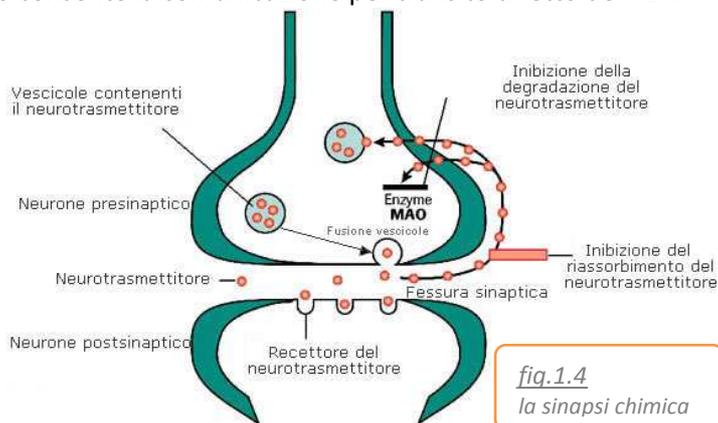


fig.1.4
la sinapsi chimica

Le sinapsi chimiche (fig.1.4) sono quelle prevalenti e sono costituite da tre elementi: membrana pre-sinaptica, spazio intersinaptico e membrana post-sinaptica. L'arrivo del PDA altera il voltaggio e causa l'apertura dei canali calcio, che fanno entrare ioni Ca^{2+} nel terminale sinaptico. Ciò causa la fusione delle vescicole sinaptiche con

la prima membrana, che rilasciano per esocitosi il neurotrasmettitore nello spazio intersinaptico. Questo entra in contatto con la membrana post-sinaptica, dove sono presenti specifici recettori o canali ionici; il neurotrasmettitore in eccesso viene riassorbito dalla prima membrana o decomposto da appositi enzimi.

I neurotrasmettitori sono particolari sostanze che veicolano l'informazione tra neuroni. Possono essere sintetizzati nel soma o nell'assone e si suddividono in eccitatori e inibitori. Gli

eccitatori promuovono la creazione dell'impulso nervoso aumentando il potenziale post-sinaptico, per esempio l'acetilcolina, la noradrenalina e la serotonina. Gli inibitori invece contribuiscono a far allontanare il potenziale dal valore soglia, come l'atropina, il GABA e la glicina.

Per far attivare un PDA è necessario che vengano attivate contemporaneamente due o più sinapsi, e che la somma degli effetti sia eccitatoria.

1.4 – Le suddivisioni del Sistema Nervoso

Il sistema nervoso (fig.1.6) è suddiviso in periferico (SNP) e centrale (SNC).

Il SNP è l'insieme dei gangli e dei nervi che si trovano all'esterno dell'encefalo e del midollo spinale. Esso si divide a sua volta in due categorie: il sistema sensoriale, che riceve gli input dai vari organi di senso e le sue fibre vengono per questo dette afferenti, e il sistema motorio, che veicola le risposte del SNC verso la periferia, attraverso delle fibre dette efferenti.

Il SNC comprende l'encefalo e il midollo spinale (fig.1.5) e ha il compito di elaborare le informazioni provenienti dal SNP. Il midollo spinale si trova all'interno della colonna vertebrale e sopra di esso troviamo il bulbo, il ponte e il mesencefalo, che costituiscono il tronco encefalico. Dal punto di vista anatomico l'encefalo è costituito dal cervello, dal cervelletto e dal tronco encefalico mentre da una prospettiva embriologica esso si sviluppa in romboencefalo, da cui si originano bulbo, ponte e cervelletto, dal mesencefalo e dal prosencefalo, ovvero il cervello. Il cervello è costituito dal diencefalo, che comprende talamo e ipotalamo, e dal telencefalo di cui fanno parte gli emisferi centrali e i nuclei della base.

Il sistema nervoso autonomo (SNA) è quell'insieme di fibre che innervano gli organi interni e le ghiandole, controllando le cosiddette funzioni vegetative. Esso si divide in parasimpatico, per l'attività viscerale normale, e in simpatico o ortosimpatico, che controlla i visceri sotto condizioni di stress. Le fibre viscerali efferenti partono dal midollo spinale o dal tronco encefalico e costituiscono dei gangli da cui si diramano le terminazioni nervose che vanno ai vari organi. Per il sistema nervoso parasimpatico i gangli si trovano sparsi, spesso a livello degli organi da controllare, mentre il simpatico costituisce una catena di gangli vicino al midollo spinale.

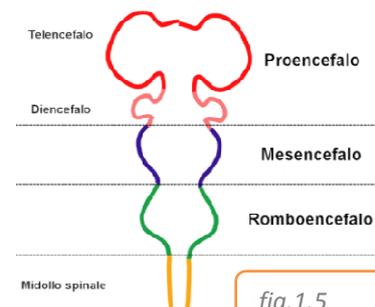
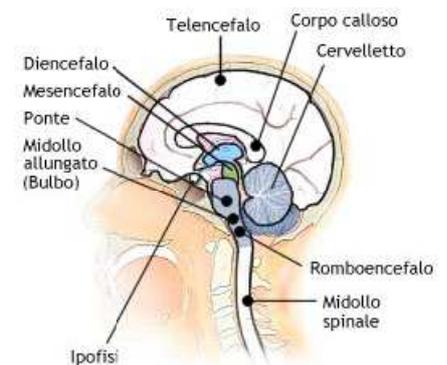


fig.1.5
struttura SNC

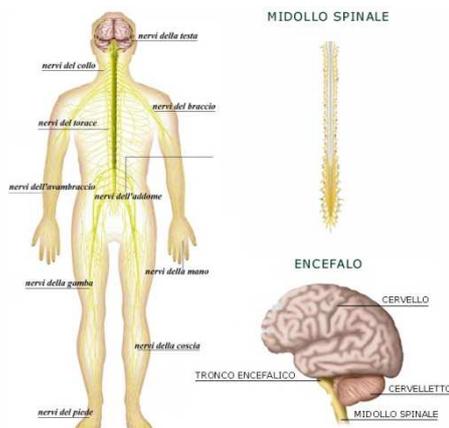


fig.1.6
il sistema nervoso

1.5 – La corteccia cerebrale e il cervelletto

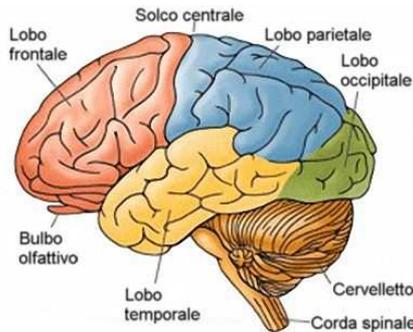


fig.1.7
la suddivisione della corteccia

I due emisferi cerebrali che formano il telencefalo constano di una superficie esterna di materia grigia, la corteccia cerebrale, e di un nucleo interno di materia bianca. La corteccia è preposta a un elevato numero di funzioni: sensoriali, motorie, cognitive, affettive e mnemoniche. Essa appare irregolare, caratterizzata da fessure e rilievi; i solchi più profondi permettono di suddividere la superficie della corteccia in regioni chiamate lobi (fig.1.7), che corrispondono a delle aree funzionali:

Lobo frontale: è l'area compresa tra la parte anteriore del cervello e il solco centrale; è preposta all'elaborazione delle informazioni motorie (corteccia motoria), visive, linguistiche e intellettive;

Lobo parietale: è la zona compresa tra il solco centrale e il solco pareto-occipitale; riguarda le operazioni relative alle informazioni sensoriali (corteccia somatosensoriale);

Lobo temporale: è l'area delimitata dal solco laterale; contiene le aree funzionali preposte all'elaborazione delle informazioni uditive (corteccia uditiva) e alla gestione della memoria;

Lobo occipitale: è l'area demarcata dal solco pareto-occipitale; comprende le aree funzionali inerenti all'elaborazione delle informazioni visive (corteccia visiva).

