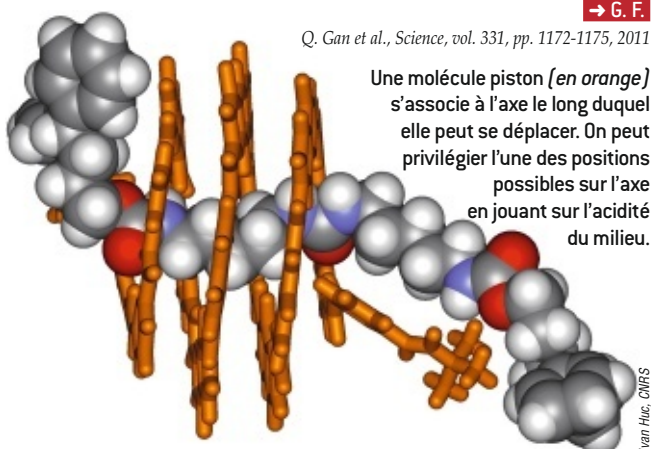


Nanosciences

Un piston lilliputien

Un moteur peut transformer l'énergie chimique en énergie mécanique. L'équipe d'Ivan Huc, à l'Université de Bordeaux, et ses collègues chinois ont créé sur ce principe un piston moléculaire. Une molécule en forme d'hélice s'enroule autour d'un axe, une chaîne carbonée portant des atomes d'azote et dont les extrémités volumineuses bloquent la molécule hélicoïdale – le piston. Le couple, consolidé par des liaisons hydrogène, s'assemble spontanément dans les conditions expérimentales mises au point par ces chimistes. Le moteur assemblé, encore fallait-il l'actionner, ce qui a été obtenu en modifiant l'acidité du milieu. L'axe porte deux régions où le piston peut s'ancrer grâce à des liaisons hydrogène. Quand le milieu devient plus acide, une position acquiert une charge positive : le piston ne peut plus s'y fixer et se déplace vers l'autre site, neutre, distant d'environ un nanomètre (le moteur moléculaire mesure environ trois nanomètres). On peut imaginer des applications pour ce système : mis en série, ces moteurs se comprimeraient simultanément, offrant un équivalent de la contraction musculaire.

→ G. F.

Q. Gan et al., *Science*, vol. 331, pp. 1172-1175, 2011

Chimie

Manuscripts et oxygène

Utilisées du Moyen Âge au début du XX^e siècle pour l'écriture, les encres ferrogalliques altèrent le papier, qui devient brun et cassant au fil du temps : ses fibres de cellulose se rompent. Des chimistes du Centre de recherche sur la conservation des collections (MNHN/CNRS/MCC), à Paris, et de l'Université d'Anvers se sont interrogés sur la cause de cette dégradation. Est-elle due à l'hydrolyse de la cellulose, favorisée par l'humidité et l'acidité de l'encre, ou à son oxydation, provoquée par l'oxygène ambiant et exacerbée par la présence d'ions ferreux (Fe^{2+}) dans l'encre ?

En mesurant le degré de polymérisation de la cellulose – un indicateur de la longueur moyenne des molécules – sur des papiers modèles placés sous diverses conditions d'humidité et d'oxygénation, les chercheurs ont montré que la dégradation est seulement corrélée à la présence d'oxygène : les molécules de cellulose sont moins coupées quand la teneur en oxygène est inférieure à 0,1 pour cent. Reste à préciser le seuil d'oxygène au-dessous duquel la dégradation du papier peut être stoppée.

→ M.-N. C.

V. Rouchon et al., *Analytical Chemistry*, vol. 83 (7), pp. 2589-2597, 2011

Biophysique

Modéliser le fonctionnement d'une cellule

Et si les lois qui gouvernent les mécanismes cellulaires étaient plus simples qu'on ne le pensait ? Pourrait-on décrire le fonctionnement d'une cellule vivante en utilisant des lois de la physique ne faisant intervenir que des grandeurs électromagnétiques ? Ce pari repose sur le fait que la plupart des mécanismes à l'œuvre dans une cellule font intervenir des échanges de particules chargées. L'hypothèse a été discutée lors d'une rencontre tenue en mars 2011 à l'École polytechnique, à l'instigation de Laurent Schwartz, cancérologue à l'Hôpital universitaire Pitié-Salpêtrière.

Un pas dans cette voie a en effet été franchi par son équipe, qui associe mathématiciens, biologistes, biophysiciens et médecins. Elle a conçu un nouveau modèle électrophysiologique des cellules eucaryotes, c'est-à-dire celles dotées d'un noyau. Un système d'équations différentielles y décrit les relations entre le potentiel transmembranaire (la différence de potentiel électrique qui règne de part et d'autre de la membrane cellulaire), les flux d'ions à travers cette membrane et le volume de la cellule.

