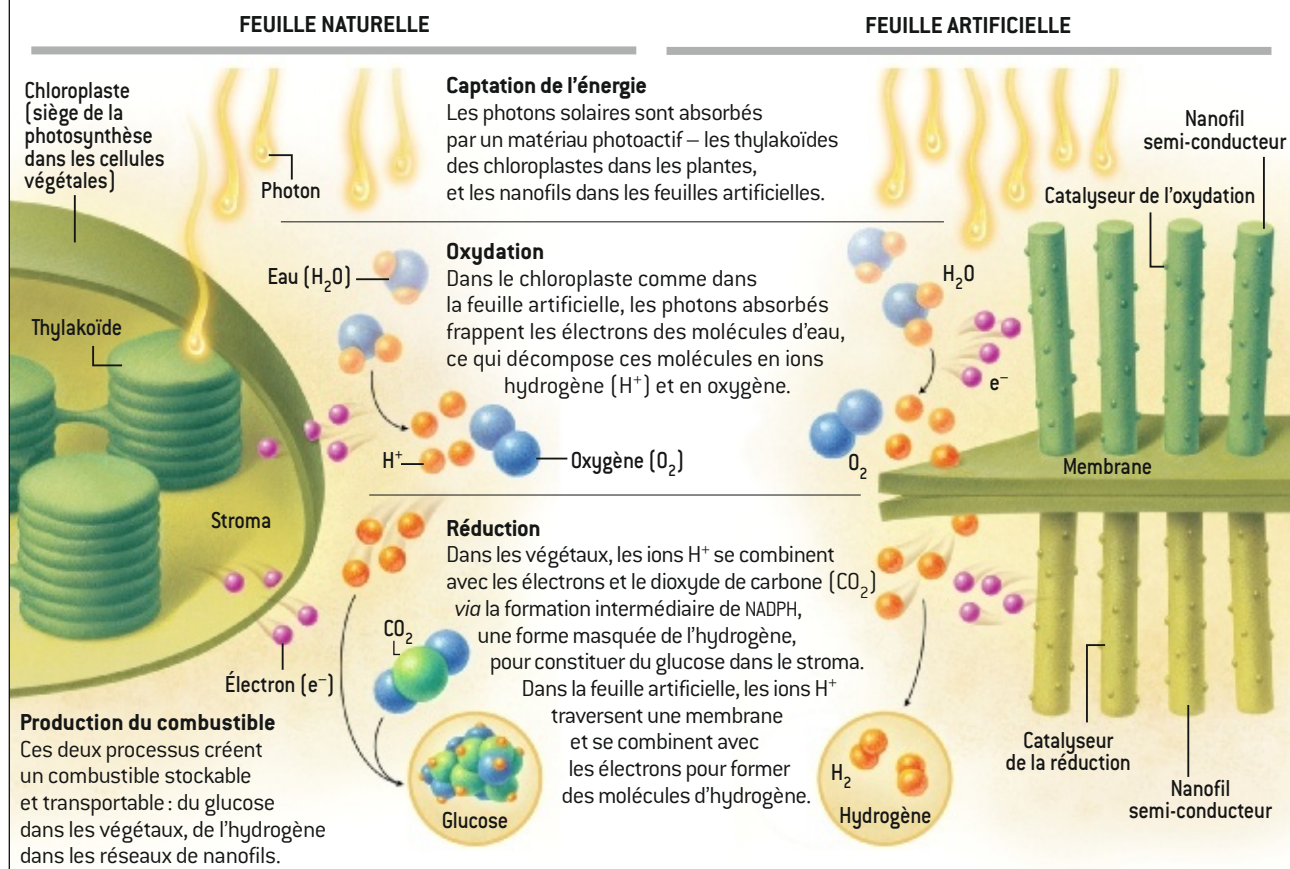


DES NANOFILS POUR IMITER LA PHOTOSYNTHÈSE NATURELLE

Les végétaux utilisent l'énergie solaire pour transformer le dioxyde de carbone et l'eau en glucose – un combustible chimique qu'ils consomment ou stockent (à gauche). Des chercheurs imaginent des feuilles artificielles qui captent la lumière

solaire pour décomposer les molécules d'eau en hydrogène et oxygène. L'équipe de Nathan Lewis, à l'Institut de technologie de Californie, a conçu une feuille couverte de nanofils en silicium qui pourrait produire de l'hydrogène (à droite).



trouver un meilleur catalyseur pour produire l'hydrogène –, le MIT l'a présenté comme un grand bond vers la photosynthèse artificielle. D. Nocera a même prédit qu'il serait bientôt utilisé dans les voitures à hydrogène. Ce n'est pas l'avis de certains experts, qui pensent que ce type de recherche demandera encore plusieurs décennies. D'autres sont plus optimistes: le Département américain de l'énergie et la Société *Polaris Venture Partners* financent les travaux en cours de D. Nocera dans la Société *Sun Catalytix*, à Cambridge, dans le Massachusetts.