Il cervelletto si trova nella regione occipitale del cranio, appoggiato al tronco encefalico. Esso ha un'organizzazione estremamente regolare e ciò gli conferisce una velocità di elaborazione anche cento volte superiore a quella del cervello. Si ritiene che il cervelletto riceva una copia del comando motorio e contemporaneamente una serie di segnali propriocettivi relativi all'effettivo svolgimento dello schema motorio impartito dalla corteccia cerebrale. Qualora sussistano differenze tra il movimento programmato e quello effettivo, il cervelletto è in grado di correggere l'azione tramite un feedback negativo. Il cervelletto si divide in antico, per i riflessi di equilibrio e postura, e nuovo, quest'ultimo coinvolto nei meccanismi di feedback motorio. Danni al cervelletto sono infatti accompagnati a problemi di deambulazione, di movimento degli arti e tremori.

CAPITOLO 2: I METODI DI INDAGINE

2.1 – EEG e MEG

Accanto all’analisi anatomica, all’indagine fisiologica e all’esplorazione psicologica, al giorno d’oggi sono disponibili diverse tecniche di visualizzazione dell’attività cerebrale: dall’elettroencefalografia alle tecniche di neuroimaging. Tramite l’applicazione di elettrodi sullo scalpo in posizioni standard (fig.2.1), l’elettroencefalogramma (EEG) misura l’attività elettrica del cervello, in particolare le correnti che fluiscono in modo perpendicolare alla superficie [ref.10]. Si individuano differenze di potenziale dell’ordine dei microvolt con frequenze di oscillazione variabili secondo lo stato mentale, che danno luogo a un segnale stazionario a tratti. Distinguiamo principalmente i seguenti tipi di onde:

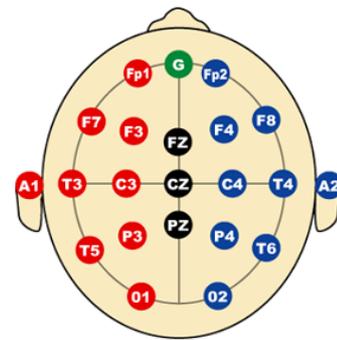


fig.2.1
SI 10-20

Onde caratteristiche	Banda (Hz)	Ampiezza (μV)	Stato Mentale
Alpha	8-13	50-60	Veglia rilassata, occhi chiusi
Beta	14-30	2-20	Veglia attiva, concentrazione
Theta	4-7	5-100	Presente soprattutto nei bambini, meditazione
Delta	0.5-3	20-100	Sonno profondo, coma
Gamma	30-50	2-20	Concentrazione



fig.2.2
un sistema di acquisizione EEG

L’analisi di queste onde permette di registrare l’attività spontanea ma anche quella legata alla ricezione di stimoli sensoriali esterni, i cosiddetti potenziali evocati. Essi si suddividono in uditivi, visivi, somato-sensoriali e cognitivi e si presentano nel segnale come una successione di picchi e valli. Il loro studio permette di verificare l’integrità delle vie di conduzione nervosa, soprattutto grazie all’analisi della latenza, ovvero il tempo che intercorre tra lo stimolo e i picchi di attività cerebrale. Dai dati EEG è possibile risalire alla correlazione tra i vari segnali e quindi creare una mappa di indici di coerenza dell’attività sullo scalpo, che permette di studiare la connettività cerebrale. Il concetto di connettività corticale gioca un ruolo centrale nelle neuroscienze, come una possibile via per la comprensione del funzionamento coordinato di

intere regioni cerebrali. Diversi algoritmi sono stati proposti per la valutazione della connettività funzionale a partire da dati EEG e molti studi sono ancora in corso. I metodi per la valutazione della connettività corticale possono essere utilmente validati attraverso simulazione, utilizzando modelli matematici oppure colture reali di popolazioni neurali.



fig.2.3
un macchinario per MEG

Una tecnica che possiamo definire complementare all'EEG, in quanto permette di misurare le correnti che si muovono parallele allo scalpo, è la magnetoencefalografia (MEG). Questo sistema si basa sulla misurazione dei campi elettromagnetici prodotti dall'attività del cervello, attraverso l'uso di un elmetto che contiene da 150 a 300 sensori, denominati SQUID. Il segnale viene mappato su una rappresentazione grafica della testa e in seguito questi dati vengono di solito sovrapposti a un'immagine MRI, cioè derivata dalla tomografia a risonanza magnetica. La MEG recentemente è stata utilizzata anche per studiare processi cognitivi quali l'udito e l'elaborazione del linguaggio (fig.2.3).

2.2 – PET e MRI

Fondamentale per osservare alcuni aspetti del funzionamento del cervello è stato lo sviluppo delle metodiche di medicina nucleare come la tomografia a emissione di positroni (PET) e quella a emissione di singolo fotone (SPECT) [ref.8]. Queste tecniche che, per distinzione dalle indagini morfologiche, vengono definite funzionali, consentono la determinazione in vivo di diversi parametri dell'attività cerebrale, quali il flusso ematico regionale, la densità recettoriale e il metabolismo come quello glucidico e ossidativo [ref.1]. Lo studio delle variazioni di flusso ematico grazie all'acqua marcata con O-15 ha permesso i primi studi di attivazione, attraverso i quali è possibile attribuire ruoli funzionali a specifiche regioni del cervello nelle quali sono stati individuati cambiamenti ematici in seguito all'esecuzione di un compito cognitivo.

Una tecnica di neuroimaging più recente che si affianca alla tomografia a emissione, è la risonanza magnetica funzionale (fMRI). Attraverso l'uso di agenti di contrasto o di altri metodi come l'Arterial Spin Labeling (ASL-MRI) o l'effetto BOLD, è possibile quantificare il flusso ematico nelle aree cerebrali e quindi intraprendere studi di attivazione cognitiva. La maggior risoluzione temporale e l'assenza di radiazioni ionizzanti hanno nel tempo fatto preferire l'utilizzo dell'fMRI rispetto alla fPET.



fig.2.4
PET scanner e
immagini PET/CT

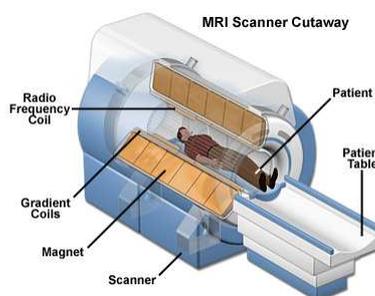


fig.2.5
schema di un MRI scanner

CAPITOLO 3: IL SISTEMA MENTE-CERVELLO

3.1 – L'esistenza della mente



fig.3.1
un'immagine di fantasia del
legame mente-cervello

Possiamo studiare minuziosamente l'anatomia e molti aspetti fisiologici del cervello ma di fronte alla descrizione della mente si esprimono ancora molti dubbi e incertezze.

Si consideri uno stimolo che entra in un sistema sensoriale, per esempio la visione di un lampo luminoso. La neurofisiologia ci dice che tale lampo è codificato in segnali neuronali e dà origine a dei potenziali d'azione in alcuni neuroni corticali occipitali. Da questi potenziali d'azione il soggetto *in qualche modo* ricava la sensazione che un lampo luminoso sia appena arrivato davanti al suo occhio. Come lo sparo di alcuni neuroni nel cervello possa provocare una sensazione rimane ancora un mistero, detto ciò, è lecito considerarlo come un postulato?

Un'altra ipotesi meno accreditata dai neurofisiologi è che, strettamente collegata al cervello, esista la mente, qualcosa di

immateriale dove si generano le sensazioni (fig.3.1). Ma allora è lecito elucubrare sulla mente e attribuirle delle funzioni se la sua esistenza non è certa?

Se la mente non esistesse, rimarrebbe un mistero il modo in cui i potenziali d'azione possono creare sensazioni. D'altra parte se si teorizza la sua esistenza, risulta impossibile spiegare come essa influenzi il cervello e viceversa [ref.1]. I modelli della mente non possono quindi, almeno per ora, avere una base sperimentale diretta e devono quindi basarsi su ipotesi, più o meno arbitrarie.

