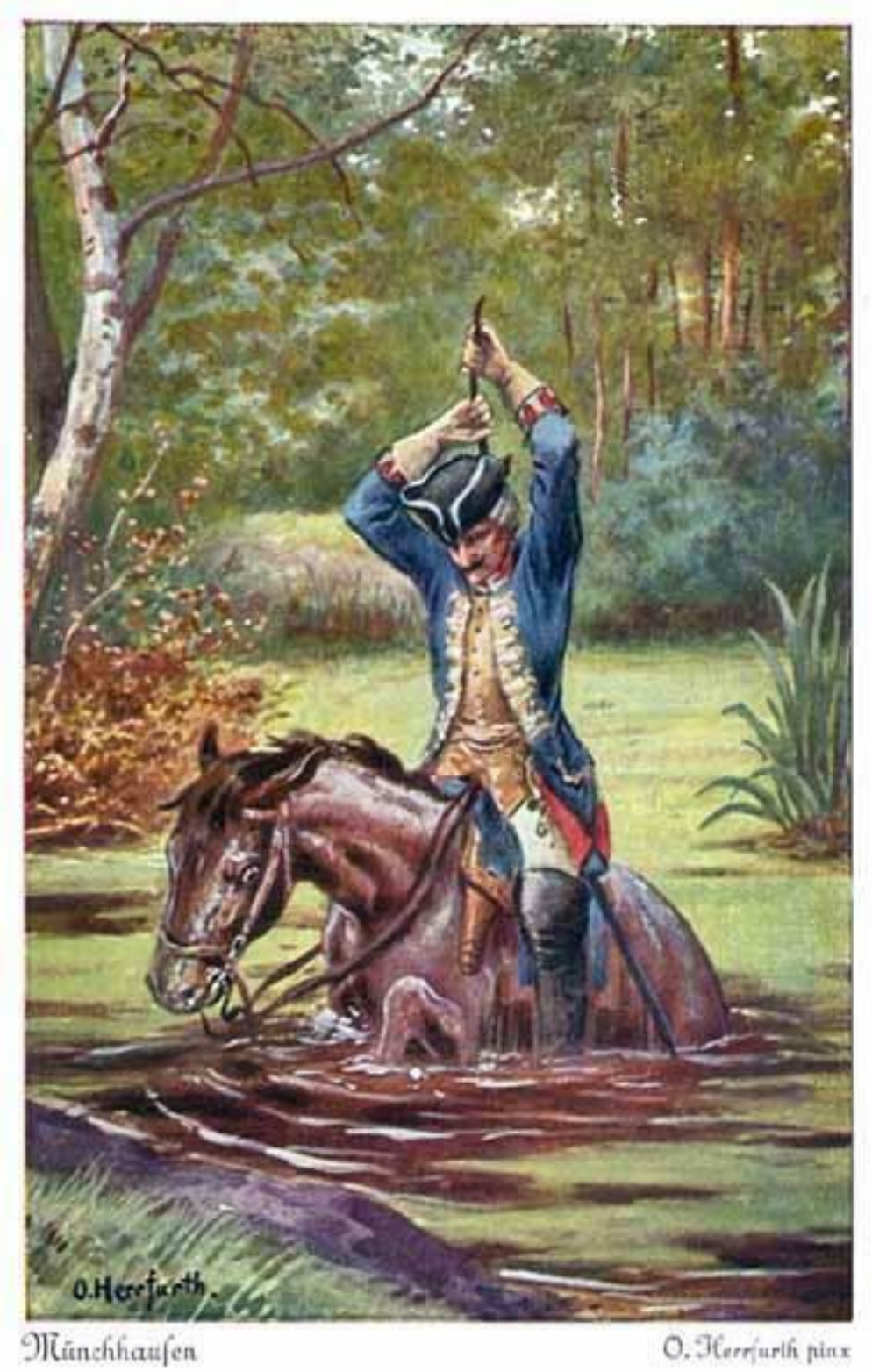
DOPPIOZERO

Imparare tra cervello e macchine

Ugo Morelli

17 Maggio 2020



Con i metodi di *imaging* e risonanza magnetica siamo riusciti a mostrare che fin dalla nascita, praticamente tutti i circuiti del cervello adulto sono già presenti in quello del bambino. Il cervello umano nasce e si sviluppa per auto-organizzazione, spontaneamente, per simulazione interna, imparando per *bootstrapping* –