C'est la première fois qu'un modèle rend compte des interactions de ces trois grandeurs, qui jouent un rôle important dans la vie cellulaire. Il va au-delà de modèles précédents qui considé-

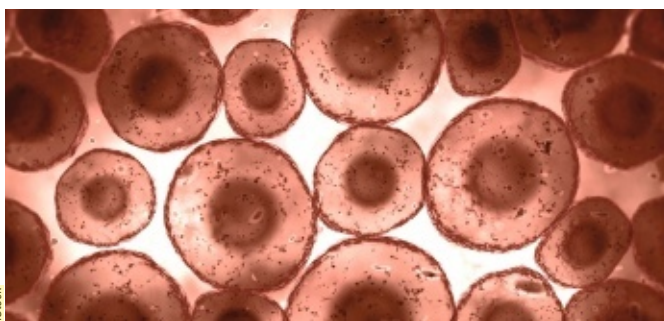
raient soit que le volume cellulaire était constant, soit que la régulation osmotique (ajustement de la concentration d'ions à l'intérieur de la cellule en fonction de la concentration extérieure) s'effectuait instantanément.

Mais le nouveau modèle fait encore mieux : il décrit l'évolution au cours du temps (de quelques secondes à quelques minutes) du volume d'une cellule après un choc osmotique (changement brusque de la différence de concentration des ions de part et d'autre de la membrane cellulaire), ce dont aucun modèle n'était capable jusqu'à présent. Les résultats ont été validés sur des cellules animales cultivées *in vitro*. « Les prévisions du modèle sur l'évolution de la taille de la cellule, qui se stabilise en quelques minutes, sont en parfait accord avec les observations », précise en outre Clair Poinard, de l'INRIA Bordeaux-Sud-Ouest, l'un des deux mathématiciens et informaticiens de l'équipe.

Certes, le modèle reste rudimentaire : il n'intègre qu'une petite partie des mécanismes cellulaires. Mais si l'intérêt de cette voie de recherche se confirmait, on pourrait modéliser de façon bien plus simple le fonctionnement de la cellule, par exemple la division cellulaire, fait remarquer L. Schwartz.

→ Danielle Duran

European Biophysics Journal, vol. 40(3), pp. 235-246, mars 2011



Un modèle simple rend compte de la variation du volume d'une cellule en fonction du potentiel électrique et des flux d'ions à travers la membrane.

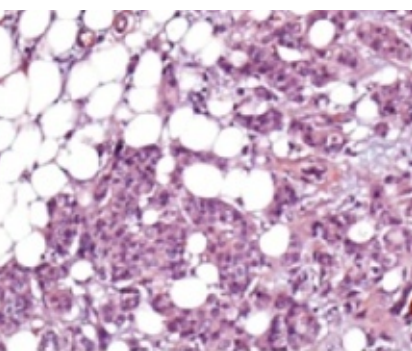
En bref

NOCIFS AUSSI, LES UV A

Des chimistes français ont montré que les rayons ultraviolets de type A excitent la molécule d'ADN et favorisent ainsi la formation de liaisons chimiques entre certaines bases de l'ADN, notamment quand celui-ci est sous forme de double hélice. Des mutations dans le génome — porté par l'ADN — en découleraient, ce qui pourrait provoquer des cancers, notamment de la peau si celle-ci est trop exposée au soleil. On en conclut que pour les gènes, les ultraviolets A seraient aussi nocifs que les ultraviolets B.

PRÉHISTOIRE INDIENNE

L'homme est présent en Inde du Sud depuis au moins 1,07 million d'années. C'est ce qui ressort des travaux d'une équipe franco-indienne. Sur le site d'Attirampakkam, cette dernière a mis au jour 3 528 outils de quartzite taillés selon la technique acheuléenne, et les a datés en analysant le paléomagnétisme et la composition isotopique. Caractérisée par des haches bifaces et des hache-reaux, la taille acheuléenne s'est développée en Afrique il y a 1,7 million d'années, puis diffusée en Europe et en Asie.



Les cellules graisseuses (taches blanches) à proximité de cellules cancéreuses (en mauve) présentent des caractéristiques particulières.

