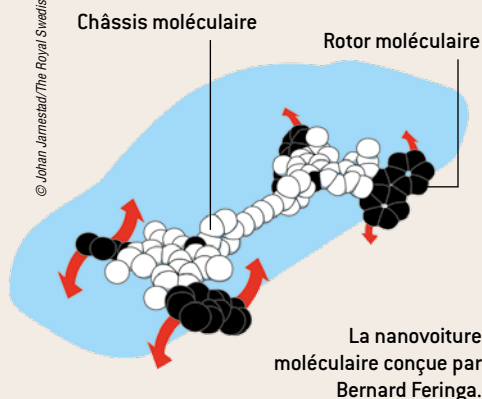


Chimie

Les machines moléculaires à l'honneur

L'Académie royale des sciences de Suède a récompensé trois chercheurs, dont le Français Jean-Pierre Sauvage, pour leurs travaux sur la conception de machines moléculaires.

Un petit ascenseur, des muscles artificiels et des moteurs minuscules. Le prix Nobel de chimie 2016 a récompensé Jean-Pierre Sauvage, de l'université de Strasbourg, Sir J. Fraser Stoddart, de l'université du Nord-Ouest à Evanston, aux États-Unis, et Bernard L. Feringa, de l'université de Groningen, aux Pays-Bas, pour leurs avancées dans la conception de machines moléculaires, des molécules dont les mouvements sont contrôlables.



La première pierre a été posée par Jean-Pierre Sauvage en 1983, qui a réussi à imbriquer deux molécules en forme d'anneau pour former le premier maillon d'une chaîne. Il ne s'agit pas ici d'une liaison classique, où les atomes partagent des électrons, mais d'une liaison purement mécanique. Les chaînes ainsi formées, ou caténanes, ont ouvert la voie aux machines moléculaires : une machine doit en effet être constituée de parties mobiles les unes par rapport aux autres.

La deuxième étape a été franchie par Fraser Stoddart en 1991 avec le développement d'une structure appelée rotaxane : un anneau moléculaire enfilé sur un axe moléculaire et capable de se déplacer le long de celui-ci de façon contrôlée. En utilisant les rotaxanes, F. Stoddart a mis au point entre autres un nanoascenseur, un « nanomuscle » et une nanopuce informatique.

Enfin, en 1999, Bernard Feringa a développé le premier moteur moléculaire. Il est constitué de deux molécules plates (les pales), jointes par une double liaison. Un groupe méthyl attaché à chaque pale agit comme un

« cliquet » qui force la pale à tourner dans un seul sens quand on apporte de l'énergie au système.

Ce moteur moléculaire peut atteindre une vitesse de 12 millions de tours par seconde et, utilisé en nombre, déplacer un objet 10 000 fois plus grand. Il est d'ailleurs à la base d'une « nanoviture » qui avance toute seule.

Plus largement, les trois nouveaux lauréats du prix Nobel ont fait progresser la chimie de l'étude des systèmes moléculaires à l'équilibre vers ceux dont les mouvements peuvent être contrôlés en jouant sur l'énergie.

La révolution informatique a montré l'impact de la miniaturisation des technologies, et nous sommes seulement aux balbutiements de la miniaturisation des machines. À quoi serviront bientôt les machines moléculaires ? Nouveaux matériaux, capteurs, stockage d'énergie... autant d'applications qui restent à inventer...

Philippe Ribeau-Gésippe

www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/2015/

Physique

Trois spécialistes de la matière exotique récompensés

David Thouless, Duncan Haldane et Michael Kosterlitz sont honorés pour « leurs découvertes théoriques dans le domaine des transitions de phase topologique et des phases topologiques de la matière. »

Ces physiciens théoriciens britanniques ont utilisé les outils de la topologie, une branche des mathématiques, pour étudier des états exotiques de la matière qui apparaissent, par exemple, à basse température.