tirandosi su per il codino, come il Barone di Münchhausen –, da un modello fisico interno e, allo stesso tempo, la struttura precoce non rimane invariata, ma è modificata e arricchita dall'esperienza. Ciò grazie alla plasticità cerebrale. La foresta inestricabile di ramificazioni neurali, composta da migliaia e migliaia di rami sempre più piccoli, i dendriti (*dendron* significa "albero" in greco), mediante le sinapsi, le unità di calcolo del sistema nervoso, dà vita alla comunicazione tra le cellule cerebrali, i neuroni. Considerando il ruolo di ciò che si impara per comprendere lo sviluppo umano e la produzione dei patrimoni di conoscenza disponibili, è necessario comprendere come agiscono i vincoli spaziali e i vincoli temporali in molte regioni del cervello. Sappiamo che la plasticità è attiva soltanto durante un intervallo di tempo limitato, che è chiamato "periodo sensibile". Ha il suo picco, spesso, nella prima infanzia, per poi ridursi gradualmente. Con l'età e con la diminuzione della plasticità, l'apprendimento risulta più difficile, anche se non è certamente bloccato. "Nel primo anno di vita, le ramificazioni dei neuroni crescono con esuberanza, fino a formare un groviglio inestricabile. Nel cervello di un bambino di due anni, il numero di sinapsi è pari a circa il doppio di quello di un adulto. Ma gli alberi dendritici continuano a ingrandirsi: si creano e si disfano sotto l'influenza dell'attività neurale.

Le sinapsi utili sono conservate e si moltiplicano, mentre le altre vengono eliminate" (Dehaene, p. 139). L'incidenza dell'ambiente e delle relazioni, e soprattutto il ruolo delle variabili affettive, interagiscono strettamente e inestricabilmente con i processi neurofisiologici, sostenendo lo sviluppo o creando ritardi che possono anche essere irreparabili. Quella che Lev S. Vygotskij ha chiamato la "zona di sviluppo prossimale", agisce in modi profondi e indistinguibili nel favorire o ostacolare l'apprendimento. "Nulla sostituisce veramente venti mesi di amore perduto" (p. 153), scrive Deahene, anche se la plasticità del cervello può facilitare la resilienza e la reversibilità dei traumi precoci. Quella stessa resilienza che è alla base della plasticità che consente di affrontare un'esperienza distruttrice, quel tipo di esperienza in cui è la spessa plasticità a svolgere una funzione critica. Come rileva Catherine Malabou in *Ontologia dell'accidente. Saggio sulla plasticità distruttrice*, Meltemi, Milano 2019, connettendo Baruch Spinoza ad Antonio Damasio, la ragione non può svilupparsi correttamente se non è supportata dagli affetti e la plasticità distruttrice erompe proprio quando la componente emotiva è compromessa a causa di traumi psicologici o lesioni cerebrali, dimostrazione del fatto che 'il corpo può morire senza essere morto'. In questi casi emerge la capacità del cervello di perseverare nel proprio essere, di sopravvivere a un trauma, fornendo la risposta più

adeguata alle affezioni e alle esigenze del corpo. Non solo nella cura, ma anche nell'educazione emergono con evidenza dinamiche che possono favorire o ostacolare il rapporto tra corpo, cervello, mente e apprendimento.

