

INTERAZIONE A DISTANZA TRA MENTE E MENTE: FASE DUE

Luciano Pederzoli

EVANLAB

15 ottobre 2015

La prima fase di questa ricerca (descritta nell'articolo [INTERAZIONE A DISTANZA TRA MENTE E MENTE](#)) era basata sul software di classificazione Brain Scanner™ e ha consentito di rivelare, anche alla distanza di 190 Km, un significativo numero di coincidenze nell'attività cerebrale di due esseri umani non connessi tramite i mezzi tradizionali.

Abbiamo però registrato una caduta delle coincidenze dopo circa 5 minuti di test e abbiamo pensato che questo fatto potesse essere prodotto da una perdita di efficienza del software di classificazione a seguito di un aumento del rumore elettroencefalografico provocato da fatica, con conseguente attenuazione della concentrazione (quindi anche della connessione mentale) dei due partner, che abbiamo definito rispettivamente Trasmittente e Ricevente. Ci siamo pertanto chiesti se, da un lato, fosse possibile migliorare in qualche modo il rapporto segnale/rumore della suddetta connessione mentale e dall'altro l'efficienza del software di elaborazione soprattutto nel Ricevente, tenendo presente che Brain Scanner™ era nato per altri scopi, basati sull'analisi dei segnali elettroencefalografici del Trasmittente al fine di ricavarne comandi da inviare ad apparecchiature da telecomandare.

Ci siamo quindi concentrati sui segnali che il cervello genera in risposta a stimoli esterni: il più noto di essi è il cosiddetto ERP (Event-Related Potential), caratterizzato da un andamento del tipo riportato in Fig. 1.



Fig. 1: Tipico esempio di ERP: si osservano normalmente due picchi, uno negativo e uno positivo, chiamato P300, posto a circa 250-300 ms dopo l'inizio dello stimolo (prima linea verticale), e un picco positivo di minore altezza circa 250 ms dopo la sua cessazione (seconda linea verticale).

L'ERP di Fig. 1 rappresenta infatti la risposta EEG (ElettroEncefaloGrafica) che il cervello fornisce se esposto ad una stimolazione - la quale può essere cognitiva, sensoriale o motoria - ed è ampiamente utilizzato nelle applicazioni di B.C.I (Brain-Computer Interface, o Interfaccia Cervello-Computer) e nelle neuroscienze. È stato profondamente studiato, ma solamente in soggetti direttamente sottoposti a stimolazione, quindi in quelli che noi chiamiamo Trasmittenti, e non in coloro che per noi sono i Riceventi e non sono sottoposti ad alcuno stimolo diretto; la sua presenza in questi ultimi soggetti rappresentava un'incognita.

L'ERP è molto più debole dei normali segnali EEG e, per rivelarlo, di solito è necessario calcolare la media di molte rilevazioni sincronizzate. Come abbiamo visto, esso è correlato con l'applicazione di uno stimolo, mentre la normale attività elettroencefalografica non lo è; pertanto, se consideriamo quest'ultima come rumore e l'ERP come segnale utile, prendendo come riferimento

l'istante di applicazione dello stimolo e sommando molte epoche (vengono definite "epoche" le registrazioni comprendenti periodo pre-stimolo + durata dello stimolo + periodo post-stimolo) e poi dividendo la somma per il loro numero (calcolo della media), dopo averle sincronizzate sull'istante di applicazione dello stimolo, i segnali casuali tendono a cancellarsi parzialmente a vicenda, mentre i segnali sincronizzati si sommano, cosicché il rapporto segnale/rumore migliora secondo la radice quadrata del numero di epoche sulle quali si calcola la media. Ecco perché se ne usa un centinaio o più, infatti in tal modo – siccome la radice quadrata di 100 è 10 – migliorando di 10 volte il rapporto segnale/rumore si possono evidenziare chiaramente ERP anche 6 o 7 volte più deboli dei segnali EEG, purché, però, siano sovrapponibili così da sommarsi l'uno all'altro (in questo caso si dice che sono "sincronizzati in fase").