3.2 – La percezione

Con il termine percezione si usa indicare un'attività conoscitiva tesa a interpretare gli stimoli, ovvero le informazioni provenienti dall'esterno. Il nostro istinto ci suggerisce una perfetta corrispondenza tra le cose e la rappresentazione che abbiamo di esse. Se la rappresentazione che noi ci facciamo degli oggetti fisici non corrispondesse, almeno in linea generale, a come essi sono, non ci sarebbe possibile orientarci nel mondo. Tuttavia a volte le percezioni possono essere deformate o ambigue. La stessa esperienza della percezione di una medesima figura, come per esempio del Vaso di Rubin (fig.3.3) o del Mercato degli schiavi di Dalì (fig.3.2), può generare rappresentazioni completamente diverse. Un vaso o due volti? Due suore o il busto di Voltaire? Scrive Kanizsa,

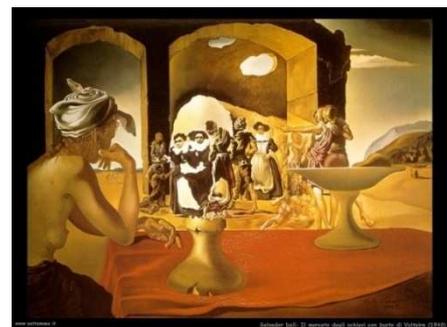


fig.3.2
Dalì.(1940). "Il mercato degli schiavi"

l'ideatore dell'illusione della superficie anomala (fig.3.4): <<Le cosiddette illusioni e le altre situazioni da laboratorio che possono sembrare strane e diverse dalle situazioni della vita di ogni giorno, sono fatti percettivi come tutti gli altri e come tali sottoposti alle stesse loro leggi. [...] Esse ci fanno sospettare che anche tutte le altre assai più comuni situazioni quotidiane, in cui la corrispondenza tra realtà fisica e realtà percettiva sembra essere completa, nascondano in effetti un problema. Tale generale corrispondenza ci può apparire non più come un fatto ovvio, bensì come un risultato che deve essere spiegato>> [ref.6].

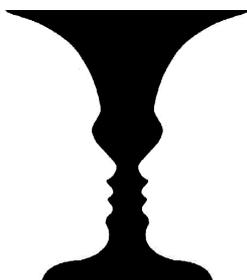


fig.3.3
il vaso di Rubin

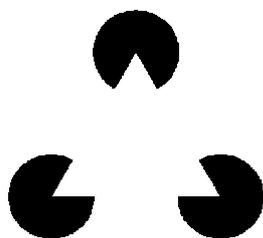


fig.3.4
il Triangolo di Kanizsa

Diversi fattori influenzano la nostra percezione. Svolge sicuramente un ruolo decisivo il contesto, che ci rende coscienti per esempio di percepire come più piccolo ciò che è lontano e come più grande ciò che è vicino. La nostra mente inoltre ragiona anche sulla base delle osservazioni e dei pensieri che nel corso del tempo ha maturato, sulla base cioè dell'esperienza, delle conoscenze che il soggetto possiede prima di osservare la realtà. Altro importante fattore è l'intensità dell'attenzione e il suo concentrarsi o meno in un determinato punto dell'oggetto, elemento palesemente riscontrabile durante l'osservazione di una illusione ottica.

Dal punto di vista della scienza cognitiva le percezioni vengono costruite dall'attività collettiva di aree cerebrali interconnesse, in cui vengono convogliati i segnali provenienti dai nostri organi di senso. A prova di questo i neurobiologi hanno osservato come lesioni in aree specifiche del cervello possono provocare una perdita percettiva altrettanto localizzata.

3.3 – I processi cognitivi

I cognitivisti si occupano di quali processi mette in atto un individuo per elaborare le informazioni, considerando la mente quasi programmata in senso informatico per compiere queste operazioni. Ciò che intercorre tra gli stimoli che provengono dall'ambiente, la presa di coscienza di queste informazioni e la risposta prodotta dall'essere umano, viene considerato un complesso sistema di processi di elaborazione. Si individuano una serie di meccanismi innati che controllano riflessi, pulsioni e istinti necessari per comportamenti basilari come la nutrizione o la classificazione delle esperienze e degli oggetti come positivi o negativi. Altri processi mentali più articolati comprendono la percezione e la rappresentazione, l'attenzione, la memoria, il ragionamento, il pensiero [ref.7].

Noi non abbiamo una percezione cosciente, chiara e completa dei nostri processi cognitivi, dunque i cognitivisti si preoccupano anzitutto di mettere a punto dei modelli, delle descrizioni plausibili di ciò che potrebbe avvenire nella nostra mente. Allo stesso tempo le neuroscienze ricercano i meccanismi cerebrali a cui i modelli potrebbero corrispondere.

CAPITOLO 4: LA MEMORIA

4.1 – I modelli cognitivi

Le conoscenze che abbiamo di noi stessi e del mondo che ci circonda è strettamente legata alla nostra memoria. Frederic Bartlett, uno dei primi studiosi della memoria in chiave cognitiva, afferma che essa è un processo di tipo ricostruttivo che rievoca una rappresentazione di quanto abbiamo percepito [ref.7]. Non esistono dunque delle zone specifiche dove vengono memorizzati i singoli dati, come in un disco fisso di un computer. Ogni informazione è ripartita attraverso un intero complesso di cellule della memoria. Quando si vuole richiamare a mente un dato è sufficiente presentare una sua associazione. Se diverse associazioni vengono usate per dati simili, ciò può creare confusione. L'encefalo quindi non memorizza le informazioni come fossero una fotografia nitida, ed è possibile, anche quando non tutti i dati vengono richiamati, ottenere comunque un'immagine intera, anche se sfocata.

Sui particolari di questo processo sono state spese moltissime parole che portano solo a teorie a volte contrastanti e senza risultati certi. Rappresentazioni, schemi, copioni, strutture mentali sono tutti sinonimi per indicare l'informazione immagazzinata nella memoria. Questa può essere suddivisa in immagini, parole e simboli astratti, oppure in categorie di vario genere, per esempio memoria semantica per la conoscenza e memoria episodica per fatti particolari della vita [ref.7].

Queste opinioni discordanti convergono in una teoria ormai consolidata e accettata dalla stragrande maggioranza degli studiosi: l'informazione codificata passa attraverso una serie di magazzini nei quali può essere o eliminata o depositata per un tempo variabile e indefinito. Si distinguono principalmente due tipi di memoria, quella a breve termine, detta anche memoria di lavoro, e quella a lungo termine.

La Memoria a Breve Termine (MBT) è il nome assegnato all'insieme dei sistemi che consentono una conservazione temporanea di quell'informazione che è essenziale per un breve periodo e del tutto irrilevante in un tempo successivo. Per esempio quando dialoghiamo, teniamo a mente le ultime parole che pronunciamo noi e i nostri interlocutori. Altro esempio quando risolviamo un problema matematico e dobbiamo tenere a mente alcune cifre. In un parallelismo con l'architettura di un elaboratore elettronico, si può paragonare la MBT alla memoria RAM del computer che è veloce e volatile.

La Memoria a lungo Termine (MLT) riguarda l'immagazzinamento di informazioni per un periodo più lungo e indefinito che va da pochi giorni a molti anni. Continuando il parallelismo con il PC, la MLT corrisponderebbe al disco rigido, che ha un tempo di accesso più lento della RAM ma che mantiene le informazioni importanti in modo permanente.

4.2 – La fisiologia della memoria

Si definisce plasticità sinaptica la capacità del sistema nervoso di modificare l'efficienza delle connessioni tra neuroni, di instaurarne di nuove e di eliminarne alcune [ref.2]. Questa

proprietà permette la modifica più o meno permanente delle funzionalità e della struttura del sistema nervoso e avviene grazie a meccanismi molecolari o cellulari. Il funzionamento della plasticità sinaptica è tuttora in fase di studio. E' noto che i meccanismi molecolari impiegano dai minuti alle ore e dunque riguardano il cosiddetto potenziamento a breve termine. Questo è legato alla memoria a breve termine, che consisterebbe in un circuito costituito da neuroni e dai loro prolungamenti, in grado di mantenere un'informazione sotto forma di una blanda attività elettrica. Questa corrente continuerebbe a percorrere il circuito, fino a stimolare la formazione di contatti stabili tra le cellule. I meccanismi cellulari, detti anche potenziamento a lungo termine, sono deputati alla memoria a lungo termine. Questi richiedono molto più tempo, da ore a giorni, e coinvolgono vie metaboliche diverse, attivando particolari proteine per rafforzare le sinapsi. La struttura cerebrale principalmente coinvolta nei processi di memoria è l'ippocampo.