Un des résultats les plus connus de David Thouless, de l'université de Washington, et Michael Kosterlitz, de l'université Brown, est la transition de phase qui porte leurs noms, la transition KT. Une transition de phase correspond à un changement brutal des propriétés de la matière lorsqu'un paramètre extérieur varie, par exemple la température. Les trois phases que tout le monde connaît sont les phases solide, liquide et gazeuse.

Jusqu'en 1973, les physiciens pensaient qu'il n'existait pas de transition de phase à basse température dans un matériau ultramince (considéré en deux dimensions), du fait de l'agitation thermique même près du zéro absolu. David Thouless et Michael Kosterlitz ont montré qu'il existait pourtant bien une transition de phase dans ce contexte. Celle-ci, d'une nouvelle nature, est qualifiée de transition de phase topologique. Les propriétés du matériau sont calculées dans le cadre d'un modèle statistique en réseau, où à chaque nœud est associé un vecteur. Dans certaines régions, les vecteurs forment une sorte de tourbillon, nommé vortex. À très basse température, les

vortex s'associent par paires. La transition de phase intervient à une certaine température, dite critique, quand les paires se séparent.

Les travaux de Duncan Haldane, de l'université Princeton, sur des matériaux à une dimension ont, par exemple, des applications pour les nanotubes de carbone. En effet, les méthodes développées par ces trois chercheurs sont devenues incontournables dans l'étude de la matière condensée et de ses applications. De ce champ de recherche pourraient naître les composants électroniques de demain.

S. B.

www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2016/

Biologie végétale

La fleur qui imite les abeilles

Entre 4 et 6 % des plantes sont pollinisées par la ruse. Les insectes volants sont attirés par des signaux trompeurs suggérant la présence de nectar, d'un partenaire sexuel, etc. Stefan Dötterl, de l'université de Salzbourg, en Autriche, et ses collègues ont découvert un nouveau stratagème. Les chercheurs étaient étonnés de voir que les plantes *Ceropegia sandersonii* étaient pollinisées par les mouches *Desmometopa*, des parasites connus pour se nourrir des restes d'abeilles attaquées par des prédateurs comme les araignées. Lorsqu'une abeille est attaquée, elle libère du venin qui contient des phéromones volatiles. La mouche serait attirée par ces composés chimiques. Les chercheurs ont alors compris que la plante *C. sandersonii* émet une odeur qui imite celle d'une abeille menacée. La mouche pénètre alors dans la fleur à la recherche de son repas et assure la pollinisation.

S. B.

A. Heiduk, *Current Biology*, vol. 26, 2016

Astrophysique

Une galaxie noire à 99,9 %

Dans l'amas de galaxies de la Chevelure de Bérénice, à près de 300 millions d'années-lumière de nous, l'équipe de Pieter van Dokkum, de l'université Yale, a découvert une galaxie de type ultradiffuse, nommée Dragonfly 44. Elle est aussi grande que la Voie lactée, de même masse, mais avec cent fois moins d'étoiles. On estime que notre Galaxie contient plus de 90 % de matière noire, on se rapprocherait des 99,9 % dans le cas de Dragonfly 44.

Les astrophysiciens connaissent déjà des petites galaxies riches en matière noire, mais la formation d'une galaxie ultradiffuse grande comme la Voie lactée reste une énigme. Dragonfly 44 est-elle une galaxie ratée qui n'a pas réussi à accumuler assez de matière ordinaire ? Une autre piste est que la galaxie pourrait ne pas être aussi massive que le suggèrent les données. En effet, Dragonfly 44 se trouve au cœur de l'amas de galaxies où elle serait soumise à des effets de déchirement gravitationnel qui biaisent l'interprétation des mesures. Pieter van Dokkum et ses collègues espèrent étudier d'autres galaxies ultradiffuses et en trouver en dehors de l'environnement chaotique d'un amas.