Il ritardo con il quale l'ERP si manifesta dopo l'applicazione dello stimolo viene chiamato "tempo di latenza" o semplicemente "latenza" e l'ERP stesso è caratterizzato da un ampio picco positivo che presenta una latenza tipica di circa 300 millisecondi ed è piuttosto costante (vedere la colonna di destra di Fig. 2. Se la latenza non è costante, abbiamo a che fare con un fenomeno chiamato "latency jitter", che chiamerò semplicemente "jitter" (vedere colonna di destra di Fig. 2).

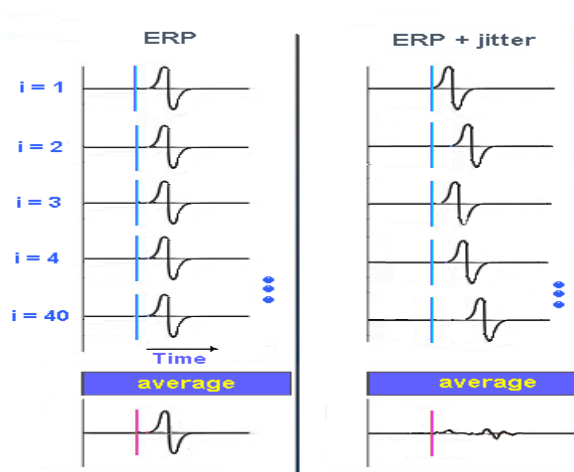


Fig. 2: A sinistra ERP con latenza costante e a destra con jitter (latenza variabile).

Calcolando la media degli ERP con latenza costante, il rumore si attenua e il segnale (l'ERP) emerge chiaramente (vedere AVERAGE in fondo alla colonna di sinistra di Fig. 2), mentre la media degli ERP con latenza variabile porta ad un risultato indistinto e non utilizzabile (vedere AVERAGE in fondo alla colonna di destra di Fig. 2): la riga rossa verticale indica l'applicazione dello stimolo.

Di conseguenza, facendo una serie di sedute di studio, ci siamo dedicati a sviluppare un nuovo protocollo che ci consentisse di somministrare al Trasmittente, in un tempo ragionevolmente breve, 128 stimoli, pur salvaguardando la loro imprevedibilità, per evitare fenomeni di assuefazione.

Inizialmente abbiamo utilizzato l'attrezzatura tecnica descritta nell'articolo INTERAZIONE A DISTANZA TRA MENTE E MENTE, cioè a ciascuno dei due soggetti (Trasmittente e Ricevente), collocati in due ambienti diversi del tutto isolati l'uno rispetto all'altro come mostrato in Fig. 3, sono stati applicate tre diverse apparecchiature: un elettroencefalografo wireless a 14 canali (Emotiv® EEG Neuroheadsets) applicato come consigliato dalla casa produttrice, un paio di occhiali-monitor video (virtual glasses model Kingshop OV2) per lo stimolo visivo, con canale audio stereo dotato di due auricolari per l'applicazione dello stimolo audio e una cuffia-audio dotata di cancellazione attiva del rumore (Parrot ZIK® headphones) per l'eliminazione del rumore ambientale, il tutto gestito da tre computer e monitorato dalla Stanza di Controllo (Fig. 3) che sta tra le due camere riservate, rispettivamente, a Trasmittente e Ricevente.

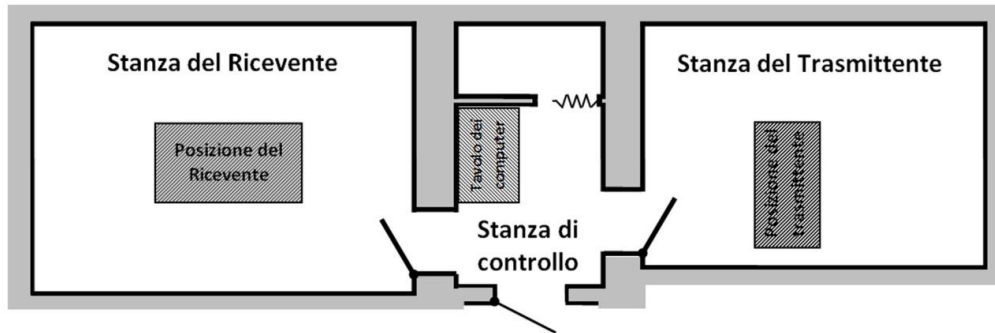


Fig.3 – Planimetria schematica del laboratorio di EVANLAB.