L'ippocampo è una formazione nervosa situata sopra il cervelletto (fig.4.1) e fa parte del sistema limbico, che è la zona del cervello deputata a gestire l'emotività. Tutte le componenti del sistema limbico (strettamente collegate all'ipotalamo) regolano i comportamenti relativi ai bisogni primari per la sopravvivenza dell'individuo e della specie: il mangiare, il bere, le relazioni sessuali, l'interpretazione dei segnali provenienti dagli altri e dall'ambiente.

Questa zona del cervello gestisce le emozioni, i sentimenti e perciò anche la nostra percezione della realtà. Gli studi attuali convergono sul fatto che

l'ippocampo è fondamentale per selezionare le informazioni da trasferire nella memoria a lungo termine e conservarle; ne deriva che l'apprendimento e l'oblio sono notevolmente influenzati dalle emozioni positive e negative.

Se si prova disgusto per una materia, la possibilità di apprendere è scarsa.

Al contrario, un atteggiamento positivo stimola il ritmo di

trasferimento nella memoria a lungo termine. Questo modo di porsi positivo può avere origine spontaneamente, oppure può scaturire dall'auto-motivazione.

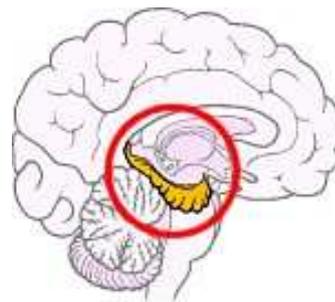
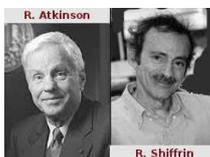


fig.4.1
posizione dell'ippocampo

4.3 – Il modello di Atkinson e Shiffrin



Richard Atkinson e Richard Shiffrin nel 1968 proposero un modello comprendente la struttura MBT-MLT e un terzo componente detto "Memoria Sensoriale" o "Registro sensoriale" [ref.4].

Le teorie e gli studi attuali ci permettono di affermare che gli stimoli esterni, dopo l'ingresso negli organi di senso, subiscono un processo di codificazione. L'informazione viene quindi tradotta nel linguaggio attraverso cui funziona la nostra mente. Lo stimolo esterno, attraverso il processo di trasduzione, lascerebbe nell'organo sensoriale una sorta di impronta della sensazione appena codificata, che permane per un tempo brevissimo. Di questa teoria si hanno diversi riscontri sperimentali, soprattutto nel campo dell'udito e della vista, che saranno approfonditi nella parte 4.4 ("La volatilità dei

registri"). Tutte queste informazioni temporanee, interne ai vari organo di senso, costituiscono la Memoria Sensoriale.

E' evidente dalla vita di tutti i giorni che ciascuno di noi è costantemente bombardato da milioni di stimoli sensoriali: sapori, odori, immagini, suoni e sensazioni tattili. Se assumiamo che il nostro sistema nervoso segua regole di economicità, dobbiamo convenire che solo una parte dell'informazione venga effettivamente elaborata. Questa selezione è necessaria per non portare al collasso il sistema nervoso, che è incapace di ricevere nella stessa unità di tempo una quantità eccessiva di stimoli. Per esempio se si tira un singolo capello, si riesce a percepire l'intensità della forza e la soglia del dolore; mettendo in trazione un'abbondante ciocca di capelli diventa impossibile distinguere gli stimoli derivanti dai singoli capelli.

L'informazione che passa nel registro sensoriale viene quindi filtrata e questa selezione avviene in base alla nostra attenzione; ciò che viene scelto dall'attenzione passa nella MBT. Qui viene valutata e organizzata l'informazione destinata ad essere archiviata nella MLT (fig.4.2).

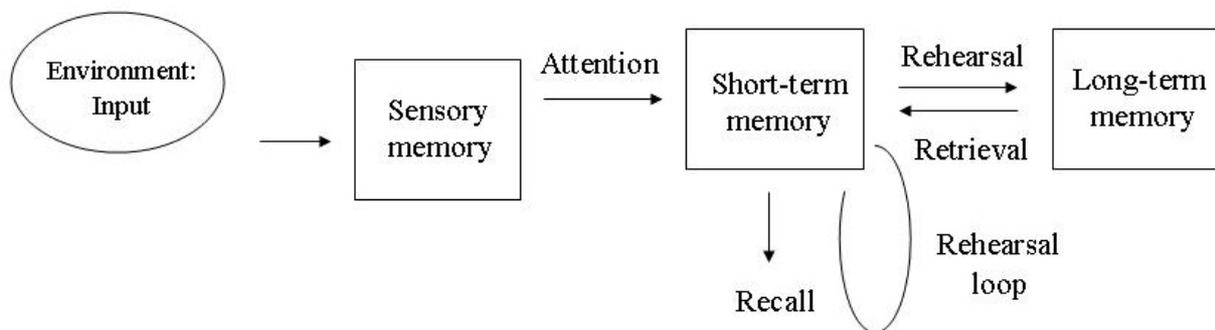


fig.4.2

Schema del modello di Atkinson e Shiffrin. "Environment Input" rappresenta l'insieme degli stimoli esterni, "Sensory memory" è il registro dell'organo di senso. "Attention" esprime il fatto che l'informazione codificata viene filtrata dall'attenzione prima di entrare nella MBT. "Short-term memory" e "Long-term memory" stanno rispettivamente per MBT e MLT. "Rehearsal", "Retrieval" e "Recall" riguardano alcuni metodi di gestione della memoria. Rehearsal è la ripetizione dei concetti, Retrieval e Recall simboleggiano il recupero di informazioni rispettivamente dalla MLT e dalla MBT.

Questa suddivisione in blocchi non vuole significare che strutture analoghe esistano fisicamente nel sistema nervoso, ma serve solo a comprendere il percorso che compie l'informazione.

4.4 – La volatilità dei registri

Secondo Atkinson e Shiffrin, quando si presenta uno stimolo, questo viene immediatamente registrato nella memoria sensoriale. Il tempo di decadimento di questi registri è molto breve, alcuni studi permettono di stimarlo attorno al secondo per le sensazioni visive (memoria iconica) e circa tre secondi per gli stimoli uditivi (memoria ecoica).

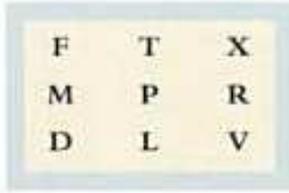


fig.4.3
una delle matrici usate negli esperimenti



fig.4.4
un tachistoscopio

I primi studi cognitivisti sulla memoria sensoriale ebbero luogo negli anni Sessanta. Lo psicologo americano George Sperling, nel 1960, ha condotto una serie di esperimenti per dimostrare l'esistenza di una memoria iconica [ref.7]. Lo strumento usato fu un tachistoscopio (fig.4.4), un proiettore lampeggiante in grado di mostrare delle immagini per pochissimo tempo. Con questo

dispositivo Sperling presentava ad alcuni volontari, per circa 50 millisecondi, delle matrici 3x3 contenenti delle consonanti (fig.4.3), che costituivano trigrammi privi di senso.

Successivamente veniva attuata la procedura denominata "resoconto totale", in base alla quale i soggetti dovevano nominare tutte le lettere che si ricordavano. Mediamente venivano ripetute esatte quattro-cinque consonanti su nove. Il secondo passo dell'esperimento consisteva nel "resoconto parziale": nel resoconto totale i volontari sapevano di dover rievocare il maggior numero di lettere, in questo caso i soggetti venivano

informati che, una volta sparita la matrice, sarebbe stato loro chiesto di rammentare una sola delle tre righe. Per evitare che i soggetti si concentrassero su una sola delle righe ignorando le altre, l'indicazione relativa a quale fosse la riga da ricordare veniva fornita da un segnale acustico di diversa tonalità. Un segnale acuto indicava la riga in alto, uno medio la riga centrale e un suono basso quella inferiore.

I risultati del test di resoconto parziale furono sorprendenti: non si trovarono differenze statisticamente apprezzabili sul numero di lettere corrette riportate dai volontari. Le prestazioni dei soggetti erano le stesse a prescindere dalla riga richiesta. Ciò fece supporre che la mente dei soggetti memorizzasse tutta la matrice in attesa di saper quale riga estrarre.

Sperling modificò questo esperimento variando il tempo tra la scomparsa dell'immagine e l'emissione del segnale acustico. La capacità di riportare le lettere della riga richiesta diminuivano drasticamente con l'aumentare dell'intervallo temporale (fig.4.5), fino a scomparire del tutto dopo circa 1-2 secondi.

