Impegnati nella ricerca della coscienza, i ricercatori tentano di scandagliare il nostro cervello fin nei minimi dettagli. Quest'immagine è in realtà una rappresentazione visiva dei fasci nervosi che collegano tra loro i centri cerebrali. In basso al centro si trova il cervelletto. I colori indicano la direzione in cui si orientano i tratti fibrosi nel cervello: rosso = sinistra-destra, verde = avanti-indietro, blu = sopra-sotto. A destra, Giulio Tononi.

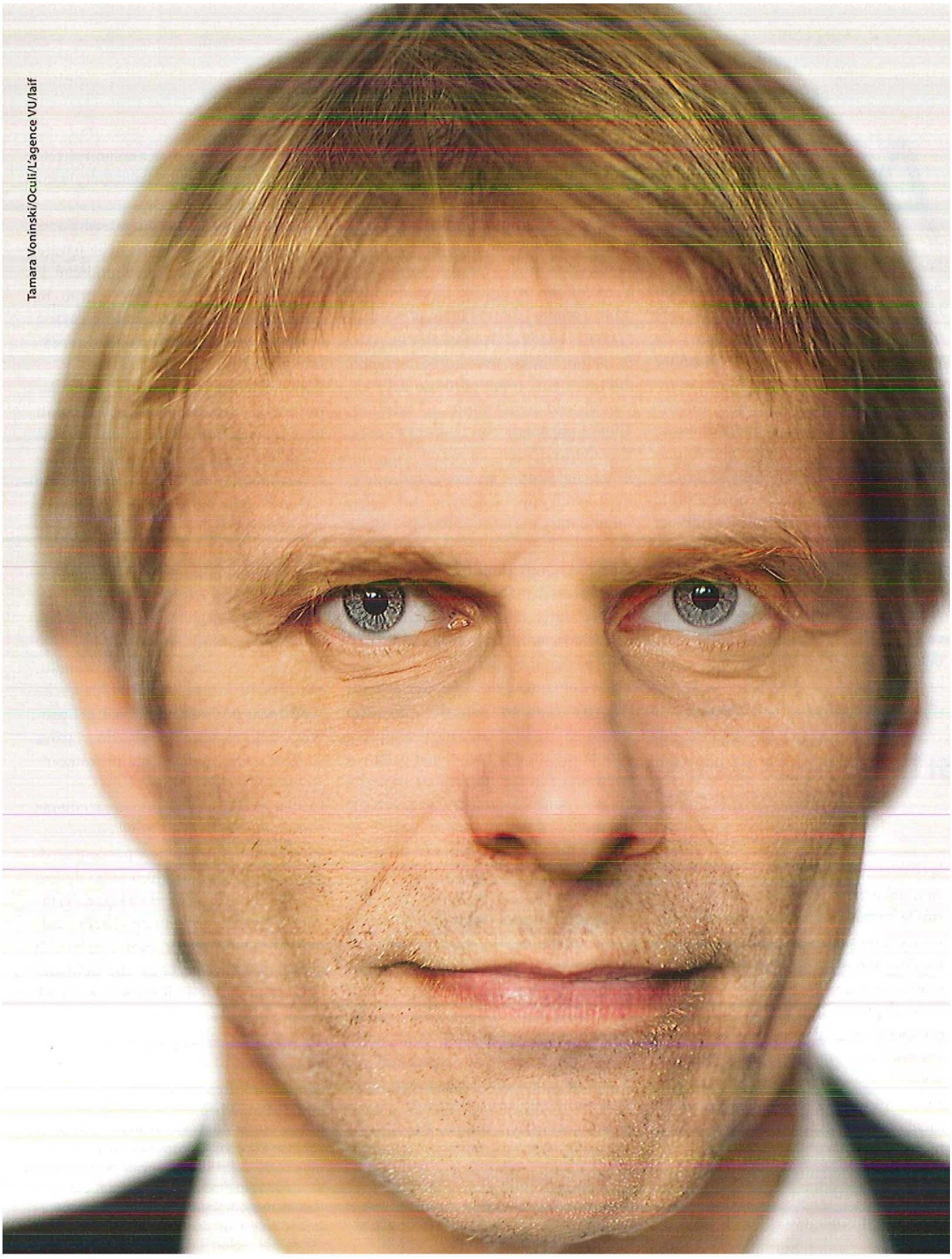
SCIENZA

DAL CERVELLO ALLA COSCIENZA

COSA SUCCEDE NELLA TESTA di quest'uomo? Giulio Tononi è un neuroscienziato che ama provocare i colleghi: «Dimenticate le vecchie teorie su come nasce la nostra coscienza», dice. E sta cercando di dimostrare che non si forma solo nel cervello umano.

Testo Christian Schwägerl

Ritaglio stampa ad uso esclusivo del destinatario, non riproducibile.



Tamara Voninski/Oculi/L'agence VU/laif

Ritaglio stampa ad uso esclusivo del destinatario, non riproducibile.

A volte Giulio Tononi si sveglia e non sa più chi sia, dove si trovi e come si chiami, e nemmeno se sia un uomo o una donna. Succede per lo più quando è in viaggio, nel buio e nel silenzio di una stanza d'albergo all'estero. Per un attimo scompare la sua identità e la consapevolezza del proprio posto nel mondo. La maggior parte di noi sarebbe terrorizzata se capitasse una cosa del genere. Tononi, neuroscienziato di fama internazionale, invece è contento: «È esattamente quello che cerco», rivela. Momenti di una forma dell'essere particolarmente pura, ridotti alla sensazione più semplice di tutte: io esisto, io ci sono. E nient'altro.

Non si tratta solo di un tic, ma di una nuova visione scientifica di uno dei fenomeni più basilari della nostra vita: la coscienza. Per Tononi, titolare dal 2001 della cattedra di Ricerca sul sonno e sulla coscienza presso l'Università di Madison, nello Stato americano del Wisconsin, la coscienza, e quindi soprattutto la nostra esperienza soggettiva nella sua totalità, non rappresenta soltanto un interessante argomento di studio, ma piuttosto il punto di partenza di tutto, la prospettiva da cui si osserva il mondo o ciò che riteniamo essere il mondo. In hotel all'alba, solo in presenza di se stesso, al buio e in silenzio, Tononi sperimenta tutto questo in modo particolarmente nitido.

LA COSCIENZA SI TROVA NELLE SINAPSI E NEI NEURONI?

Lo studioso italiano siede al tavolo nel sole della sua veranda, in una radura in mezzo a un querceto. Vive in una lussuosa casa di legno fuori Madison. Il marrone caldo delle travi, il suono dell'impianto stereo, il giardino d'inverno inondato di luce, il canto degli uccelli di bosco e dei tordi sugli alberi, il profumo acre del terreno sono tutti elementi che percepisce in modo differente rispetto alla maggior parte delle persone: Tononi considera ciò che prova in primo luogo non come ambiente esterno, bensì come prodotto della coscienza, che prende forma nel cervello.

Tononi picchietta con le nocche sul tavolo di legno: «Nasciamo con la convinzione che esista il mondo là fuori, questo tavolo per esempio. Ed esiste veramente. Le scienze naturali ci hanno permesso di raggiungere risultati straordinari e siamo riusciti a descrivere il mondo esterno in modo sempre più preciso. Tuttavia siamo prigionieri della nostra coscienza. Tutto ciò che sappiamo nasce da dentro».