Si trattava innanzi tutto di migliorare il più possibile il rapporto segnale/rumore per massimizzare la rivelabilità dell'ERP stesso nel Trasmittente, perché gli accorgimenti utilizzati a questo scopo sarebbero poi stati fruttuosamente applicabili anche al Ricevente. Facendo una serie di test sul Trasmittente, abbiamo notato che i segnali EEG diventavano più "puliti" sostituendo gli elettrodi di riferimento elettrico delle cuffie Emotiv® (di serie sono mastoidali) con elettrodi a pinza applicati ai lobi auricolari e inoltre utilizzando, per garantire il contatto elettrico degli elettrodi attivi con la pelle, in luogo della soluzione salina, del gel conduttivo iniettato dentro un foro da 3 mm praticato al centro del feltrino presente su ciascun elettrodo. Abbiamo anche notato che lo stimolo acustico, dovendo essere breve, poteva essere costituito semplicemente da una sinusoide pura a 500 Hz di ampiezza costante applicata ad alto volume tramite auricolari con impedenza di 32 ohm (che non disturbano l'EEG) e che lo stimolo luminoso, simultaneo a quello acustico e anch'esso altrettanto breve, poteva essere generato dalla forte luce rossa prodotta, ad un metro di distanza, da una schiera di 16 LED ad alto rendimento. Tra l'altro la forte luce rossa è in grado di attraversare le palpebre chiuse immettendo ugualmente un forte stimolo luminoso e ad occhi chiusi risultano eliminati i segnali elettroencefalografici di disturbo prodotti dal battito delle ciglia. I test hanno rivelato poi che persino i piccolissimi disturbi EEG prodotti dalle cuffie insonorizzanti attive potevano essere eliminati evitando l'uso delle cuffie stesse a favore di comuni tappi auricolari nel Ricevente e di auricolari introdotti nel canale auricolare nel Trasmittente, poiché i locali del laboratorio si erano rivelati ben insonorizzati e non necessitavano di silenziamento attivo: se un partecipante ai test lo riteneva necessario per favorire la propria concentrazione, poteva inoltre utilizzare normali cuffie insonorizzanti passive, che sono meno ingombranti di quelle attive e meccanicamente interferiscono poco con la cuffie Emotiv®, inoltre non creano disturbi elettrici. Abbiamo anche messo a punto accorgimenti efficaci per ridurre l'impatto dei disturbi sempre presenti nelle rilevazioni EEG.

Al termine dei test ci siamo resi conto di aver migliorato sensibilmente il rapporto segnale/rumore e il confort dei partecipanti, ottenendo, nel Trasmittente, dei grafici di ERP ampi e ben definiti facendo la media sui 14 canali EEG e sui 128 stimoli. Un esempio tipico è mostrato in Fig. 4.

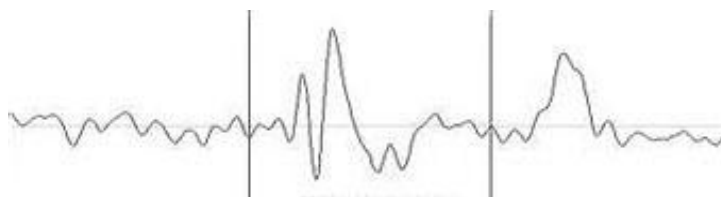


Fig. 4: ERP evidenziato, nel Trasmittente, facendo la media sui 14 canali EEG e 128 stimoli. Le due righe verticali indicano inizio e termine dello stimolo: si vede bene anche l'ERP di fine-stimolo.

Fig. 4 mostra un'epoca di 3 secondi, con un secondo di pre-stimolo, un secondo di stimolo e un secondo di post-stimolo: il grafico corrispondeva perfettamente a quanto riportato dai testi, compreso il picco P300, quindi gli accorgimenti applicati si potevano considerare validi.

Forti di questo primo successo, ci siamo dedicati al soggetto Ricevente, partendo dall'ipotesi (tutta da dimostrare), che nel suo cervello si potesse generare, durante la stimolazione del Trasmittente, un segnale analogo all'ERP.