Questa serie di risultati ha permesso di dimostrare che tutto ciò che si vede viene "fotografato" e questa informazione viene stivata da qualche parte sotto forma di ciò che si può definire memoria iconica, che ha la caratteristica di essere estremamente volatile.

Nel 1988 gli studiosi Cowen, Lecthi e Growe lavorarono sull'esistenza di una memoria sensoriale uditiva, detta ecoica. Questa avrebbe un tempo di decadimento un po' più lungo della memoria iconica, circa 3 secondi.

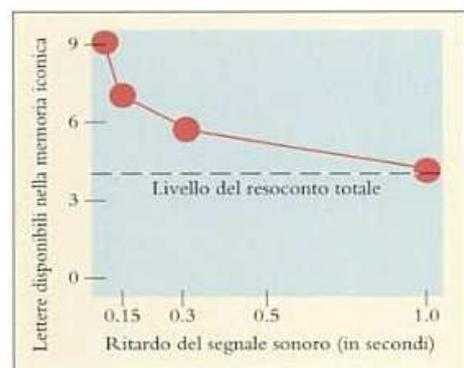


fig.4.5
grafico delle lettere disponibili nella memoria sensoriale in base al tempo

CAPITOLO 5: IL NUOVO MODELLO

5.1 – Le ipotesi principali

Il modello di Atkinson e Shiffrin illustra il percorso che compie l'informazione sensoriale attraverso i vari stadi della memoria [ref.4]. Focalizziamoci sul passaggio tra Memoria Sensoriale e MBT (fig.5.1).



fig.5.1
un passaggio del modello di Atkinson e Shiffrin

I dati sensoriali verrebbero filtrati dall'attenzione per poi confluire nella memoria a breve termine. Ma cosa si intende esattamente per attenzione? E' il frutto esclusivo della nostra volontà o anche di operazioni inconsce?

Per quanto riguarda il registro sensoriale, esso rappresenta un mero contenitore di informazioni sensoriali a cui è possibile accedere in modo cosciente, ma non ha nessun'altra funzione?

Altra questione riguarda la sede dello stato cosciente, inteso come l'insieme delle sensazioni percepite in un dato istante, che non viene localizzata nel modello di Atkinson e Shiffrin.

Il nuovo modello della memoria sensoriale che andiamo a presentare si propone di dare una risposta a questi quesiti irrisolti, si tratta di un modello di tipo descrittivo che illustra un possibile funzionamento della memoria sensoriale e dell'elaborazione primaria delle informazioni derivate dagli organi di senso. Con la consapevolezza che i recettori sensoriali sono parecchi e che funzionano in modi anche molto diversi, questo modello costituisce uno schema generale che può essere adattato ai vari organi sensoriali. Esso si basa su diverse assunzioni che si possono derivare dagli studi di psicologia, scienze cognitive e neurofisiologia:

- Ogni organo sensoriale conserva un registro delle sensazioni immediatamente precedenti [ref.7].
- Ogni stimolo sensoriale prima di divenire cosciente passa attraverso un filtro che possiamo identificare con l'attenzione [ref.4].
- Le informazioni filtrate dall'attenzione vengono percepite in modo cosciente prima di entrare nella memoria a breve termine [ref.7].

Le ipotesi aggiuntive del modello proposto sono:

- Il registro sensoriale degli organi è in grado di generare un segnale rappresentativo di tutte le informazioni in memoria.
- L'attenzione è sia volontaria sia inconscia e istintiva.
- La memoria sensoriale è strettamente correlata al controllo dell'attenzione.

5.2 – Lo schema generale

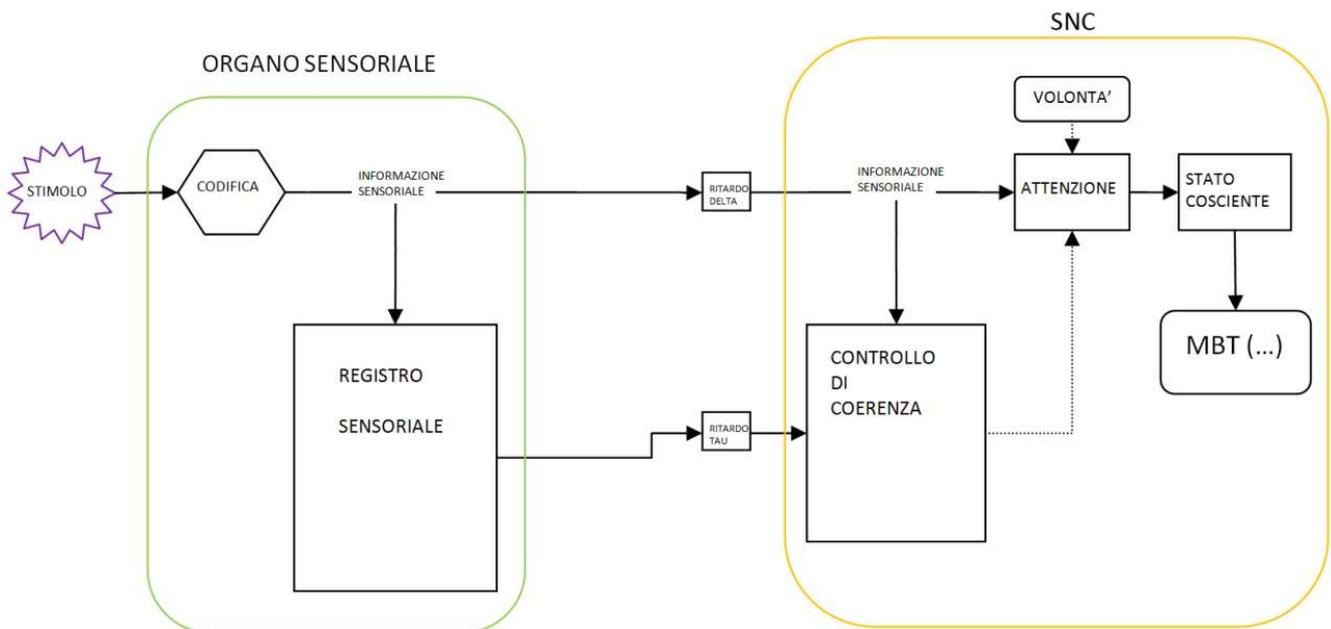


fig.5.2

schema generale del nuovo modello proposto, per i dettagli vedere sotto

Lo schema proposto (fig.5.2) si suddivide nell'area "organo sensoriale" e in quella denominata "SNC" (Sistema Nervoso Centrale). L'organo sensoriale riceve come input lo stimolo esterno ed ha come uscita l'informazione codificata; esso non rappresenta un organo specifico, ovvero il modello può valere per qualsiasi stimolo, da quello visivo a quello tattile.

L'operazione di codifica dell'impulso sensoriale comporta la costituzione di un segnale comprensibile dal sistema nervoso, che viene sia inviato al cervello sia conservato in un deposito locale detto *registro sensoriale*. Questo buffer è estremamente volatile e di diversa capacità a seconda del recettore sensoriale in questione.

Il contenuto dell'organo sensoriale nel modello non è altro che la memoria sensoriale teorizzata da Atkinson, Shiffrin, Sperling e altri. La novità che introduciamo rispetto ai modelli passati è la stretta connessione tra l'attenzione e il *registro sensoriale*. Questo collegamento è determinato dalla presenza di un meccanismo di controllo che chiamiamo "controllo di

coerenza". Questo elemento è inserito nell'area SNC, il che è plausibile in quanto si tratta di un'unità di elaborazione.

I dati in ingresso del *controllo di coerenza* sono le informazioni sensoriali presenti e passate, mentre l'uscita è costituita da un segnale di controllo destinato a manovrare l'*attenzione*. Questa unità ha il compito di filtrare le informazioni sensoriali, anche sulla base della *volontà*. Lo "*stato cosciente*" contiene quindi le sensazioni effettivamente percepite in quell'istante, che andranno nella memoria a breve termine (MBT) e poi eventualmente saranno stivate nella memoria a lungo termine (MLT), secondo gli schemi classici della memoria (capitolo 4.1).