Ma la domanda delle domande è: come si arriva a questo "dentro"? Con quali trucchi gli studiosi riescono a comprendere la natura e la meraviglia della coscienza se tutta la conoscenza umana è necessariamente caratterizzata, filtrata, rielaborata dalla coscienza stessa? La scienza discute animatamente da secoli su questo dilemma, vero circolo vizioso della percezione, e su quale delle due possibili strade per raggiungere il nostro io sia la migliore.

In primo luogo ci sono i cosiddetti riduzionisti, convinti che la nostra coscienza debba un giorno rivelarci il suo segreto, quando capiremo finalmente, in tutti i singoli componenti, la "macchina" che la genera: il cervello. Un compito senza dubbio difficile, ma, grazie alla sua curiosità scientifica, l'uomo può trovare una spiegazione convincente, basata anche sui diversi miliardi di quei singoli pezzi, anche sul nostro senso dell'io, la nostra coscienza. Proprio come già avvenuto, con successo, per enigmi altrettanto complessi quali l'evoluzione, la fotosintesi o il Dna.

Il riduzionismo ha una lunga tradizione. La scienza deve occuparsi della natura dettaglio per dettaglio, dopodiché il quadro d'insieme prenderà corpo in modo quasi automatico. Ed è necessaria la massima obiettività, perché ogni sentimentalismo è solo deleterio.

Già Galileo Galilei, uno dei padri fondatori del naturalismo moderno, bandì tutte le sensazioni soggettive da ciò che considerava scientifico. "*Misura ciò che è misurabile e rendi misurabile ciò che non lo è*": gran parte dell'odierna ricerca sul cervello segue alla lettera questo principio galileiano. Gli studiosi misurano infatti i flussi cerebrali e i neurotrasmettitori e, dai risultati conseguiti, cercano di dedurre le cause prime di quella che chiamiamo coscienza.

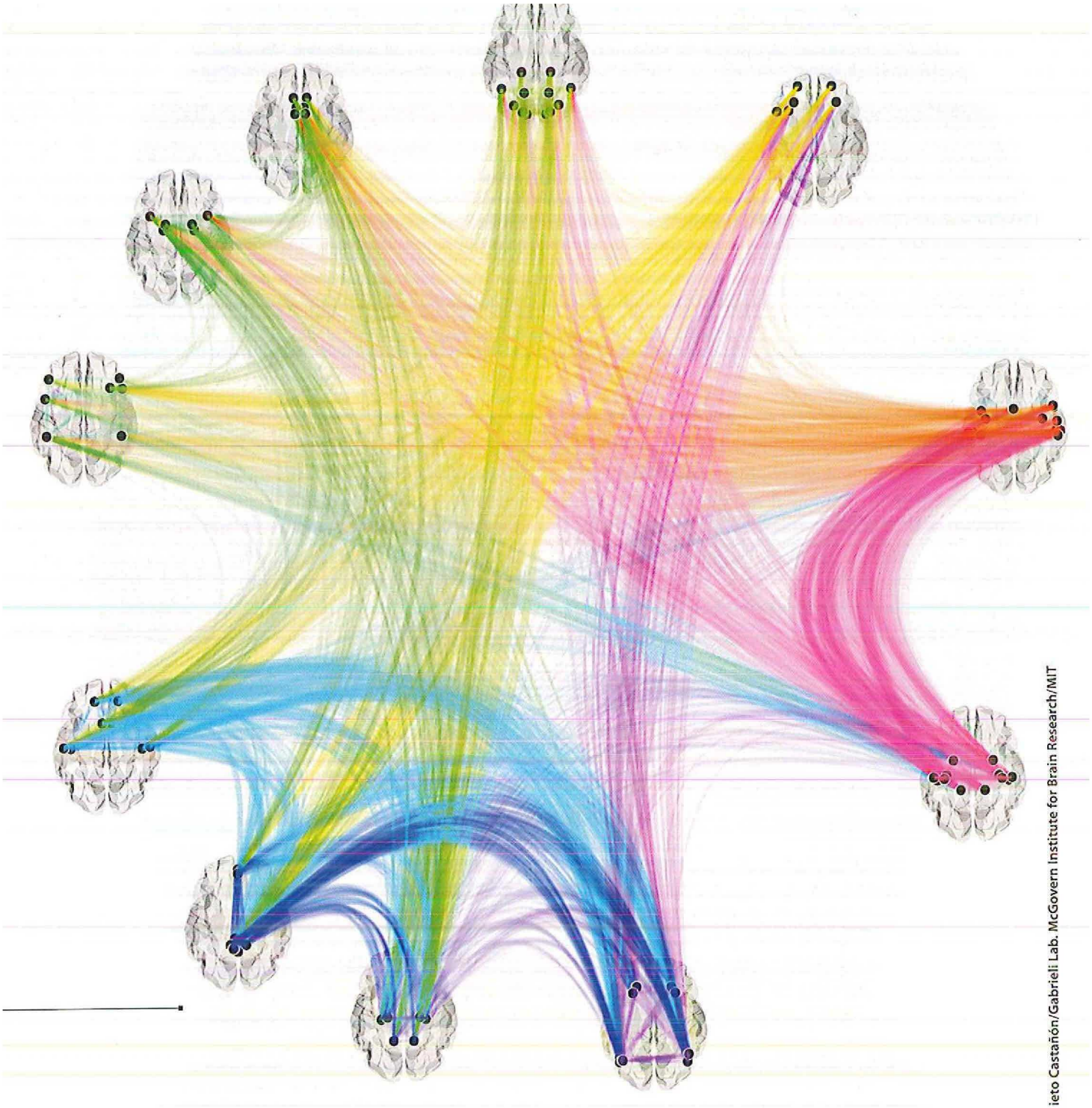
Una cosa sensata, a giudizio di molti. Ma c'è un problema, dice Tononi, perché la scienza, pur addentrandosi nel profondo della materia del cervello, vi trova sempre e solo materia, ma nessuna informazione sulla coscienza.

In che modo, guardando una ciliegia rossa, percepiamo davvero il colore rosso? O, ascoltando le opere per organo di Bach, avvertiamo un rimbombo dentro di noi? Oppure, toccando il legno del tavolo da pranzo, lo sentiamo liscio e caldo? Come fa questa massa grigia di grassi, proteine e acqua che abbiamo nella testa a sapere di esistere e che c'è ▷