Per evitare la possibilità che i due soggetti potessero prevedere l'arrivo di uno stimolo, è stato stabilito che, dopo l'avvio di ogni test - comunicato contemporaneamente ai due partecipanti - seguisse una pausa di durata casuale compresa tra 2 e 3 minuti, poi fossero somministrati al Trasmittente 128 stimoli ottico-uditivi di un secondo ciascuno, separati da pause di durata casuale compresa tra 4 e 6 secondi. Ciascuno dei componenti la coppia di partecipanti al test avrebbe avuto a disposizione una fotografia dell'altro/a componente su cui concentrarsi prima dell'inizio del test stesso, da svolgere al buio e in silenzio, e durante il suo svolgimento avrebbe dovuto continuare a concentrarsi su di lui/lei.

Abbiamo organizzato tre giornate di rilevazioni su sei persone (5 uomini e una donna), effettuando quindi registrazioni complete su 25 coppie complessive Trasmittente/Ricevente, poi abbiamo condotto un attento esame dei tracciati EEG dei Riceventi, applicando la stessa tecnica utilizzata per i Trasmittenti (media delle epoche di tre secondi sincronizzate sull'istante di applicazione dello stimolo). Il risultato è stato deludente: mentre nei Trasmittenti l'ERP era evidente, nei riceventi non se ne scorgeva traccia.

Abbiamo allora provato a calcolare la media delle potenze (cioè dei valori forniti dall'EEG elevati al quadrato, quindi tutti positivi), sperando che, trasformando in positivi i valori negativi ed esaltando le differenze, i risultati sarebbero stati migliori, ma l'esito è stato negativo (Fig. 5).

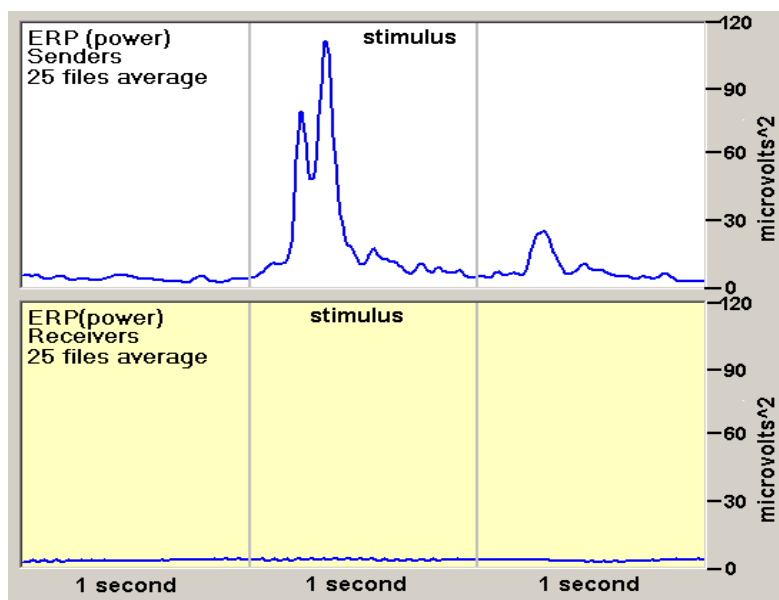


Fig. 5: In alto è riportata la media complessiva delle potenze dei tracciati EEG dei Trasmittenti, in basso è riportata la media complessiva delle potenze dei tracciati EEG dei Riceventi.

Questi scoraggianti risultati avevano, a nostro avviso, soltanto due possibilità d'interpretazione: o nel ricevente non esisteva alcun tipo di ERP, oppure c'era qualcosa che assomigliava all'ERP, ma con latenza variabile.

Anche ammettendo la correttezza della seconda ipotesi, per dimostrarlo sarebbe stato necessario inventare un nuovo metodo di analisi che fosse in grado di prescindere da eventuali variazioni della latenza.