Uno dei punti più rilevanti, infatti, su cui lo studio di Dehaene si concentra, che è anche la questione più significativa che ci resta da comprendere, è come l'istruzione interagisce con la plasticità cerebrale precoce. Abbiamo bisogno di approfondire come sia possibile per noi umani estendere le nostre capacità verso direzioni che l'evoluzione non aveva previsto. Disponiamo di competenze iniziali, antecedenti, come abbiamo visto, ma l'educazione le moltiplica: se avessimo solo un senso approssimativo del numero, ad esempio, come accade negli altri animali, non saremmo in grado distinguere undici da dodici. "La raffinata precisione del nostro senso dei numeri la dobbiamo all'educazione, su cui poggia l'edificio della matematica" (p. 157). Dehaene propone l'ipotesi del "riciclaggio neurale" per cercare di spiegare come operi la modificazione dei circuiti cerebrali predeterminati, già ampiamente organizzati alla nascita, ma in grado di evolversi e trasformarsi nello spazio di pochi millimetri. Nel corso dei millenni, di fatto, noi abbiamo imparato a fare qualcosa di nuovo con ciò che è vecchio, o meglio, con ciò che avevamo prima. "Ogni attività di apprendimento scolastico riorienta un circuito neurale preesistente verso una nuova direzione. Per leggere o calcolare i bambini fanno affidamento su circuiti precedenti che si sono evoluti per un altro uso, ma che, grazie al loro margine di plasticità, riescono a riorganizzarsi e a specializzarsi in questa nuova funzione culturale" (p. 158). Anche se la plasticità neurale è importante, soprattutto nella specie umana in ragione di una neotenia prolungata, il cervello umano rimane comunque soggetto a forti vincoli anatomici, ereditati dalla sua evoluzione.

Accade così che ogni nuovo oggetto culturale che inventiamo, come l'alfabeto o i numeri arabi, deve trovare la propria nicchia neurale nel cervello, un circuito la cui funzione sia sufficientemente compatibile con la nuova invenzione o comunque con la novità che si para innanzi al soggetto. Avviene così la riconversione al nuovo uso. Qualsiasi nuova acquisizione culturale, così come qualsiasi apprendimento, sono possibili in quanto si basano su un'architettura neurale preesistente. L'apprendimento crea qualcosa di nuovo a partire dai vincoli materiali esistenti. Una distinzione diventa necessaria, per comprendere l'ipotesi di Dehaene riguardo al "riciclaggio neurale". Non stiamo parlando del processo evolutivo in base al quale la biologia fa qualcosa di nuovo utilizzando il

vecchio. In effetti, utilizzando due riferimenti fondamentali per comprendere la logica del vivente, secondo il biologo francese François Jacob, l'evoluzione non smette mai di darsi da fare: senza risparmiare risorse, rimette a nuovo organi antichi per renderli eleganti strumenti d'avanguardia. Così, ad esempio, le piume degli uccelli, da antichi regolatori termici sono riconvertiti in ali aerodinamiche, e persino la contrazione di due sporgenze carnose si è convertita nell'affascinante sorriso della Gioconda. Le modifiche lente di origine genetica non rientrano però nella definizione di "riciclaggio neurale" formulata da Dehaene. Quelle modifiche sono processi di *exaptation* come li ha identificati Stephen Jay Gould, con un temine che combina "ex" con "adaptation", per indicare un processo evolutivo che porta a dare una nuova utilità a un vecchio meccanismo. Il tempo fa la differenza. Le *exaptation* hanno la durata dei tempi biologici, mentre il "riciclaggio neurale" avviene in tempi brevi e ha la durata di pochi giorni o pochi anni.

Riciclare allora vuol dire riorientare una parte di un circuito cerebrale in poco tempo e solo grazie all'apprendimento, senza l'implicazione di modifiche genetiche. Il "riciclaggio neurale, in fondo, indica la singolare abilità della nostra specie di uscire dalla propria nicchia ecologica e, in una certa misura, di trascenderla. Questa capacità non è illimitata: "i neuroni veri e propri non attraversano che un sottospazio che comprende solo una decina di dimensioni. Il limite dell'apprendimento è molto semplice da capire: o ciò che viene chiesto alla corteccia 'torna' all'interno di questo spazio preesistente, e la scimmia impara senza difficoltà; o la richiesta di configurazione di un'attività va oltre i suoi limiti, nel qual caso non riesce ad imparare" (p. 161). Ciò vale a un livello diverso di specie anche per gli umani.

Ogni regione cerebrale ha una dinamica propria che non cambia di molto da regione a regione per quanto riguarda il processo di apprendimento. Ognuna di queste regioni cerebrali proietta sul mondo il proprio spazio di ipotesi. Ognuno di questi spazi è precedente all'apprendimento e, in un certo senso, lo rende possibile. Possiamo così imparare cose nuove, ma queste devono trovare la loro nicchia neurale, uno spazio di combinazione e ricombinazione, che darà vita a una ristrutturazione e a una nuova organizzazione della conoscenza, come avevamo sostenuto con Carla Weber in *Passione e apprendimento*, Raffaello Cortina Editore, Milano 1996. Ciò accade e può accadere in ogni ambito, dalla matematica, alla lettura, alla musica, facendo sì che il cervello, il corpo e il

movimento possano sfruttare al meglio i benefici derivanti da un ambiente il più possibile arricchito.