LA RETE DELL'ESPERIENZA

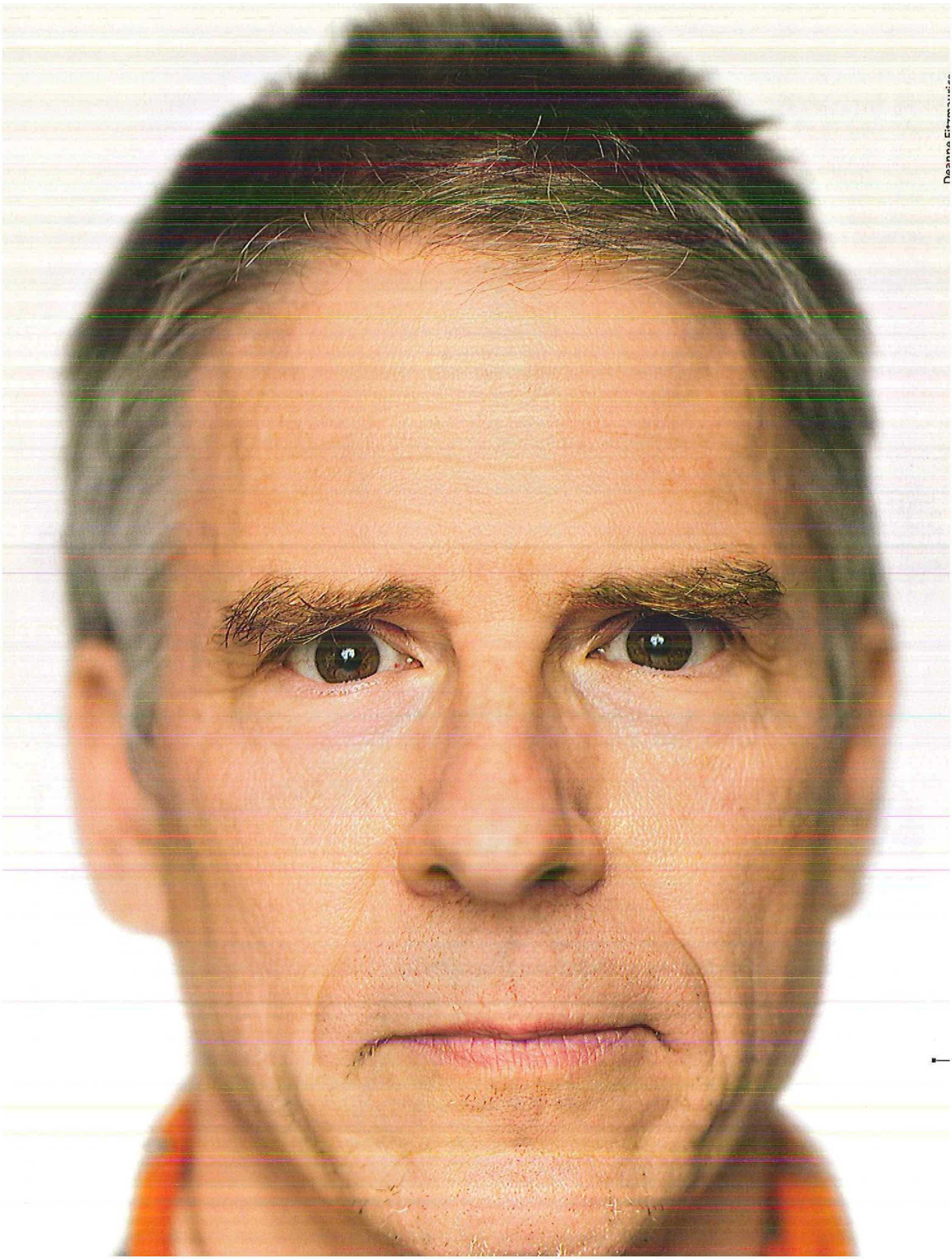
Christof Koch, il convertito: fino a poco tempo fa lo studioso americano credeva di poter trovare la coscienza nella "giungla" delle cellule nervose. Poi però si è convinto che essa si forma sempre quando le informazioni vengono messe in relazione in modo complesso, per esempio tramite le vie di segnalazione del cervello, evidenziate in modo chiaro nella figura a destra. Per i colori si veda la legenda dell'illustrazione nella pagina precedente.

Ritaglio stampa ad uso esclusivo del destinatario, non riproducibile.

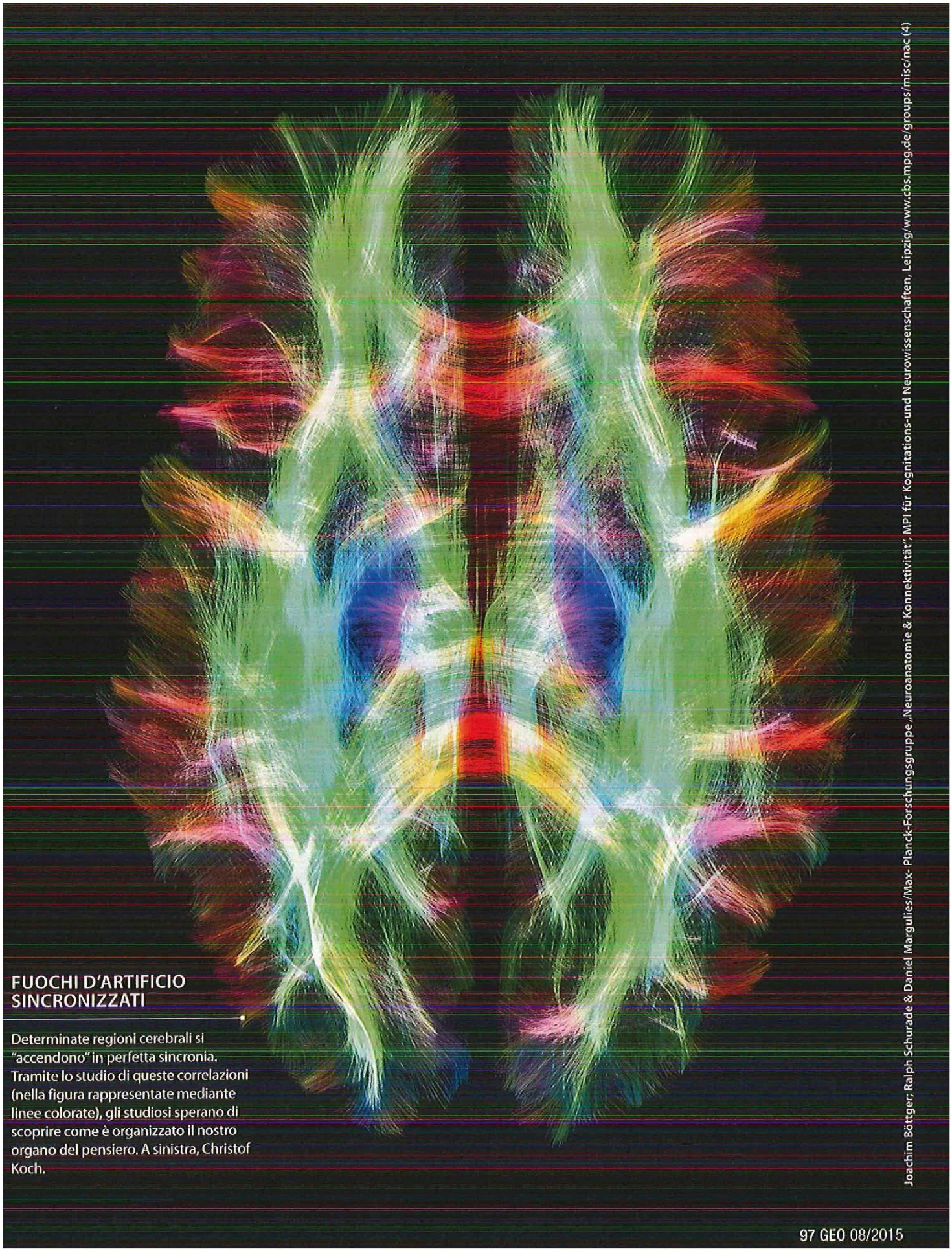


ieto Castañón/Gabrieli Lab. McGovern Institute for Brain Research/MIT

Ritaglio stampa ad uso esclusivo del destinatario, non riproducibile.