Nota:

Il termine "percezione" può dare luogo a fraintendimenti: se un segnale non viene percepito non significa che lo stimolo non è avvertito, ma che, non ponendovi attenzione, esso viene scartato e non entra in memoria; basti pensare alla differenza tra ascoltare e sentire. Il verbo "percepire" deriva infatti da "apprendere" e l'apprendimento necessita di attenzione.

Per comprendere meglio il modello, lo trattiamo in seguito come un sistema in cui l'*informazione sensoriale* è un segnale, mentre i blocchi *registro sensoriale*, *controllo di coerenza* e *attenzione* sono dei centri di calcolo in grado di elaborare segnali (fig.5.3).

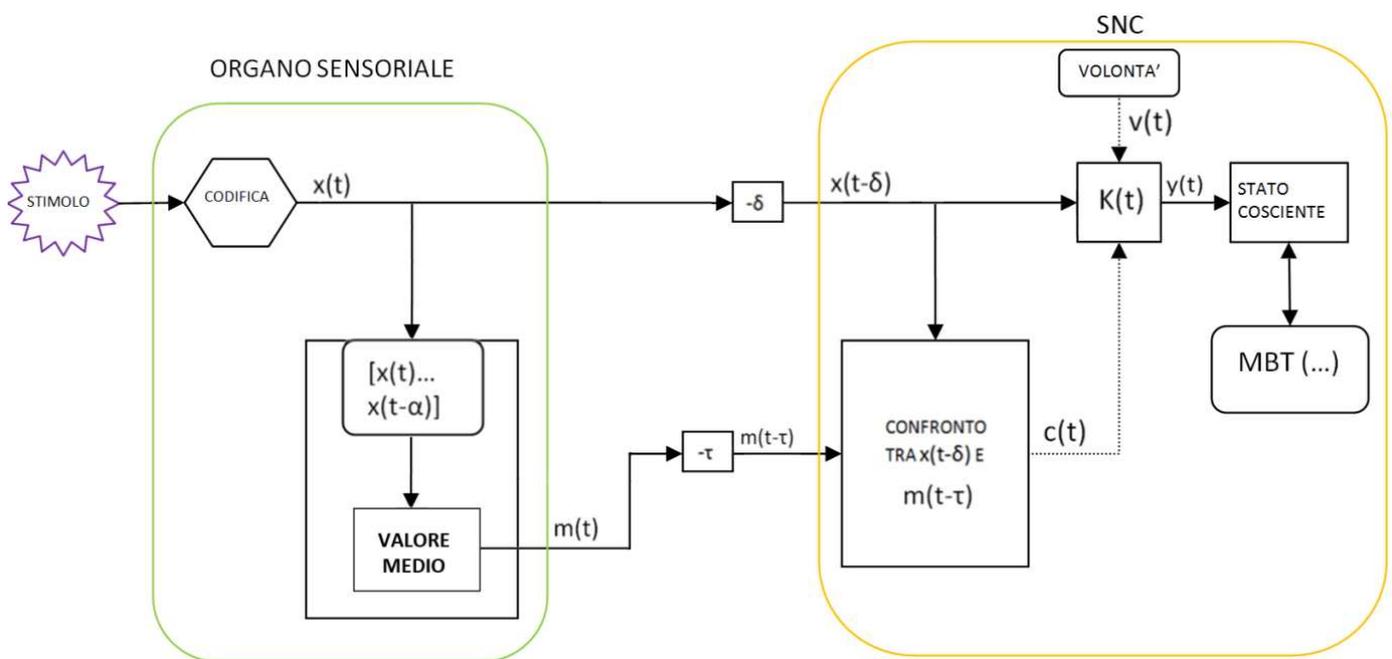
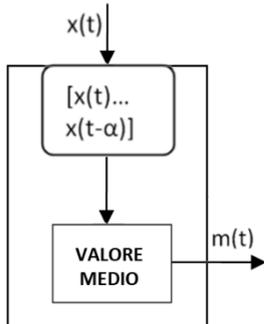


fig.5.3
Schema del modello visto come un sistema di elaborazione di segnali. Per il valore di α e il calcolo di $m(t)$ vedere parte 5.3-“Il registro sensoriale”. I valori di τ , δ e il calcolo di $c(t)$ sono approfonditi nella parte 5.4-“Il controllo di coerenza”. $v(t)$, $K(t)$ e il calcolo di $y(t)$ sono analizzati in 5.5-“L’attenzione”.

5.3 – Il registro sensoriale



L'ingresso di questo elemento è lo stimolo codificato $x(t)$ che chiamiamo *informazione sensoriale*, mentre l'uscita $m(t)$ è un segnale informativo per il *controllo di coerenza* (fig.5.4). L'*informazione sensoriale* viene stivata in un buffer di memoria limitato, di grandezza α

Il valore di α , che deve essere ovviamente maggiore di zero, dipende dall'organo sensoriale in questione ed è variabile a seconda dello stato fisico e mentale. Per esempio nell'ambito della vista, in base agli esperimenti di Sperling, possiamo attribuire ad α un valore con densità di probabilità lognormale di media $1.5s$ e varianza $0.05s^2$ (fig.5.5).

fig.5.4
il registro sensoriale

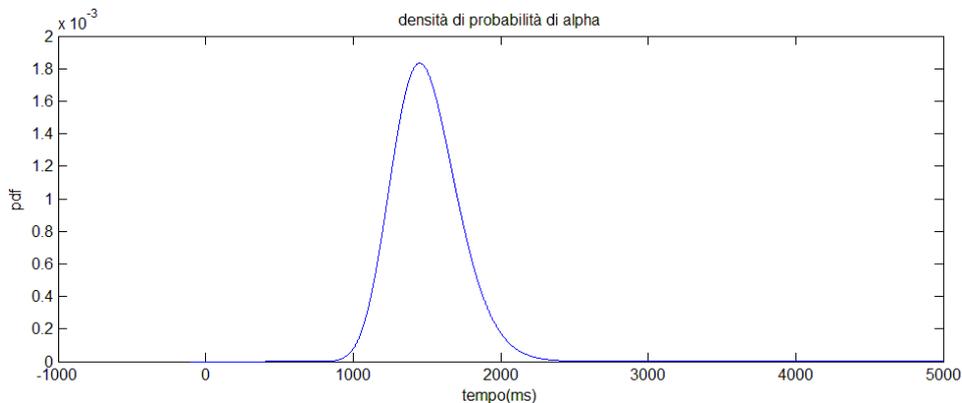


fig.5.5
Codice Matlab utilizzato:

```

x=-1000:0.1:5000;
m=1500;%media (ms)
v=50000;%varianza (ms^2)
mu=log(m^2/sqrt(v+m^2));
sigma=sqrt(log(v/m^2+1));
y=lognpdf(x,mu,sigma);
plot(x,y)
title('densità di probabilità di alpha')
xlabel tempo(ms)
ylabel pdf
  
```

La funzione lognormale è particolarmente indicata per modellare le variabili biologiche in quanto, come si vede anche dal grafico, la probabilità di avere valori negativi è nulla [ref.3]. A questo punto introduciamo la seguente ipotesi: il *registro sensoriale* è in grado di generare un segnale rappresentativo di ciò che il buffer di memoria contiene. Questa supposizione deriva dal fatto che sarebbe troppo dispendioso inviare costantemente al cervello tutto il

contenuto del buffer sensoriale. Ciò può essere evitato se ipotizziamo che all'interno del *controllo di coerenza* vi sia un secondo registro, che viene costantemente aggiornato dall'*informazione sensoriale*. Questa idea risolve il problema della trasmissione dei dati, creandone un altro. Occorre ricordare che il modello non rappresenta uno stimolo specifico, ma si presta ad essere valido per tutte le sensazioni. Dunque il *controllo di coerenza* si troverebbe a contenere le copie dei registri di memoria di tutti i milioni di recettori sensoriali sparsi nel corpo, il che è poco plausibile.

Un segnale rappresentativo del contenuto del *registro sensoriale* può essere la media di tutti i suoi valori:

$$m(t) = \int_{t-\alpha}^t x(t)dt$$

5.4 – Il controllo di coerenza

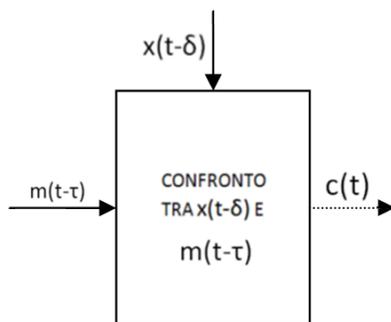


fig.5.6
il controllo di coerenza

Gli ingressi di questo blocco sono l'*informazione sensoriale* $x(t-\delta)$ e il segnale rappresentativo del *registro sensoriale* $m(t-\tau)$; l'uscita $c(t)$ è un segnale di controllo per l'*attenzione* (fig.5.6).