La plasticità sinaptica non è un appannaggio esclusivo della nostra specie, anzi, è onnipresente nel mondo animale e le mosche, il verme nematode o la lumaca di mare, per fare solo qualche esempio a caso, hanno sinapsi modificabili. Nel corso dell'evoluzione, l'esperienza e la storia evolutiva hanno dotato il cervello umano di alcune caratteristiche che risultano cruciali per l'apprendimento e che Dehaene chiama "i quattro pilastri dell'apprendimento". Si riferisce:

- all'attenzione, che amplifica le informazioni su cui ci concentriamo;
- al coinvolgimento attivo e alla curiosità, che incoraggiano costantemente il nostro cervello a valutare nuove ipotesi;
- al ritorno sull'errore, che ci consente di confrontare le nostre predizioni con la realtà e correggere i nostri modelli del mondo;
- al consolidamento, che automatizza e fluidifica ciò che abbiamo appreso, specialmente durante il sonno.

L'attenzione svolge il compito fondamentale di risolvere il problema della saturazione delle informazioni. Si tratta di meccanismi con cui selezioniamo le informazioni, le amplifichiamo, le incanaliamo orientando l'azione, e le approfondiamo. La selezione svolge la funzione di concentrazione, ma rende anche "ciechi" rispetto a quanto viene escluso dall'attenzione stessa. Nell'apprendimento, quindi, è importante definire a che cosa è necessario prestare attenzione se si vuole favorire lo sviluppo della conoscenza attesa. È importante sapere che l'attenzione modifica radicalmente l'attività cerebrale (p. 199). Per imparare a leggere, ad esempio, solo l'allenamento fonetico, che richiama l'attenzione sulla corrispondenza tra lettere e suoni, attiva il circuito della lettura e consente di imparare. Il controllo esecutivo, come parte integrante dell'attenzione, ci consente di scegliere un piano d'azione e di attenerci ad esso. Semplificando, abbiamo due modalità di utilizzo dell'attenzione per imparare. La prima è una modalità attiva, in cui testiamo delle ipotesi sul mondo esterno; la seconda modalità è l'assorbimento di ciò che gli altri ci trasmettono senza verificarlo in prima persona. Se la seconda modalità ha consentito l'accumulazione culturale che ha portato allo sviluppo delle società umane, nel bene e nel male, è necessario considerare che essa tende al conformismo, alla continuità e alla consuetudine. È la prima modalità, il coinvolgimento attivo, che ci consente di rifiutare il sentito dire, di proteggerci da maghi, leggende e santoni, e di utilizzare filtri essenziali per verificare le conoscenze.

Così come l’esplorazione attiva del mondo è essenziale per un corretto sviluppo della visione, essa lo è per l’intero processo di conoscenza. Un organismo passivo, infatti, non impara. Per fortuna, raramente il cervello umano si accontenta di registrare passivamente le conoscenze e, imparando, comunque filtra e ricrea almeno in una certa misura quel che impara, nonostante certi metodi di insegnamento siano tendenzialmente passivizzanti. Rinunciare al *comfort* della passività è una condizione indispensabile per l’apprendimento. Dehaene, con scelta quanto mai opportuna, sottopone a critica la cosiddetta “pedagogia della scoperta” e i suoi fallimenti. Si tratta di un contributo particolarmente salutare del libro, se si considera la diffusione più o meno consapevole delle idee pedagogiche che hanno proposto e propongono di lasciare i bambini a se stessi, di limitarsi a porli di fronte ai fenomeni e attendere che facciano i propri percorsi per imparare. I fallimenti, in ogni campo, di questa prospettiva, sono spesso clamorosi. La relazione asimmetrica con chi insegna e crea un ambiente strutturato di apprendimento progressivo ed esplicito, con adeguate azioni di guida, risulta essenziale per l’apprendimento. Il mito dell’autoeducazione è in una certa misura persistente e torna di volta in volta sotto diverse forme: è presente nelle relazioni primarie e nelle scuole di ogni ordine e grado e si basa su una falsa interpretazione del principio di autorità educativa, ritenuto di per sé negativa. La ricerca consente di mostrare come la sollecitazione della curiosità e della propensione alla scoperta, della motivazione e della volontà di sapere, e l’attenzione al fatto che chi insegna può uccidere la curiosità di chi apprende, depongano a favore di una relazione asimmetrica in grado di indicare e contenere, innestando sui saperi disponibili le indicazioni relative ai saperi acquisibili. Il contenimento emozionale e cognitivo si esprime, in particolare, riguardo al modo di riscontrare e trattare gli errori.