Ritaglio stampa ad uso esclusivo del destinatario, non riproducibile.

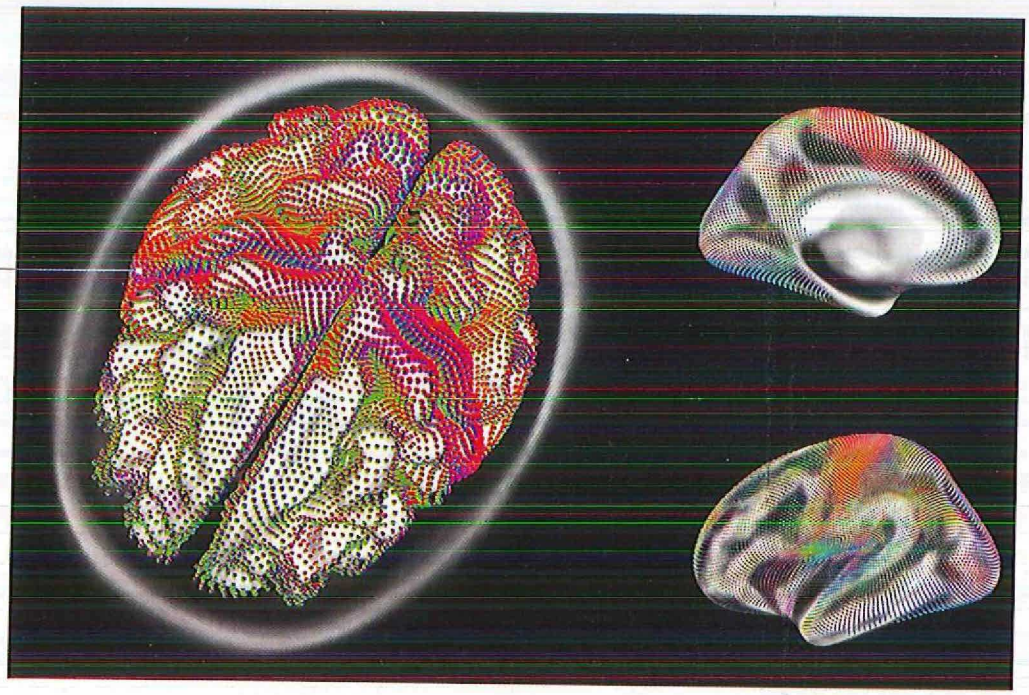


FUOCHI D'ARTIFICIO SINCRONIZZATI

Determinate regioni cerebrali si "accendono" in perfetta sincronia. Tramite lo studio di queste correlazioni (nella figura rappresentate mediante linee colorate), gli studiosi sperano di scoprire come è organizzato il nostro organo del pensiero. A sinistra, Christof Koch.

Joachim Böttger; Ralph Schurade & Daniel Margulies/Max- Planck-Forschungsgruppe „Neuroanatomie & Konnektivität", MPI für Kognitations-und Neurowissenschaften, Leipzig/www.cbs.mpg.de/groups/misc/nac (4)

Ritaglio stampa ad uso esclusivo del destinatario, non riproducibile.



PUNTI COLLEGATI

Gli scienziati sono riusciti a stabilire quanto sia stretto il collegamento esistente tra oltre 20 mila punti della corteccia cerebrale. Il colore dei punti simboleggia la direzione della connessione (rosso = sinistra-destra, verde = avanti-indietro, blu = sopra-sotto). Nella figura sono visibili zone del cervello che svolgono le stesse funzioni: per esempio al centro, in rosso, la corteccia motoria, responsabile del controllo e dell'esecuzione dei movimenti.

tutto un mondo intorno a lei?

Giulio Tononi crede che la risposta a questa domanda fondamentale della nostra esistenza non sia nello spazio infinitesimale delle sinapsi e dei neuroni. La scienza, secondo lo studioso, dovrebbe osservare il mondo direttamente dal punto di vista della coscienza.

«Alla fine la coscienza è l'unica cosa veramente reale», commenta il neuroscienziato italiano. Abbiamo una percezione e nella nostra coscienza si forma un'immagine, un'esperienza, e solo questo dato di fatto è indiscutibilmente vero.

E tutto il resto? Pura speculazione. La domanda se il rosso di una ciliegia sia lo stesso colore rosso per tutti noi sfugge a ogni misurabilità. Descrivere qualcosa come rosso è di per sé una mera convenzione.

Questo approccio di Tononi stravolge tutte le teorie formulate finora e sta creando grande scompiglio nella comunità neuroscientifica. Inoltre ha fatto molto riflettere la posizione di uno scienziato influente, in teoria uno dei più strenui oppositori di Tononi, che invece da qualche tempo condivide la sua teoria: Christof Koch, collaboratore di Francis Crick, il biologo inglese che fu tra gli scopritori della struttura del Dna. Oggi Koch è direttore scientifico dell'Allen Institute for Brain Science di Seattle, negli Stati Uniti, una delle istituzioni più importanti e meglio finanziate nel campo delle neuroscienze a livello mondiale.

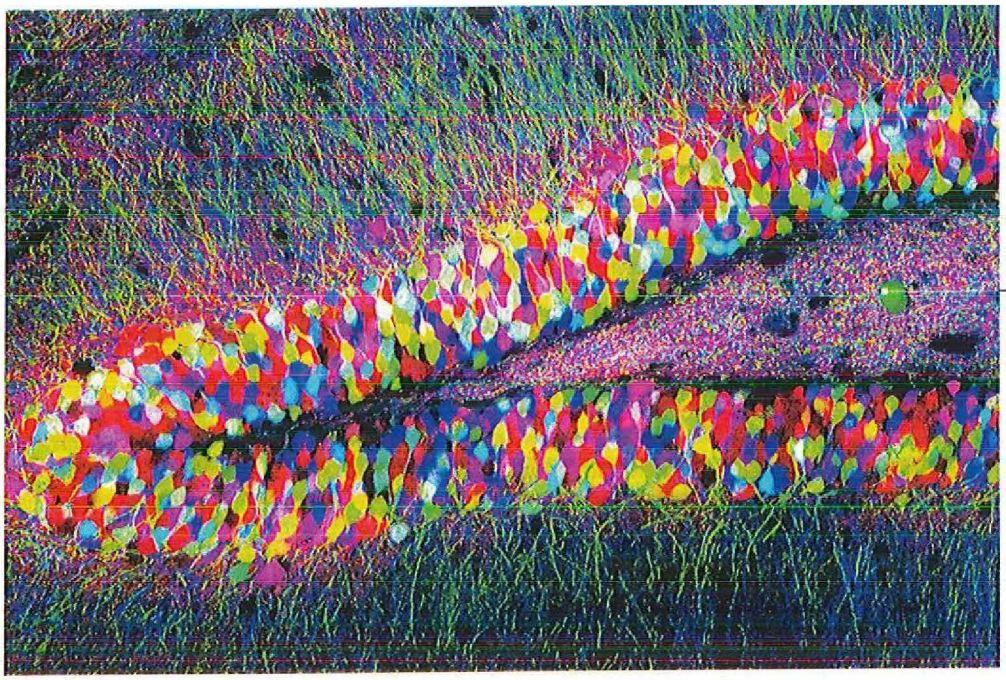
Un tempo era un appassionato sostenitore della tesi classica: la coscienza umana è un fascio di cellule nervose e se comprendiamo come funzionano, riusciremo a svelare anche i segreti della coscienza.