Pendant ce temps, au Caltech, N. Lewis travaille sur la première étape de tout dispositif à combustible solaire: la captation des photons du Soleil et leur transformation en électricité. L'idée était de construire un système bien meilleur marché que les piles solaires à silicium cristallin actuellement utilisées. Il a conçu et fabriqué un capteur constitué de nanofils de sili-

cium enchâssés dans un film plastique transparent – une membrane échangeuse de protons – qui, à grande échelle, pourrait être «roulé et déroulé comme une moquette» (voir l'encadré ci-dessus). Ses nanofils transforment la lumière en énergie électrique avec un rendement de sept pour cent. C'est peu comparé aux 20 pour cent atteints par les piles solaires commercialisées. Mais si la production en quantité de ce matériau devient suffisamment bon marché, un rendement inférieur serait acceptable.

Quel combustible pour demain ?

Les chercheurs débattent aussi sur le choix du combustible à fabriquer: et si l'hydrogène n'était pas le meilleur? Pour les équipes travaillant sur des organismes biologiques qui produisent des biocombustibles liquides, ces derniers sont plus faciles

à stocker et à transporter que l'hydrogène. Mais ce gaz s'adapte à divers usages: il peut être utilisé dans des voitures à piles à combustible, brûlé dans des centrales pour produire de l'électricité, et même servir à produire de l'essence synthétique. La clef du problème reste cependant de fabriquer un combustible chimique à fort rendement énergétique, avec le minimum d'émission de carbone.

La photosynthèse prouve que la lumière solaire peut être transformée en combustible avec seulement quelques éléments courants. L'humanité réussira-t-elle à imiter ce processus? La réponse n'est pas claire. Quoi qu'il en soit, la société – y compris les responsables politiques, les organismes de financement gouvernementaux et même les scientifiques – n'a pas encore saisi l'ampleur du problème de l'énergie et la nécessité de trouver des solutions innovantes. Toutes les pistes prometteuses sont à explorer...

Neurosciences

Les crises de la conscience

En observant comment la conscience est altérée lors de certaines crises d'épilepsie, les neuroscientifiques comprennent mieux son fonctionnement normal et découvrent des réseaux cérébraux impliqués.

Don Tucker
et Mark Holmes

Chaque seconde, notre cerveau reçoit des informations du monde qui nous entoure et nous en prenons conscience : nous savons ce que nous faisons et ce que nous avons fait. L'éveil est nécessaire à la conscience qui est un concept à multiples facettes présentant deux composantes majeures : la conscience de l'environnement et la conscience de soi. En outre, certains scientifiques proposent que pour être consciente, une expérience nécessite une diffusion globale de l'information dans le cerveau (de vastes réseaux de neurones y participent). Comment avons-nous conscience des phénomènes externes et internes à notre organisme, voire de notre existence ? Quels sont les supports neuronaux de la conscience ?

Si l'étude de la conscience est complexe et difficile à mettre en œuvre (voir l'encadré page 46), les neuroscientifiques cherchent quels événements neuronaux sont à la fois nécessaires et suffisants pour une expérience consciente. Pour ce faire, ils observent ce qui se passe dans le cerveau dans des situations conscientes et les comparent à des situations non conscientes, ou



ils étudient certaines lésions cérébrales pour déterminer leurs conséquences et en déduire la fonction des régions lésées.

Ainsi, c'est en examinant les « pertes » de conscience dont sont parfois victimes les personnes souffrant d'épilepsie que nous pouvons en partie comprendre le fonctionnement normal de la conscience. Nous avons en effet établi un lien entre deux types de crises d'épilepsie et la conscience, car ces crises ont pour conséquence une perte de la mémoire du présent et du contrôle volontaire des intentions.

Nous verrons que certains patients ayant des crises dites du lobe temporal perdent la mémoire du présent. Or cette dernière permet à l'homme d'utiliser le passé immédiat et d'anticiper le futur proche. Elle assure une continuité de la perception de soi et du monde qui nous entoure, c'est-à-dire de la conscience : chez ces patients, la composante temporelle de la conscience disparaît momentanément. Dans d'autres cas, pendant les crises nommées absences, le contrôle volontaire des intentions est perturbé. Le sujet n'a alors plus conscience de ce qu'il fait pendant quelques secondes, mais après la crise, il reprend son activité là où il l'avait arrêtée. Cette composante de la conscience est liée à l'intentionnalité, à savoir le fait d'agir volontairement dans un but précis.

