

## Consciousness in theory and practice

**Giulio Tononi**

Professor of Psychiatry  
University of Wisconsin

Consciousness is synonymous with experience – it is all we are and all we have. As established by clinical observations, consciousness is generated by certain parts of the brain, such as the cerebral cortex, while other parts, such as the cerebellum, are not, despite having even more neurons. Consciousness also depends on how the brain functions, fading during slow wave sleep and generalized seizures, despite high activity levels. Over the past decades, studies have investigated the neural correlates of consciousness with increasing precision. However, why experience is generated by the cortex and not the cerebellum, why it fades during certain stages of sleep and returns in others, or why some cortical areas endow experience with colors and others with sound, remains completely unexplained. Moreover, key questions remain unanswered. For example, is a person with eyes open, but nearly unresponsive - conscious or not? How much consciousness is there when only a few brain 'islands' remain active, or in terminal dementia? How much during sleepwalking or psychomotor seizures? Are newborns conscious, and to what extent? Are animals conscious, how much, and which way? Can a conscious machine be built? And can consciousness be reduced to the "buzzing" of neurons? To address such questions, empirical observations need to be complemented by a principled theoretical approach. The information integration theory (IIT), a first attempt in this direction, says that consciousness, both its quantity and its quality, is an intrinsic property of systems that cannot be reduced, informationally, to the sum of their parts. The IIT not only accounts for several neurobiological observations, but also specifies how the quantity of consciousness can be measured, at least in principle. Inspired by the IIT, recent experiments have shown that information integration breaks down from wake to slow wave sleep, or during general anesthesia, but it returns during REM sleep, when we dream. Changes in information integration can be tracked in vegetative, minimally conscious, and recovering patients, lending hope to the future development of a potential 'consciousnessmeter' with practical applications. In addition, viewing consciousness as irreducible information has implications for our view of the world and our place in it.

## La coscienza in teoria e in pratica

La coscienza è sinonimo di esperienza: è tutto ciò che siamo e che abbiamo. Come hanno stabilito le osservazioni cliniche, la coscienza è generata da alcune parti del cervello, come la corteccia cerebrale, mentre altre parti, come il cervelletto, non sono coinvolte, sebbene siano costituite da un numero di neuroni addirittura maggiore. La coscienza dipende anche dal funzionamento del cervello: si attenua durante il sonno a onde lente e gli attacchi generalizzati, malgrado i livelli di attività cerebrale siano alti. Negli ultimi decenni alcuni studi hanno investigato le controparti neurali della coscienza con precisione sempre maggiore. Rimane però ancora da spiegare perché l'esperienza sia generata dalla corteccia e non dal cervelletto, perché si attenui durante alcune fasi del sonno e si ristabilisca in altre, o perché alcune aree corticali arricchiscano l'esperienza di colori e altre di suoni. Alcune domande cruciali, inoltre, devono ancora ricevere risposta. Per esempio, una persona che ha gli occhi aperti ma non reagisce quasi a nessuno stimolo è conscia o no? Quanta coscienza sopravvive quando rimangono attive soltanto alcune «isole» cerebrali, o nella demenza terminale? E quanta durante il sonnambulismo o gli attacchi psicomotori? I neonati sono coscienti, e fino a che punto? Gli animali hanno una coscienza, in che misura, e come? È possibile costruire una macchina dotata di coscienza? Ed è possibile ridurre la coscienza al «ronzio» dei neuroni? Per affrontare questi problemi, è necessario integrare le osservazioni empiriche con un approccio teorico basato su principi ben specifici. La teoria dell'integrazione dell'informazione (IIT, dall'inglese information integration theory), un primo tentativo in questo senso, stabilisce che la coscienza, in quantità e qualità, è una proprietà intrinseca dei sistemi che dal punto di vista delle informazioni non sono riducibili alla somma delle loro parti. La IIT spiega molte osservazioni neurobiologiche, e per di più specifica come misurare la quantità di coscienza, almeno in linea teorica. Alcuni esperimenti recenti ispirati dalla IIT hanno mostrato che l'integrazione dell'informazione viene meno quando si passa dallo stato di veglia al sonno a onde lente, o durante l'anestesia generale, ma riemerge durante la fase REM, quando si sogna. È possibile individuare modifiche nell'integrazione dell'informazione nei pazienti in stato vegetativo, con coscienza minima e in via di guarigione, dando speranza allo sviluppo futuro di un eventuale «coscienziometro» che avrebbe diverse applicazioni pratiche. Schematizzare la coscienza tramite l'irriducibilità delle informazioni ha inoltre conseguenze notevoli per la nostra rappresentazione del mondo e del posto che vi troviamo.