I NEUROSCIENZIATI SONO PASSATI DA UNA VITTORIA EFFIMERA ALL'ALTRA. Hanno cercato, ma sempre invano, di trovare l'origine della coscienza nelle strutture piramidali della corteccia cerebrale, in una determinata forma di sincronicità nell'accensione dei neuroni, nella modalità in cui le informazioni si muovono nell'organo del pensiero tramite migliaia e migliaia di cicli di feedback, presenti anche nel termostato di un termosifone. E anche se le cellule piramidali fossero la sede del sentire soggettivo, questo non spiegherebbe ancora come e perché esso possa nascere dalla vile materia. Ciò rimarrebbe un mistero, come quello di Aladino, che sfrega la sua lampada e ne fa uscire il genio. Ma nel nostro caso la lampada è microscopica e il genio è l'io.

Poi, finalmente, Koch e Tononi si sono incontrati e il secondo ha fatto cambiare idea al primo. I due neuroscienziati formano un "duo neuronale" di straordinaria efficacia. Christof Koch immette le conoscenze in un megacomputer sperimentale. Lo studioso americano guida un team di 240 scienziati, che negli ultimi anni ha prodotto mappe estremamente precise di cervelli di uomini e topi e oggi si occupa di analizzare il cervello mentre lavora, in tempo reale. Entro il 2022 il numero dei collaboratori di Koch dovrebbe raddoppiare e Paul Allen, fondatore di Microsoft insieme a Bill Gates, investirà complessivamente un miliardo di dollari nei suoi progetti di ricerca sul cervello.

Dal canto suo, Giulio Tononi cerca di capire l'enigma della coscienza in ma-

Ritaglio stampa ad uso esclusivo del destinatario, non riproducibile.



Livet, Weissman, Sanes & Lichtman/Harvard University

L'ARCOBALENO NELLA TESTA

Gli studiosi non solo cercano le connessioni su vasta scala, ma analizzano anche i microcollegamenti tra i singoli neuroni. Per distinguere le cellule individuali e le loro appendici si ricorre a topi geneticamente modificati, i cui neuroni "brillano" di diversi colori, come, nella figura a sinistra, in una parte della formazione dell'ippocampo, dove vengono organizzati i ricordi.

niera diretta. Qual è la natura del senso dell'esistenza che ricerchiamo? Forse è un fenomeno che nasce quasi da solo con l'unione di un numero sufficiente di cellule cerebrali di fatto inconscie (qualcosa di analogo all'"umidità" dell'acqua, che non è insita nelle singole molecole, ma si sviluppa solamente quando milioni di esse insieme formano un liquido)? Oppure la coscienza è piuttosto una qualità universale, come la massa che possiede ogni singola particella elementare fin dal principio e che quindi è già esistente? E, in determinate condizioni, il fenomeno naturale della coscienza non potrebbe nascere anche sotto forma di cellule cerebrali con un'altra materia?

PER RISPONDERE A QUESTE DOMANDE, GIULIO TONONI È PARTITO DALLO STUDIO DEL SONNO. Tutte le notti, quando chiudiamo gli occhi, la nostra coscienza si perde nel sonno profondo. Ma, anche se l'esperienza soggettiva è "disattivata", il nostro cervello continua a essere attivo, le cellule nervose si "accendono", i neurotrasmettitori molecolari sono in circolo. Come è possibile? Durante la fase del sogno, invece, la coscienza "vibra" con immutata intensità: attraversiamo un campo di fiori sotto il cielo azzurro, proviamo felicità o paura e queste esperienze sono per noi tanto intense e reali quanto quelle del mondo esterno. Secondo Tononi, ciò dimostra che la coscienza funziona anche senza una dimensione esteriore e che questa è solo un prodotto della coscienza stessa. «Sogniamo continuamente. Anche quando siamo svegli», osserva lo studioso italiano.

Per affinare la sua opera intellettuale Tononi si è creato negli anni un ambiente speciale: con un trattore ha realizzato un lungo sentiero nel grande bosco di querce intorno alla sua abitazione, dove va spesso in compagnia di Christof Koch. Durante queste passeggiate i due discutono delle loro teorie.

Ci sono voluti molti anni prima che Tononi elaborasse la sua tesi in modo così esauriente da poterla pubblicare. Il suo motto è: "La coscienza è informazione integrata".

Una frase un po' criptica, il cui significato è il seguente: la coscienza si forma ogni volta che i dati, interconnessi in modo complesso, si fondono in un agglomerato di informazioni indivisibili, in un'esperienza "integrata" appunto.

Prendiamo come esempio l'imponente quercia nel parco di Tononi. La sua corteccia è ruvida, di colore brunastro, le sue foglie volano e cadono frusciando rumorosamente insieme a quelle di altri alberi e piante tutt'intorno.

L'esperienza soggettiva che questo albero suscita nella percezione di un osservatore racchiude un'infinità di informazioni simultanee e non separabili le une dalle altre.

SOGNIAMO IN CONTINUAZIONE, ANCHE QUANDO SIAMO SVEGLI

Ogni volta che si guarda la quercia, la conoscenza individuale è specifica e unica, a giudizio di Tononi.

Questa singolarità diventa ancora più chiara paragonandola a un'altra tipolo- ▷

Ritaglio stampa ad uso esclusivo del destinatario, non riproducibile.

gia di elaborazione delle informazioni: ovviamente è possibile acquisire un'immagine dell'albero anche con l'ausilio di una fotocamera che utilizzi, per esempio, un chip con un milione di fotodiodi, ciascuno dei quali è in grado di indicare la presenza/assenza di luce. Essi accettano solo uno dei due valori: luce 1 o luce 0. Ogni scena ripresa produce un altro modello di valori 0 e 1. In totale sono possibili 21.000.000 di alternative,

COME CI SI SENTE A ESSERE UN GUFO O UN COMPUTER?

una mole di informazioni gigantesca trasmessa in modo fulmineo. Eppure nessuno attribuirebbe alla macchina fotografica una forma definita di coscienza, per la cui creazione, secondo Tononi, è decisiva una seconda caratteristica, oltre all'elaborazione rapida dei dati: l'integrazione. Ossia tutte le componenti delle informazioni devono essere collegate tra loro per miriadi di volte ed essere messe in relazione le une con le altre. I fotodiodi della fotocamera digitale lavorano però in modo del tutto indipendente tra loro e non hanno alcuna possibilità di influenzarsi a vicenda, di formare un'"esperienza". Ma nel cervello, sostiene Tononi, le cellule e le informazioni interagiscono, pertanto un'esperienza soggettiva dà vita a un insieme unitario senza lasciarsi scomporre negli elementi che percepiamo come individuali. Quando osserviamo la quercia in maniera conscia, il marrone del fusto e la sua forma, l'aspetto della chioma e il fruscio delle sue foglie sono un tutt'uno. Possiamo provare a vedere solo il colore e a nascondere la forma, ma non ci riusciremo. L'informazione integrata è quella che si sviluppa in un cervello in aggiunta alle attività delle singole componenti.