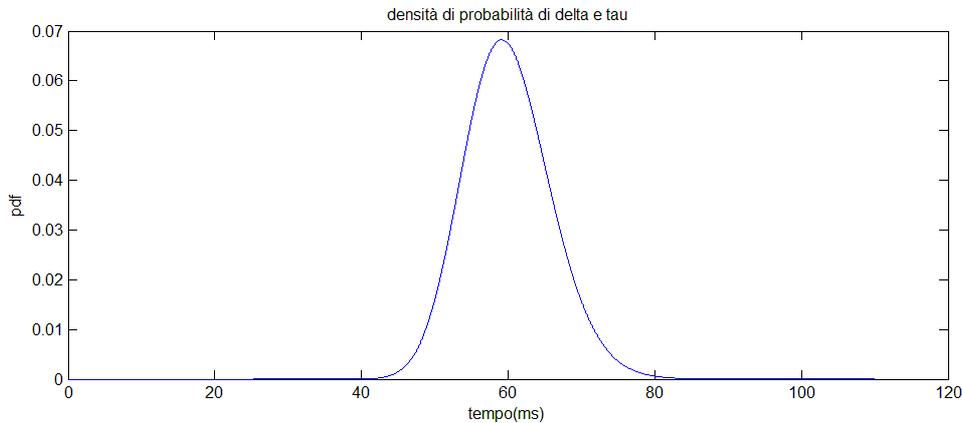
Gli ingressi devono viaggiare dagli organi sensoriali fino al cervello, e ciò comporta un certo ritardo, che chiamiamo δ per l'*informazione* al tempo t e τ per le sensazioni passate.

I valori δ e τ devono essere positivi e sono variabili in base all'organo considerato, sia per la distanza che il segnale deve percorrere, sia per la quantità di informazioni da trasmettere.

E' facile supporre che il tempo di trasmissione di un segnale tattile sul viso sia minore rispetto a uno sulla caviglia. Se consideriamo invece lo stimolo visivo, non è banale supporre che questo arrivi prima di un contemporaneo stimolo tattile

sulla punta del piede; è vero che per il nervo ottico la strada da percorrere è molto più breve, ma la quantità di informazioni da trasmettere è sicuramente maggiore.

Un aiuto per dare un valore a δ e τ deriva dagli studi sui potenziali evocati. Gli esperimenti finora condotti individuano nelle aree corticali sensoriali una latenza che va dai 20ms ai 200ms, a seconda del tipo di organo. Per esempio, per la vista, il tempo che intercorre tra lo stimolo e la prima risposta riscontrabile è di 50-70ms. Possiamo quindi modellare δ e τ con una densità di probabilità lognormale centrata a 60ms e con varianza 20ms^2 (fig.5.7).

*fig.5.7*

Codice Matlab utilizzato:

```

x=0:0.01:110;
m=60;%media (ms)
v=35;%varianza (ms^2)
mu=log(m^2/sqrt(v+m^2));
sigma=sqrt(log(v/m^2+1));
y=lognpdf(x,mu,sigma);
plot(x,y)
title('densità di probabilità di delta e tau')
xlabel tempo(ms)
ylabel pdf

```

Il *controllo di coerenza* deve dunque confrontare $x(t-\delta)$ con la media dei dati precedenti, ovvero $m(t-\tau)$. Se risultano forti differenze, si va ad incrementare l'attenzione su quello stimolo. Viceversa, se $x(t-\delta)$ è in continuità con i valori passati, l'attenzione verso quel segnale sensoriale viene diminuita.

Ciò è giustificato da fatti empirici: per esempio se in un ambiente buio viene improvvisamente accesa una torcia, questa attira immediatamente la nostra attenzione. Lo stesso accade quando un suono forte interrompe la quiete, come lo scoppio inaspettato di un petardo; oppure al contrario quando un rumore più o meno stazionario cessa improvvisamente: la fine brusca di una canzone piuttosto che lo spegnimento improvviso del televisore. Altro riscontro riguarda l'olfatto, infatti quando si passa da un luogo ad un altro, ne si nota immediatamente il diverso odore. Dopo un certo tempo questa sensazione va scemando e ci si abitua al nuovo odore, tanto che non lo si percepisce più.

Per dare un raffronto matematico al *controllo di coerenza* ipotizziamo che in base alla frequenza e all'intensità del segnale $x(t)$, l'informazione sensoriale possa essere ricondotta a un range di valori che va da 0 a X_{max} . Verrà quindi calcolata la differenza tra il valore corrispondente a $x(t-\delta)$ e quello relativo a $m(t-\tau)$. Il segnale di uscita, che chiamiamo $c(t)$, sarà direttamente proporzionale a questa differenza.

Per esempio supponendo $X_{max}=100$: se $x(t-\delta) \rightarrow 30$ e $m(t-\tau) \rightarrow 28$, l'*attenzione* non verrà stimolata ($c(t)$ basso), mentre se $x(t-\delta) \rightarrow 40$ e $m(t-\tau) \rightarrow 9$, siamo di fronte ad uno stimolo improvviso e l'*attenzione* ne risentirà ($c(t)$ elevato).

5.5 – L'attenzione

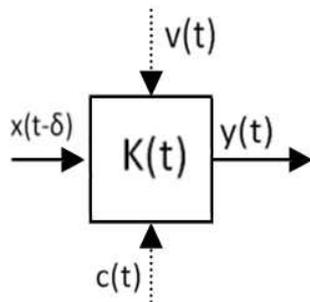


fig.5.8
l'attenzione

Possiamo paragonare questo componente del modello (fig.5.8) a un filtro in grado di oscurare totalmente o in parte il segnale in ingresso. L'input è dunque $x(t-\delta)$ e la sua uscita è $y(t)$, ovvero il segnale percepito al tempo t .

Il filtro *attenzione* è controllato sia dall'uscita del *controllo di coerenza* $c(t)$ che dalla *volontà*. Senza elucubrare sull'origine della *volontà*, ci limitiamo a considerarla come un flusso di segnali di controllo più o meno coscienti, che permettono di manovrare l'attenzione verso dove noi vogliamo. Alcuni esempi sono quando ci sforziamo per trovare un volto in mezzo a una folla, quando ci concentriamo per ascoltare un rumore di fondo, ecc...

Ipotizziamo che l'*attenzione* effettui una moltiplicazione tra $x(t-\delta)$ e un certo valore K :

$$y(t) = K * x(t - \delta)$$

E' facile supporre che K vari da 0 a 1. "0" significa che l'informazione è completamente inibita, mentre "1" vuol dire che lo stimolo sensoriale viene percepito nella sua interezza (vedere nota in 5.2). Chiamiamo $v(t)$ il segnale di controllo imposto dalla volontà; possiamo ora ipotizzare un legame tra K , c e v :

$$K(t) = \left(\beta \frac{c(t)}{C_{max}} + (1 - \beta) \frac{v(t)}{V_{max}} \right)$$

C_{max} e V_{max} sono i valori massimi che possono raggiungere rispettivamente $c(t)$ e $v(t)$, mentre β è una variabile compresa tra 0 e 1 che bilancia l'azione della *volontà* sul *controllo di coerenza*. Indicativamente possiamo attribuire a β un valore prossimo a 0.5. Seguendo queste ipotesi è immediato verificare come $K(t)$ stia effettivamente tra 0 e 1.

CAPITOLO 6: IL DE'JA' VU

6.1 – Il fenomeno

Il déjà vu è il nome di una sensazione che per un breve istante fa percepire una situazione come già vissuta. Questo fenomeno misterioso e dagli aspetti inquietanti ha aperto la strada a diverse speculazioni in ambito paranormale e metafisico. Dalle doti precognitive da chiaroveggenti, ai ricordi di una vita precedente, sono molte le ipotesi che lasciano spazio più alla fantasia che alla logica. Le teorie razionali più rilevanti sono state catalogate dallo psicologo Alan S. Brown in quattro gruppi: teorie neurologiche, del processamento duale, attenzionali, amnestiche [ref.5].