Dopo una prolungata discussione del problema, l'idea giusta è venuta a [William Giroldini](#), il quale aveva già incontrato altre volte ostacoli non troppo dissimili nella sua lunga esperienza di elettroencefalografia. Il metodo da lui proposto, che abbiamo denominato GW6 dopo alcuni tentativi che hanno consentito di metterlo a punto, è complicato ed è descritto in tutti i dettagli nel lavoro [UN NUOVO METODO PER RIVELARE GLI ERP, BASATO SULLA CORRELAZIONE DI PEARSON](#), firmato da William Giroldini, me, [Marco Bilucaglia](#), [Simone Melloni](#) e [Patrizio Tressoldi](#) e in via di pubblicazione. In quel lavoro viene anche fornito il software completo scritto nel ben noto linguaggio di programmazione Matlab (l'originale era stato scritto in Visual Basic ed è disponibile solo nella versione italiana), in modo che chiunque possa liberamente utilizzarlo, seguendo il protocollo esposto nel recente lavoro [CORRELATI ELETTROENCEFALOGRAFICI DELL'INTERAZIONE SOCIALE A DISTANZA](#), firmato da William Giroldini, me, [Marco Bilucaglia](#), [Patrizio Caini](#), [Alessandro Ferrini](#), [Simone Melloni](#), [Elena Prati](#), [Patrizio Tressoldi](#) e pubblicato da *F1000Research* [03 Aug 2015, 4:457 (doi: 10.12688/f1000research.6755.1)] e riproducendo in tal modo i risultati da noi ottenuti.

In sintesi il metodo serve per rivelare la presenza di un eventuale ERP per mezzo di un procedimento matematico basato solamente sulla correlazione di Pearson (un parametro statistico ben noto e comunemente utilizzato). Il risultato che esso fornisce è un grafico in cui appaiono solo picchi positivi, che rappresentano l'aumento di correlazione tra i segnali di tutti i canali EEG in corrispondenza degli stimoli. L'applicazione del metodo al soggetto Trasmittente produce il risultato tipico mostrato in Fig. 6 e consente di identificare ed esaltare anche componenti che solitamente restano nascoste col metodo basato sulla semplice media, questo a causa della variabilità della loro latenza. Inoltre il metodo GW6 è più resistente agli artefatti EEG del tradizionale calcolo della media.

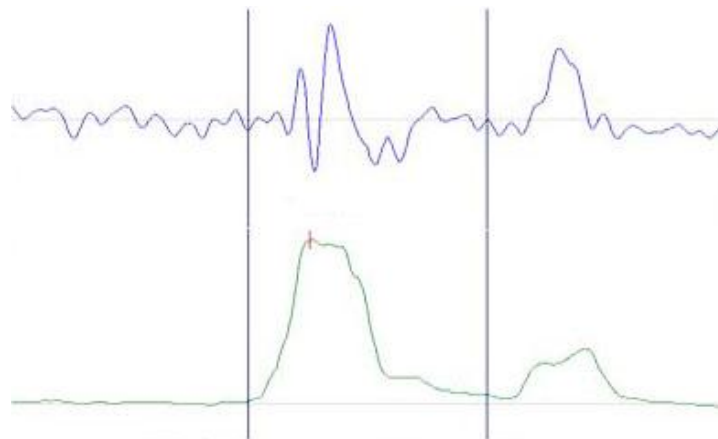


Fig. 6: ERP nel Trasmittente. In alto l'ERP è evidenziato con il metodo standard basato sulla media (come in Fig. 4) e in basso con il metodo GW6.

Abbiamo poi notato che, limitando la banda passante dei segnali EEG dagli originali 1÷43 Hz a 1÷16 Hz, la qualità del risultato migliorava di molto, come si può notare in Fig.7, in cui il grafico in rosso rappresenta la media globale dei 25 Trasmittenti. Sono evidenti un primo picco netto (un ERP di correlazione) circa 300 ms dopo l'applicazione dello stimolo e un secondo picco più basso dopo la cessazione dello stimolo. La curva in blu rappresenta il riferimento relativo alla pura casualità.