Questa teoria della percezione vissuta è tanto semplice quanto avvincente, e Christof Koch, riduzionista convinto e tra i più autorevoli esperti nel campo delle neuroscienze, afferma: «Finora è il tentativo più elegante e concreto di sviscerare la coscienza con argomentazioni verificabili».

UN BELL'ELOGIO, MA NON È TUTTO ORO QUELLO CHE LUCCICA. Infatti, se è vero che la coscienza si forma quasi automaticamente appena le informazioni vengono collegate tra loro in modo ben determinato (e complesso), allora questo "cinema" interiore, l'esperienza soggettiva del mondo, può svilupparsi non solo nel cervello umano, ma dappertutto, in ogni sistema che sia organizzato in maniera sufficientemente complessa, per esempio negli animali o nella tecnologia inanimata, anche se noi uomini non possiamo sapere cosa provi un gufo o un computer. O magari internet. «La capacità di essere cosciente è una proprietà fondamentale di ogni materia», afferma Tononi. Il quale è perfettamente consapevole di quanto sia provocatoria questa teoria, poiché è simile a una filosofia naturalistica che, pochi anni fa, avrebbe fatto venire il voltastomaco solo a menzionarla a riduzionisti come Christof Koch o al suo padre spirituale Francis Crick: panpsichismo.

L'idea che anche la materia sia animata e che la coscienza pervada l'intero mondo materiale ha una lunga e antica tradizione nelle filosofie dell'Estremo Oriente e nel pensiero di filosofi come Giordano Bruno, Baruch Spinoza e Pierre Teilhard de Chardin.

Nell'Ottocento il panpsichismo fu bandito dalle scienze naturali e bollato come esoterismo. Oggi Tononi e Koch propongono una sorta di manifesto: «La teoria conferma alcune intuizioni spesso associate al panpsichismo, ossia che la coscienza sia una proprietà intrinseca e basilare, che si manifesta in maniera graduale ed è largamente diffusa sia tra gli esseri viventi biologici che tra i sistemi elementari».

Non tutti gli studiosi sono entusiasti del fatto che i neuroscienziati si occupino di tali questioni esistenziali. Vari filosofi, come l'australiano David Chalmers, considerano la coscienza inspiegabile con gli strumenti delle scienze naturali, perché si tratta di un fenomento puramente mentale. Altri, quali il francese Stanislas Dehaene, chiedono che vengano prese in considerazione solamente le funzioni cerebrali concrete e misurabili in modo inequivocabile, soprattutto la distribuzione spaziale delle informazioni all'interno del cervello. E il filosofo tedesco Jan Slaby inveisce contro l'eccessivo risalto dato alla coscienza, che a suo avviso annebbia la vista dei ricercatori: «Dal punto di vista filosofico è comunque un problema vedere la coscienza come un fenomeno separato, staccato per esempio dalla capacità di agire o dall'intelletto. Pertanto è facile che la ricerca si concentri solo su una porzione isolata artificialmente di un fenomeno molto più ampio e complesso, omettendo il resto».

Ma allora come può uno studioso come Christof Koch approvare la teoria? Ciò dipende dal fatto che è nettamente diversa dalle vecchie formulazioni del panpsichismo. Innanzitutto la coscienza secondo Tononi non è affatto onnipresente (come una scintilla divina), ma si manifesta solo in determinate condizioni. Per esempio un mucchio di sabbia può non essere dotato di coscienza per mancanza di collegamenti.

In secondo luogo il neuroscienziato italiano non ha del tutto accantonato l'antica richiesta di obiettività scientifica di Galilei e sta compiendo un grande passo per avvicinarsi ai suoi oppositori: anche Tononi, infatti, vuole misurare, ossia stabilire quanto siano effettivamente coscienti un uomo, un animale, una pianta o una macchina.

USCIAMO DAL BOSCO E TORNIAMO VERSO CASA TONONI. Passiamo davanti a un forno per la pizza all'aperto, sul quale campeggia, in metallo, la lette-

Ritaglio stampa ad uso esclusivo del destinatario, non riproducibile.

ra dell'alfabeto greco Φ (*phi*), che Tononi ha eletto a simbolo della propria teoria e che in futuro dovrebbe diventare una vera e propria unità di misura della coscienza.

Maggiore è il valore di *phi* in un sistema, maggiore sarà la quantità di informazione integrata e di coscienza che si forma per esempio in un essere vivente, a parte la semplice somma delle singole componenti. In un fotodiodo, così come in un paziente in coma profondo, il valore di *phi* sarà estremamente basso, mentre risulterà elevato in persone sveglie o che stanno sognando.

Tuttavia, per calcolare effettivamente il loro *phi*, occorre ancora comprendere con la massima precisione possibile il cervello e le relative funzioni, ed è qui che entra in gioco la macchina sperimentale di Christof Koch. Infatti la complessità delle connessioni va misurata e per farlo dobbiamo sapere esattamente dove e come si genera questa complessità nel cervello.

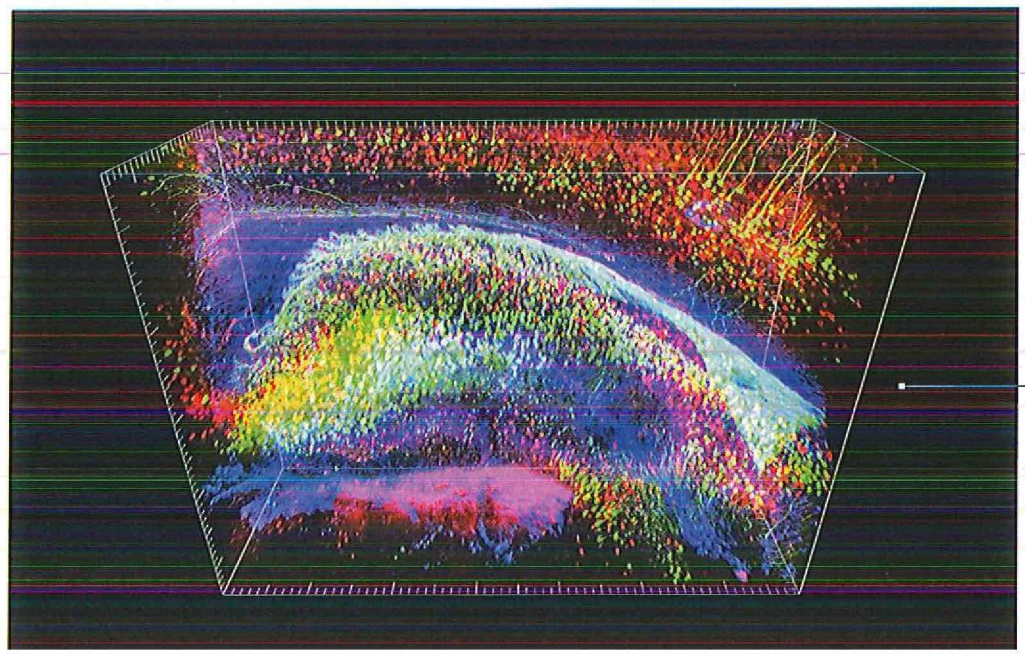
La decodifica della coscienza non è un obiettivo ufficiale per l'Allen Institute, perché il fondatore Paul Allen si è posto solo traguardi concretamente raggiungibili. Nei prossimi anni, tuttavia, l'istituto potrà concentrare il grosso delle proprie risorse su quella parte del cervello considerata indispensabile per la coscienza: la corteccia.