Astrophysique

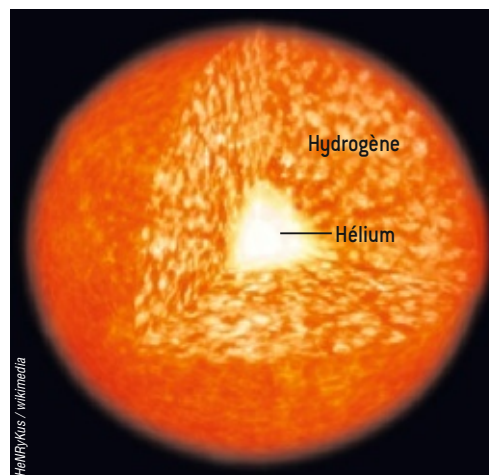
Le cœur des géantes rouges dévoilé

Dis-moi comment tu vibres, je te dirai ce que tu brûles. En observant les vibrations de la surface d'étoiles géantes rouges, les astrophysiciens de la collaboration KASC (*Kepler Asteroseismic Science Consortium*) ont sondé pour la première fois leur cœur, et montré que la signature sismique permet de distinguer celles qui brûlent uniquement de l'hydrogène de celles brûlant aussi de l'hélium.

Après avoir épuisé l'hydrogène dans leur cœur, les étoiles commencent en effet à brûler celui des couches plus externes, ce qui dilate l'étoile : elle devient une géante rouge. Par la suite, l'hélium peut entrer en fusion dans le cœur. Cependant, l'aspect de l'étoile reste inchangé. Comment distinguer les deux phases ? Grâce à l'« astérosismologie ».

Les étoiles sont parcourues d'ondes sismiques. Parmi elles, des modes de vibration dits mixtes couplent une composante qui se propage dans les régions internes et nous renseigne sur la structure profonde de l'étoile (mode G), et une composante décelable en surface (mode P).

Les scientifiques ont réussi à distinguer ces modes mixtes dans les spectres d'oscillation de près de 400 géantes rouges observées par le satellite *Kepler*. Deux groupes d'étoiles sont apparus : dans le premier, les écarts entre les périodes des modes mixtes successifs sont de 50 à 60 secondes, tandis que le



Vue d'artiste de la structure d'une géante rouge, où la fusion nucléaire de l'hélium est amorcée dans le cœur, tandis que l'hydrogène brûle dans des couches plus externes.

second est caractérisé par des périodes espacées de 100 à 300 secondes.

Les espacements des modes mixtes reflétant partiellement la structure profonde, cela implique l'existence de deux types de cœurs stellaires différents. D'après les modèles, les étoiles à courte séparation des périodes brûleraient de l'hydrogène dans des couches extérieures, tandis que les étoiles avec une longue séparation de périodes seraient à un stade plus avancé, où la fusion de l'hélium s'est amorcée dans le cœur.

→ Philippe Ribeau-Gésippe

T. R. Bedding et al., *Nature*, vol. 471, pp. 608-611, 2011

Biomédecine

Cellules graisseuses et cancer du sein

Le cancer du sein frappe plus d'une femme sur 1 000 chaque année. On a récemment montré que dans ce cancer, l'obésité augmentait les risques de dissémination des cellules cancéreuses. Pourquoi ? Les équipes de Catherine Muller et de Philippe Valet, à l'Université Paul Sabatier de Toulouse, ont montré que les cellules graisseuses (ou adipocytes) proches des tumeurs favorisent la dissémination de ces dernières, donc la formation de métastases.

Le cancer du sein naît dans les « lobes » du sein entourés de cellules graisseuses. Les biologistes ont mis en culture, au laboratoire,

des cellules tumorales avec des adipocytes et ils ont montré que les cellules cancéreuses ont des caractéristiques invasives en présence des adipocytes. Dans ces conditions, les adipocytes ont un aspect particulier et sécrètent notamment des facteurs pro-inflammatoires, telle l'interleukine 6. D'ailleurs, *in vitro*, cette molécule seule suffit à rendre métastatiques les cellules cancéreuses.

Chez la femme, les biologistes ont montré que ces adipocytes particuliers se retrouvent aussi autour de la tumeur. Et pour les patientes ayant les plus grosses tumeurs et des métastases, les quantités d'interleukine 6 expri-

mées par les adipocytes sont plus importantes.

Ainsi, les adipocytes acquièrent des caractéristiques spécifiques à proximité d'une tumeur mammaire et favorisent sa dissémination. Or la quantité de cellules graisseuses autour des lobes du sein dépend de facteurs génétiques et de la corpulence de la femme... Bien que l'on ignore les déterminants du « dialogue » entre les adipocytes et les cellules cancéreuses, il semble clair que la masse graisseuse augmente le risque de dissémination du cancer.

→ Bénédicte Salthun-Lassalle

B. Dirat et al., *Cancer Research*, 1^{er} avril 2011