S. B.

P. van Dokkum et al., *Astrophysical Journal Letters*, vol. 1, L6, 2016

Neurosciences

Quand la microglie remodèle le cerveau

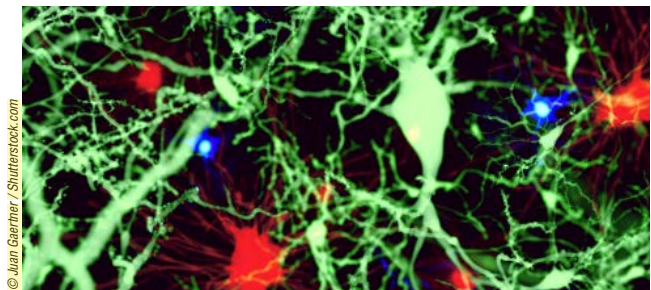
Apprendre à parler une deuxième langue ou à jouer d'un instrument... Quel que soit le processus d'apprentissage, le cerveau doit s'adapter, utiliser ses connaissances et en acquérir d'autres. Pour ce faire, il reconfigure ses circuits, c'est-à-dire fabrique des connexions, nommées synapses, entre ses neurones. Un acteur clé de ce remodelage serait la microglie, les cellules immunitaires du cerveau qui assurent notamment sa défense et son nettoyage. Mais comment agit-elle ?

Akiko Miyamoto, de l'Institut des sciences physiologiques à Okasaki, au Japon, et ses collègues ont travaillé sur des souriceaux âgés de 8 à 10 jours, période où de nombreux circuits neuronaux se forment. Grâce à l'imagerie biphotonique, qui permet de voir chez l'animal vivant des couches du cortex, et grâce à des tranches *post mortem* de cette région cérébrale, ils ont observé que les cellules

microgliales entrent en contact avec les dendrites, les prolongements neuronaux qui poussent comme les tiges d'une plante vers d'autres neurones. Lors de ce contact, une excroissance de la membrane de la dendrite, ou filopode, apparaît, qui va produire la synapse avec le neurone cible. Les chercheurs ont montré que le contact s'accompagne d'une entrée massive de calcium dans le filopode, ce qui favorise sa croissance et permet la formation de la connexion, alors bien active. En créant des souriceaux génétiquement modifiés pour ne plus produire de microglie, les chercheurs ont constaté que leur cortex présente beaucoup moins de filopodes et de synapses fonctionnelles. Contrôler la microglie sera peut-être le secret d'une meilleure souplesse – cérébrale – pour les apprentissages...

B. S.-L.

A. Miyamoto et al., *Nature Comm.*, en ligne 25 août 2016



Les cellules microgliales (en bleu) entrent en contact avec les prolongements des neurones (en vert) et favorisent ainsi la formation de connexions.

La lune Dioné cache un océan...

La lune de Saturne, Encelade, était déjà connue pour héberger un océan sous sa croûte de glace. Un autre satellite, Dioné, en dissimulerait aussi un à 100 kilomètres de profondeur. Mikael Beuthe, de l'Observatoire royal de Belgique, et ses collègues ont fait cette découverte grâce aux données du récent survol de Dioné par la sonde *Cassini*. Moins connu qu'Encelade et ses geysers au pôle Sud, Dioné paraît plus calme, mais sa surface fracturée suggère un passé tout aussi tumultueux.

...et Proxima b, une planète océan ?

Récemment, une exoplanète a été détectée autour de l'étoile Proxima du Centaure, la plus proche voisine du Soleil. Cette planète, Proxima b, se trouve à la bonne distance de son étoile pour présenter éventuellement de l'eau liquide à sa surface. Sa masse est 1,3 fois celle de la Terre, mais son

rayon est inconnu. Bastien Brugger, du laboratoire d'astrophysique de Marseille, et ses collègues ont simulé la structure de la planète en supposant qu'elle contient un noyau métallique, un manteau rocheux et éventuellement de l'eau. D'après cette étude, Proxima b pourrait, entre autres possibilités, être totalement recouverte par un océan !

Suivez les dernières actualités de Pour la Science sur les réseaux sociaux



Retrouvez plus d'actualités sur www.pourlascience.fr