In questo campo Koch in passato ha già ottenuto dei successi insieme a Francis Crick. I due studiosi hanno spiegato per esempio il motivo per cui il cervelletto, pur essendo costituito da miliardi di cellule, non offra alcun contributo alla coscienza: perché funziona piuttosto come una fotocamera digitale, che elabora i dati rapidamente ma con poche interconnessioni. Inoltre, in un articolo del 2005, Koch e Crick hanno postulato che il claustro, una sottile lamina di sostanza grigia nel telencefalo dei mammiferi, svolge un ruolo centrale nel collegamento e nella combinazione dei contenuti della coscienza.

Per questo Koch ha reagito in maniera entusiasta quando, nel maggio 2014, i ricercatori hanno reso noto che la stimolazione elettrica in questa regione cerebrale di una paziente ha avuto l'effetto di un interruttore sulla coscienza. Ebbene no, anche sulla base di questo nuovo dettaglio, la supposizione che la sede della coscienza si trovi davvero nel cervello non troverà conferma definitiva. Lo stesso Koch, che a lungo ha considerato l'uomo come un "mucchio di cellule nervose", si è nel frattempo convinto che nel cervello non c'è un luogo chiaro e ben definito che possa ospitare la coscienza. Ma da queste singole conoscenze scaturiscono sempre nuovi indizi su come Tononi riuscirà effettivamente a misurare il suo Φ.

RIPENSANDO ALL'ESPERIENZA IN LABORATORIO, KOCH PUÒ RITENERSI SODDISFATTO. I suoi 240 collaboratori hanno fatto un ulteriore passo avanti nell'universo del cervello e ogni nuovo dettaglio scientifico potrebbe andare ad alimentare la teoria della coscienza.

Un giorno il giovane ricercatore americano Jonathan Ting si trovava davanti alla sala operatoria di un ospedale, nell'attesa che un chirurgo gli consegnasse un piccolo pezzo di cervello umano vivente, prelevato da una perso- ▷



ingnun Chung & Karl Deisseroth/Deisseroth Lab/Stanford University

VISIBILITÀ PERFETTA F NEL PROFOND

Grazie a un sensazionale proces chimico, i ricercatori sono riusci vedere cosa c'è nel cervello dei topi. figura accanto rappresenta u porzione dell'ippocampo deputata a gestione della memoria; qui le cell nervose possono assumere u colorazione diversa a seconda de funzione svolta, e in questo mod

Ritaglio stampa ad uso esclusivo del destinatario, non riproducibile.

Politiche di ricerca

ASSALTO AL CERVELLO

Con due megaprogetti in Europa e negli Stati Uniti i ricercatori stanno facendo un ulteriore tentativo per decifrare l'organo del pensiero umano.

Si tratta delle due iniziative neuroscientifiche meglio finanziate a livello mondiale, nelle quali americani ed europei adottano due approcci del tutto diversi.

Il progetto targato Usa si chiama **Brain Initiative**. Lanciato nel 2013 dal presidente Obama in persona, ha una portata così ampia da essere stato paragonato al Programma Apollo e al Progetto Genoma Umano. Nel giugno 2014 una commissione di 20 esperti ha presentato la tabella di marcia del progetto e ne ha calcolato i costi: l'equivalente di circa 3,3 miliardi di euro fino al 2025.

Initiative Brain sta per *Brain research through advancing innovative neurotechnologies* (Ricerca sul cervello tramite neurotecnologie innovative avanzate) e, come dice il nome stesso, si focalizza sullo sviluppo di nuove tecnologie, strumenti con i quali gli scienziati puntano a differenziare i vari tipi di cellule nervose nel cervello, a registrare i modelli di attività delle reti neurali e a distinguere i circuiti locali da quelli che si estendono su regioni più vaste. Ma soprattutto non puntano più solamente a osservare le associazioni cellulari, bensì stimolarle o inibirle in modo mirato per poi interpretarne gli effetti.

Nella prima fase i ricercatori americani intendono lavorare sugli animali. Solo successivamente studieranno anche il **cervello umano "in azione"**. Tra le finalità dell'iniziativa ci sono anche applicazioni meramente pratiche: gli scienziati auspicano infatti di giungere a conclusioni che possano rivelarsi utili nelle terapie contro il morbo di Parkinson o di Alzheimer, due malattie neurodegenerative causate dalla morte delle cellule cerebrali.

Nell'ottobre 2013 l'Unione europea ha invece varato il suo **Human Brain Project** (Hbp), che si pone l'ambizioso traguardo di comprendere come funzionano le reti delle cellule nervose e di riprodurle digitalmente per riuscire a effettuare una simulazione integrale del cervello umano al computer. Al progetto partecipano 112 istituti di 24 Paesi, per un finanziamento che ammonterà alla cifra di un miliardo di euro circa fino al 2023.

Il progetto è la continuazione diretta del **Blue Brain Project** (Bbp), nel quale il neuroscienziato dell'Università di Losanna (Svizzera), Henry Markram, ha eseguito la copia digitale di un'unità funzionale del cervello del ratto, una cosiddetta colonna neocorticale di circa 10 mila neuroni. A dimostrazione della complessità dell'opera intrapresa dai ricercatori, bisogna dire, però, che la corteccia cerebrale dell'uomo è composta da circa 100 mila di queste colonne.

A differenza della Brain Initiative americana, i programmi europei si concentrano sull'**informatica**, nell'intento di realizzare dei supercomputer "neuromorfi" che sfruttino i principi di funzionamento del cervello.

Nel luglio 2014 l'Hbp è però finito nel **mirino della critica**: in una lettera di protesta, 154 scienziati hanno accusato la Commissione europea di scarsa trasparenza per quanto concerne le decisioni da parte dei dirigenti, mettendo inoltre in dubbio la strategia del progetto.

Johannes Giesler

na affetta da epilessia che era stata appena operato.
In laboratorio il team di Koch ha sezionato il tessuto cerebrale in frammenti di 350 micrometri ciascuno, quindi, per analizzare le singole cellule, sono stati impiegati tutti gli strumenti che le moderne neuroscienze mettono a disposizione: piccoli morsetti per misurare gli impulsi elettrici, sensori per rilevare l'attività genetica, coloranti per distinguere i tipi di cellule. Ting è riuscito a osservare un cervello umano in vita e a raccogliere dati che forse in seguito serviranno come indizi. Alla fine Jonathan Ting ha pronunciato una frase molto amata dal suo capo: «È stata un'esperienza estrema, sembrava un film di fantascienza!».
Nell'esperimento sono stati impiegati anche i topolini dell'Allen Institute: per potere determinare la presenza della coscienza nel cervello Koch ritiene importante osservare l'intero organo dal vivo, ma nell'uomo ciò è possibile solo in maniera limitata, poiché la Tac ha una cattiva risoluzione e mostra mezzo milione di cellule cerebrali in un solo pixel. Koch però vuole vedere l'interazione delle cellule nel dettaglio, pertanto è necessario addentrarsi ancora di più nella fitta "giungla" neuronale.
Il neuroscienziato ha quindi fatto correre le cavie su alcuni giradischi modificati in una stanza oscurata. Mentre correvano, gli animaletti si muovevano a volte in senso longitudinale, a volte in senso trasversale. Su grandi monitor i ricercatori di Koch osservavano direttamente i cervelli dei topi, ai quali era stato praticato un piccolo foro in testa, una sorta di finestrella da cui si poteva vedere la materia grigia. Le cavie sono state geneticamente modificate in modo che le cellule nervose attive fossero "accese", e gli studiosi hanno potuto assistere al "concerto neuronale" della corteccia cerebrale attraverso quella piccola finestra. Il cervello in diretta: uno spettacolo inquietante.
Secondo i ricercatori, le cavie non soffrono affatto durante i test e poter osservare le cellule pulsanti apre prospettive scientifiche completamente nuove, assolutamente impensabili fino a pochi anni fa.
Nessun altro scienziato ha tante risorse a disposizione come Koch, che, a ragion veduta, afferma: «Un po' come gli astronomi, che osservano miliardi di galassie e di stelle nell'universo con i loro telescopi, noi stiamo costruendo un osservatorio del cervello, grazie al quale pos-