Pensare e apprendere, in fondo, potrebbe essere descritto come un continuo passaggio da un errore all’altro. “Il principio è semplice: è necessario provare”, scrive Dehaene, “anche a costo di fallire, perché la dimensione e la direzione dell’errore indicano la correzione” (p. 241). La sorpresa si propone come un motore dell’apprendimento. Di fronte a un fenomeno o a un compito noi operiamo una predizione; quindi calcoliamo lo scarto, il *gap*, tra la predizione e lo stimolo effettivamente ricevuto; la considerazione dell’*errore di predizione* determina il grado di sorpresa; a quel punto ci attiviamo per operare una correzione in modo che la predizione successiva sia più vicina alla realtà. Una dinamica come quella appena descritta conferma che l’apprendimento avviene nel momento in cui il cervello amplifica gli *input* sensoriali appropriati (attenzione); se li usa per

produrre una predizione (impegno attivo); e se riesce a determinarne la correttezza (riscontro dell'errore). È bene precisare che non stiamo parlando solo di un errore effettivo ma di un segnale di errore interno. Così come è necessario non confondere errori e sanzioni. In questo senso Dehaene considera il voto un pessimo riscontro dell'errore. Se ne ricava che l'apprendimento non è puramente associativo. Il cervello non è un organo passivo che cataloga delle associazioni. L'apprendimento è attivo e dipende dal grado di sorpresa legato alla violazione delle nostre aspettative. L'incertezza agisce come un errore virtuale e apre a possibilità continue e a occasioni da cui possiamo imparare.

Il consolidamento svolge, tra le altre, una funzione essenziale: rendere acquisite, tacite e inconsce le conoscenze e, quindi, liberare risorse cerebrali. Se si osserva il cervello di un lettore alle prime esperienze, il suo normale circuito della lettura è già attivato, ma è anche accompagnato da una massiccia attivazione di regioni parietali e prefrontali che riflettono lo sforzo, l'attenzione spaziale e le strategie coscienti. Questa intensa attività, molto energivora, scomparirà gradualmente a mano a mano che l'apprendimento della lettura si consolida. Quelle aree si attiveranno intensamente, quando il lettore sarà esperto, solo se disturbiamo la lettura o introduciamo una discontinuità di qualche tipo. Ciò che vale per la lettura, si conferma anche per tutti gli altri ambiti di apprendimento. Una funzione decisiva per il consolidamento la svolge il sonno. Il cervello addormentato rivive gli episodi del tempo precedente, non solo, ma possiamo fare scoperte mentre dormiamo, come sarà capitato molto probabilmente a ognuno. Il consolidamento notturno non è, quindi, semplicemente un rafforzamento dell'apprendimento (p. 275). A proposito del sonno Dehaene esprime una critica all'organizzazione scolastica e riporta un esperimento in cui è stato cambiata l'ora di ingresso a scuola solo di mezz'ora o di un'ora al mattino: "gli adolescenti dormono meglio, il loro assenteismo si riduce, la loro attenzione in classe aumenta…" (p. 280).