Le teorie neurologiche convergono sul fatto che il déjà vu derivi da una breve e circoscritta epilessia, ovvero da una scarica rapida, anomala e improvvisa da parte di una popolazione di neuroni. La teoria del processamento duale presume una momentanea disattivazione del sistema di recupero della memoria e contemporaneamente l'attivazione di un senso di familiarità, mentre la teoria attenzionale prevede un piccolo black out e successivamente il

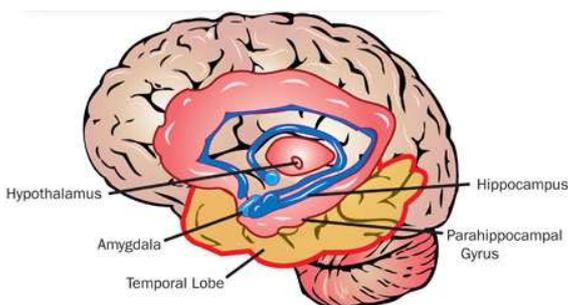


fig.6.1
regioni del cervello che si ritiene siano coinvolte nel déjà vu

riprocessamento dell'informazione. Le teorie amnestiche considerano l'esistenza di un ricordo simile realmente memorizzato e che, a causa di un errore di memoria, non si riesca a richiamare il contesto complessivo, ciò indurrebbe una sensazione di familiarità. La teoria neurologica è quella più plausibile, il medico austriaco Josef Spatt [ref.9] infatti afferma che l'attacco epilettico può essere in grado di coinvolgere le zone deputate alla coscienza e alla memoria, in particolare l'ippocampo. Si può constatare infatti che i pazienti affetti da epilessia del lobo temporale

sinistro spesso vivono durante le crisi una serie ricorrente di déjà vu. In aggiunta, il professore di neurologia all'Università di Tor Vergata di Roma, Caltagirone, ha dichiarato: «Il déjà vu è uno stimolo elettrico anomalo che si manifesta in seguito a un disordine neurologico, come l'epilessia. La sensazione di realismo vissuta è giustificata dal coinvolgimento delle molteplici aree cerebrali, in particolare dall'amigdala e dal sistema limbico, le strutture che sono appunto considerate le sedi delle emozioni - (fig.6.1) - . Può anche essere collegato ad ansietà e schizofrenia».

6.2 – Un riscontro nel modello

Sposando queste considerazioni neurologiche, vediamo come il nuovo modello proposto della memoria sensoriale possa giustificare il fenomeno del déjà vu. L'ipotesi fondamentale è che il

piccolo e breve attacco epilettico sia così mirato da incidere solo sulle prestazioni della ricezione dell'*informazione sensoriale*. In questo modo va ad aumentare solo il ritardo δ , mentre il valore di τ resta pressoché invariato.

Dunque il *controllo di coerenza*, che confronta $x(t-\delta)$ con $m(t-\tau)$, non paragona più i dati presenti a quelli passati, perché $m(t-\tau)$ è costruito anche da un rilevante intorno di $x(t-\delta)$ stesso. Le funzioni di controllo dell'attenzione sono quindi alterate e ciò causerebbe una sensazione di spaesamento.

Gli stimoli captati trovano inoltre un perfetto riscontro nel contenuto dei vari registri sensoriali, che contengono sia l'*informazione sensoriale* avvertita, sia alcuni suoi valori futuri, dunque oltre alla sensazione "l'ho già visto", si avrebbe il presentimento di prevedere l'immediato futuro.

Vediamo un esempio numerico, con valori relativi alla vista: $\alpha=1.5s$ e $\tau=60ms$, $\delta=0.3s$ (fig.6.2).

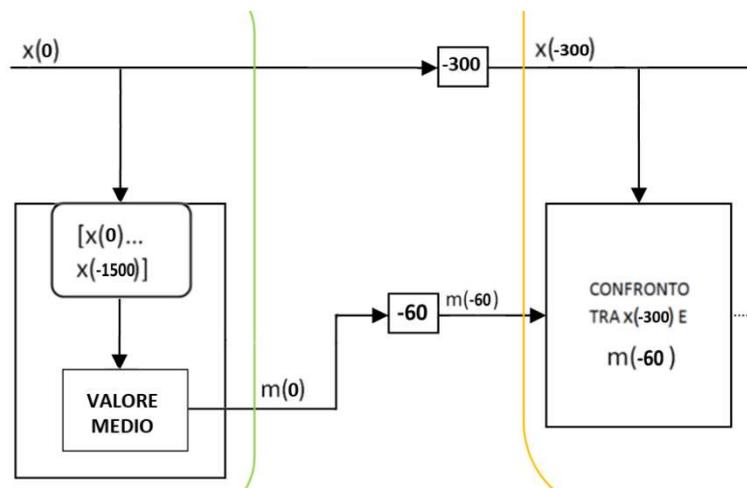


fig.6.2

il modello adattato a un esempio numerico; i valori sono espressi in millisecondi

Supponendo che la mente sia in grado di recuperare i dati nel buffer sensoriale con un ritardo τ , si riuscirebbe a risalire alle informazioni in esso contenute con un ritardo di 60ms. Dunque, durante questo déjà vu preso come esempio, teoricamente il soggetto dovrebbe avere la sensazione di prevedere ciò che accadrà nei prossimi 240ms (300-60).

La durata del déjà vu è solitamente di pochi secondi e corrisponde a quella dell'attacco epilettico, terminato il quale il ritardo δ torna a valori ordinari e la situazione percettiva tende gradualmente alla normalità.

Conclusione

Il nuovo schema teorico della memoria sensoriale che è stato proposto non è un modello compartimentale, che mira a rispecchiare i passaggi fisiologici. Si tratta di un qualcosa di descrittivo, basato più sulle ipotesi e su fatti empirici che sulle conoscenze di fisiologia. E' stato tuttavia interessante cercare di dare un senso matematico a un modello destinato più a dei libri di psicologia cognitiva che di ingegneria. Questo processo di trasposizione matematica è stato fatto per dare una credibilità logica al modello, ma, essendo che alcuni blocchi come il *controllo di coerenza* e la *volontà* sono solo teorici e quindi probabilmente non esistono fisicamente, il modello non può essere scientificamente validato. Ciò che può dare credibilità al modello proposto è verificare le ipotesi su cui si basa e constatare che queste assunzioni siano effettivamente rispecchiate nello schema. Il lavoro dunque non è definitivo, ma soggetto a critiche e miglioramenti, nonché ad adattamenti per stimoli sensoriali specifici. Ciò che mi rimane di questa tesi, oltre alle nozioni di fisiologia e cognitivismo, è soprattutto aver appreso quanto difficile sia costruire un modello a partire da un'idea. Inizialmente lo schema a blocchi pensato era completamente diverso, poi, a mano a mano che procedevo con gli studi, è stato oggetto di numerose modifiche. Se poi teniamo conto del lavoro di validazione basato su esperimenti mirati e analisi dei dati, risulta chiaro che la costruzione di un modello, anche se all'apparenza semplice, è un compito lungo e impegnativo.

Bibliografia

- [1] AA.VV. (2006). *Bioingegneria della mente*. (E. Biondi, A cura di) Bologna: Patron Editore.
- [2] A.C.Guyton, J. (2006). *Fisiologia Medica* (undicesima ed.). Elsevier.
- [3] Accardo. (2010).materiale didattico di “Analisi di segnali biologici”.Units
- [4] Atkinson, S. (1968). Human memory, a proposed system and its control process. In AA.VV., *The psychology of learning and motivation*. New York: Academic Press.
- [5] Brown. (2004). *The déjà vu experience*. New York: Psychology Press.
- [6] Kanizsa. (1983). *Percezione, linguaggio, pensiero*. Bologna: Il Mulino.
- [7] Mecacci. (2001). *Manuale di psicologia generale*. Firenze-Milano: Giunti Editore.
- [8] Ruggeri. (2011).materiale didattico di “Strumentazione biomedica”.Unipd
- [9] Spatt. (2002). Déjà Vu: Possible Parahippocampal Mechanisms. *The Journal of Neuropsychiatry & Clinical Neurosciences* .
- [10] Toffolo. (2011).materiale didattico di “Elaborazione di segnali biologici”.Unipd