Ritaglio stampa ad uso esclusivo del destinatario, non riproducibile.

siamo vedere i miliardi di cellule all'interno delle nostre teste».

DI QUESTO OSSERVATORIO FARÀ PARTE ANCHE LO STRUMENTO DI MISURA che Giulio Tononi sta testando nel seminterrato del suo istituto in Wisconsin, dove ad alcuni volontari vengono misurati i flussi cerebrali tramite elettroencefalogramma (Eeg). Un metodo semplice e utilizzato da tempo negli interventi chirurgici per stabilire se nel paziente anestetizzato si verifichi davvero una perdita di coscienza. Tale metodologia presenta tuttavia delle lacune: ci sono stati infatti casi in cui l'Eeg ha dichiarato privi di sensi pazienti che invece dopo l'operazione hanno detto di ricordare tutto, anche il dolore.

Ma se, in base alla teoria dell'integrazione dell'informazione formulata da Tononi, il livello di coscienza dipende soprattutto dalla complessità dei contatti tra le informazioni stesse, allora dovrebbe essere possibile determinarlo misurando tale complessità.

Nel laboratorio del sonno ai volontari viene apposta una placca metallica sulla testa, che conferisce loro un forte impulso magnetico e stimola così le cellule cerebrali. Il nuovo "coscienziometro" di Tononi misura come il cervello reagisce all'interferenza, mostrando non più solo se e dove compaiono i flussi cerebrali, ma anche in quale modo incrociato e integrato si muovono nell'intero organo. «Se le regioni cerebrali elaborano il segnale di disturbo in modo sconnesso le une dalle altre o se tutto il cervello risponde con un modello monotono, è probabile che il paziente sia in uno stato di incoscienza. Ma se l'elaborazione del segnale reagisce all'impulso magnetico in maniera molto complessa e molte regioni del cervello comunicano tra loro durante questo processo, allora ci sono molti elementi a favore della coscienza», osserva Tononi.

Gli studiosi sperimentano la cosiddetta stimolazione magnetica transcraniale su volontari sani sotto anestesia e durante la fase di sonno profondo, su pazienti in coma e affetti da sindrome locked-in, condizione nella quale il soggetto è cosciente e sveglio, ma non può muoversi né comunicare a causa della completa paralisi di tutti i muscoli volontari del corpo. «Le nostre misurazioni hanno fatto registrare esiti talvolta migliori rispetto alle valutazioni effettuate dai medici curanti sui loro pazienti», dichiara Tononi, che sogna una specie di indice in grado di aiutare dottori e parenti a riconoscere l'effettivo livello di coscienza del paziente.

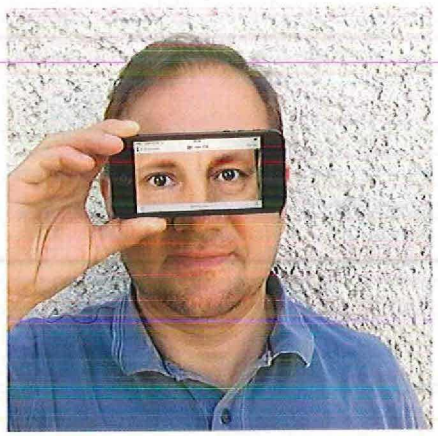
La teoria di Tononi e Koch tuttavia non si applica solamente a tali situazioni estreme, ma si propone di essere usata nella vita di tutti i giorni. In futuro, grazie alla teoria dell'informazione integrata, dovrebbe essere possibile stabilire in quale forma (e con quanto *phi*) anche le macchine possano sviluppare una coscienza. Al momento la risposta è negativa. Ai computer odierni mancano interconnessioni corrette e complesse. Ciò vale anche per internet, la rete delle reti che collega tra loro miliardi di computer. Non è concepibile che essa possa davvero fare concorrenza al cervello per quanto riguarda il valore di *phi*.

Gli scienziati, invece, sono giunti a esiti diversi per quanto riguarda gli animali, ai quali non si addice comunque l'etichetta di "biorobot" affibbiatagli per tanto tempo, ma è probabile che siano largamente dotati di coscienza, anche se con un valore di *phi* inferiore rispetto a quello dell'uomo, che tuttavia è ancora da misurare.

Queste conoscenze hanno inoltre una dimensione morale: «Fin dai tempi di Galileo Galilei la scienza tratta tutti i propri oggetti – pianeti, piante, animali, non così di rado addirittura anche l'uomo – come zombi senza coscienza, privi di valore interiore», commenta Tononi. A suo avviso, questo punto di vista ci ha indotti a considerare per molto tempo gli animali e tutta la natura come un mezzo per raggiungere uno scopo.

«Se qualcosa possiede una coscienza, non può essere soggetto a questa visione utilitaristica, ma va rispettato come avente un fine in sé», conclude Tononi. La sera, attraversando il bosco, vede tutt'intorno un paesaggio speciale, quello dell'onnipresente coscienza. Si immagina allora come sarebbe se si potesse vedere la coscienza come una foresta in cui si accendono sempre nuove luci appena gli animali si destano dal sonno. Da parte sua, Christof Koch non mangia più carne di mammifero dopo aver aderito alla teoria di Tononi, pur continuando a utilizzare cavie per i suoi esperimenti scientifici in laboratorio perché non vede alternative a questa prassi. Koch si definisce ora un "riduzionista romantico" ed è convinto che, se guardiamo dentro la coscienza e la complessità della vita, la nostra consapevolezza possa aumentare enormemente. La ricerca dell'origine della coscienza, almeno, ha già prodotto un risultato: quello di indirizzare il ricercatore a uno stile di vita più consapevole, più cosciente. ■

IL GRANDE TRAGUARDO: ASSISTERE A UN CONCERTO NEURONALE DAL VIVO



Christian Schwägerl

Un giorno la coscienza si svilupperà nei computer? Una questione di cui il redattore di GEO **Christian Schwägerl** si è occupato anche nel suo saggio *Die analoge Revolution* (La rivoluzione analogica), pubblicato in Germania nell'autunno 2014.

Ritaglio stampa ad uso esclusivo del destinatario, non riproducibile.