Un débat classique en neurosciences est de savoir si les fonctions psychologiques, telles que la mémoire spatiale et le raisonnement, sont localisées dans des régions spécifiques du cerveau ou si elles naissent de l'activité globale du cerveau. Grâce aux techniques de neuro-imagerie telles que l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) ou l'électroencéphalographie dite à haute densité (dEEG pour *dense-array electroencephalography*), il est désormais admis que de nombreuses tâches cognitives sont localisées dans des régions spécifiques du cerveau. En revanche, la conscience nécessite une diffusion globale de l'information dans de vastes réseaux de neurones. Dans ces conditions, existe-t-il malgré tout des régions spécifiques ?

Pour comprendre comment des fonctions psychologiques naissent de réseaux neuronaux, nous devons nous appuyer sur les modèles développés en intelligence artificielle. Ces derniers illustrent des principes de représentation répartie de l'information, proches d'une activité cérébrale d'ensemble. Un principe fondamental, nommé connexionnisme, sti-

pule que l'information est représentée dans les connexions entre neurones, et non dans les neurones. Un réseau serait formé d'unités simples – des groupes de neurones – interconnectées. De fait, les théoriciens en neuropsychologie ont créé de nouveaux concepts pour lier les caractéristiques complexes de l'esprit humain aux propriétés physiques et électriques des réseaux cérébraux.

La conscience émerge de vastes réseaux

Par exemple, Giulio Tononi, à l'Université du Wisconsin, et Christoph Koch, à l'Institut de technologie de Californie, ont développé une théorie selon laquelle la conscience émergerait de vastes réseaux englobant les deux hémisphères cérébraux. Un nombre considérable de connexions neuronales seraient alors actives en même temps, et G. Tononi et Ch. Koch énoncent que la conscience naîtrait de cette activité globale des connexions.

Qu'apportent les crises d'épilepsie à l'étude de la conscience ? Ces phénomènes pathologiques résultent d'une activité électrique anormale de certaines régions cérébrales qui perturbent le fonctionnement d'autres parties du cerveau ; ils mettent donc en évidence l'étendue des réseaux neuronaux. La façon dont les crises d'épilepsie se transmettent à certains réseaux et pas à d'autres indiquerait comment des ensembles dynamiques de neurones peuvent être formés dans des réseaux anatomiques différents. Ce qui permettrait de repérer certaines composantes fonctionnelles de la conscience. Mais voyons d'abord l'anatomie de ces réseaux neuronaux.

Chez l'homme, les opérations mentales résultent de l'organisation du cerveau des vertébrés, où les structures récentes sont empilées sur des structures plus primitives. Le cortex cérébral dépend du circuit principal du télencéphale sous-cortical, qui inclut notamment le système limbique, un ensemble de structures impliquées entre autres dans le traitement des émotions. Ces systèmes télencéphaliques reposent à leur tour sur le thalamus et l'hypothalamus dans le diencéphale, qui se trouve au sommet du tronc cérébral (voir l'encadré page 43). Les fonctions du diencéphale sont soutenues par les structures du tronc cérébral, qui régulent des aptitudes primitives et autonomes, mais essentielles, telles que la respiration, les battements du cœur et l'éveil.

L'ESSENTIEL

- ✓ Les neuroscientifiques cherchent les régions cérébrales sous-tendant la conscience ; pour ce faire, ils étudient certaines crises d'épilepsie qui s'accompagnent d'une altération de la conscience.
- ✓ Les crises du lobe temporal s'étendent dans les réseaux cortico-limbiques et engendrent une perte de la mémoire du présent.
- ✓ Les absences concernent les circuits fronto-thalamiques et perturbent le contrôle volontaire des intentions.
- ✓ Ces deux capacités seraient des composantes de la conscience.

© Shutterstock/Sebastian Kaufkizi

CERTAINES CRISES D'ÉPILEPSIE, dues à l'activation brutale et anormale d'un grand nombre de cellules nerveuses (ou « orage cérébral »), engendrent des « pertes » de conscience. On peut estimer le moment où apparaissent les crises, et localiser l'activité associée dans des régions spécifiques du cerveau. Ces données permettent aux scientifiques d'identifier certains réseaux cérébraux nécessaires à la conscience.