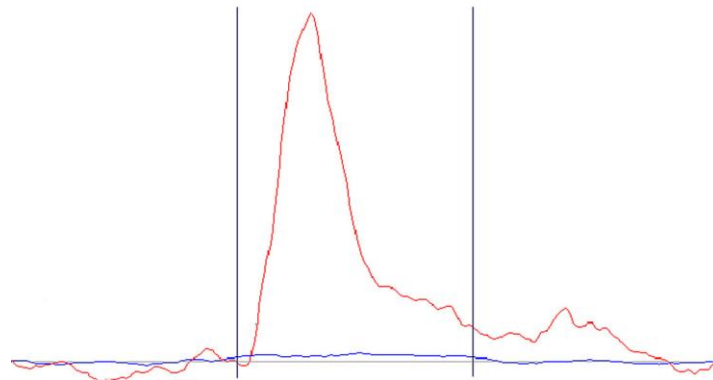


Fig. 7

Era quindi evidente che il metodo GW6 era in grado di mettere in evidenza la presenza dell'ERP molto più del metodo tradizionale basato sulla media. L'abbiamo allora applicato ai Riceventi, notando subito la presenza di un segnale interessante proprio nel periodo temporale in cui ce l'aspettavamo. È stato necessario lavorare molto per migliorare i risultati, ma alla fine, limitando la banda passante a $9 \div 10$ Hz, è stato possibile metter in evidenza la presenza di un equivalente dell'ERP persino nell'insieme di tutti e 25 i Riceventi, benché non tutte le coppie Trasmittente/Ricevente si fossero rivelate capaci di una comunicazione efficace.

Il risultato è mostrato in Fig. 8, nella quale il colore giallo mette in evidenza una zona di particolare significatività statistica, la quale CONFERMA L'ESISTENZA, NEL CERVELLO DEL RICEVENTE, DI UN SEGNALE ELETTRICO CORRELATO ALLA SOMMINISTRAZIONE DELLO STIMOLO AL TRASMITTENTE.

La zona gialla è dilatata e sembra anticipare l'applicazione dello stimolo, ma è solo una conseguenza del metodo di calcolo e della banda passante stretta.

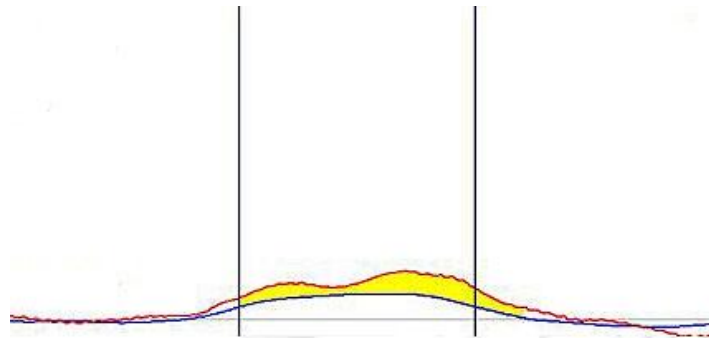


Fig. 8: Risultato globale su 25 Riceventi ottenuto filtrando i segnali EEG nella banda da 9 a 10 Hz.

Le coppie migliori forniscono risultati più evidenti, ma è molto significativo il fatto che anche il risultato complessivo fornisca un valore di probabilità della casualità inferiore al tre per mille. Questa sperimentazione ha consentito di evidenziare un interessante effetto di percezione inconscia di uno stimolo remoto somministrato a un "Trasmittente", da parte di un "Ricevente" in stato di rilassamento e sensorialmente isolato. Nelle sperimentazioni classiche di "trasmissione del pensiero", basate su foto o video, si deduce l'avvenuta percezione remota chiedendo al percipiente di "indovinare" o "descrivere" qualcosa circa le immagini o le sensazioni ricevute. Questo implica che un'eventuale percezione PSI deve superare la soglia della coscienza per essere percepita e poi riferita. Nella nostra sperimentazione abbiamo mostrato che LA PERCEZIONE PSI NON SOLO ESISTE, MA PUÒ ESSERE DEL TUTTO INCONSCIA, cioè non raggiungere la soglia della coscienza, tuttavia può essere rivelata attraverso un metodo sofisticato.

Questo metodo potrebbe trovare applicazione anche in un ambito più tradizionale dell'analisi psicofisiologica e neurologica.

Ci impegneremo a migliorarlo presto, e speriamo di parecchio.