Lo scopo di Dehaene è conciliare l'educazione con le neuroscienze e si tratta di un compito urgente se si considera che il modello di corpo-cervello-mente in uso nelle scuole è oggi profondamente superato. Mentre è di molto cambiato il significato di essere umano, la scuola continua a procedere secondo orientamenti e epistemologie tradizionali. Oggi sappiamo che il bambino non è una tabula rasa; sappiamo che non è una spugna passiva; che il cervello non è una rete di neuroni malleabili a piacimento, ma i grandi fasci di connessioni sono presenti fin dalla fase prenatale e dalla nascita, e che la plasticità non fa che perfezionare gli ultimi

millimetri delle nostre connessioni; sappiamo che l’apprendimento non avviene passivamente, ma che il bambino è uno scienziato in erba, che genera costantemente nuove ipotesi e le mette alla prova; che commettere un errore non significa essere cattivi studenti, ma che apprendiamo mettendo in rapporto le aspettative e la realtà; che il sonno non è solo un periodo di riposo ma è parte integrante del nostro algoritmo di apprendimento; sappiamo che il cervello è probabilistico e riesce a estrarre ogni briciolo di informazione da ogni episodio della giornata e a trasformarlo in apprendimento e in conoscenza astratta e generale.

“Oggi sappiamo molto circa le condizioni che massimizzano l’apprendimento e la memoria”, scrive Dehaene (p. 284), e si concede e ci concede delle massime per ottimizzare il potenziale dei bambini, che ogni genitore e ogni insegnante dovrebbe conoscere, approfondire e applicare.

Prima di tutto si tratta di non sottovalutare i bambini; fin dalla nascita ogni bambino possiede ricchi nuclei di competenze; è importante sfruttare le loro intuizioni e fare loro proposte di apprendimento connesse alle loro conoscenze pregresse.

È importante, inoltre, approfittare dei periodi sensibili, e proporre al bambino opportunità di apprendimento coerenti con l’età, il tempo e la sensibilità maggiormente corrispondenti.

Bisogna arricchire l’ambiente, fornendo dati all’altezza del bambino, parlandogli seriamente, senza esitare a usare un vocabolario elaborato.

Le differenze vere e proprie riguardano la velocità di apprendimento e i gusti di ognuno e, perciò, si possono valorizzare i fattori comuni e non credere che i bambini siano tutti diversi, di una diversità che sarebbe insormontabile.

Di particolare importanza è prestare attenzione all’attenzione, evitando stimoli impropri e disturbanti come libri di testo sovra-illustrati, classi eccessivamente decorate, lettere o cifre distorte o animate, disturbando la concentrazione.

Facciamo in modo che il bambino sia attivo, curioso, coinvolto e guidiamolo usando insegnamenti strutturati.

Introduciamo il principio del desiderio e del piacere e facciamo in modo che ogni giorno di scuola sia un piacere, utilizzando bene i circuiti della ricompensa che sono modulatori essenziali della plasticità cerebrale, e restituendo in modo adeguato gli esiti delle valutazioni.

Smettiamo di far credere ai bambini che sia tutto facile e forniamo loro dei compiti di crescita, in modo da incoraggiare gli sforzi.

È indispensabile aiutare gli studenti ad approfondire il loro pensiero, rendendo le condizioni di apprendimento più difficili, e inducendo loro a uno sforzo e a un impegno cognitivo maggiori, creando le condizioni per una memoria migliore.

Gli studenti imparano meglio quando hanno chiaro lo scopo, e per questo è importante fissare obiettivi chiari di apprendimento.

Se l'errore è la condizione stessa dell'apprendimento, accettiamo e correggiamo gli errori.

Se l'automatizzazione delle conoscenze, il loro consolidamento, libera la corteccia prefrontale, che diventa disponibile per altre attività, ripassiamo in continuazione.

Lasciamo che i bambini e gli adolescenti dormano, il sonno è un ingrediente importante delle nostre capacità e possibilità di apprendimento.

È difficile sopravvalutare il contributo che Stanislas Dehaene fornisce con questo libro a chiunque insegni o svolga attività educative e formative: il coraggio e la chiarezza del testo portano finalmente l'analisi dell'apprendimento e delle prassi educative e formative all'altezza dei risultati della ricerca scientifica degli ultimi anni, in un campo in cui vi è stata e vi è una vera e propria rivoluzione paradigmatica.

Se continuiamo a tenere vivo questo spazio è grazie a te. Anche un solo euro per noi significa molto.
Torna presto a leggerci e SOSTIENI DOPPIOZERO


MELTEMI
CATHERINE MALABOU
ONTOLOGIA DELL'ACCIDENTE
SAGGIO SULLA PLASTICITÀ DISTRUTTRICE
GLI ANELLI DI SATURNO