

PHYSIQUE DES MATÉRIAUX

DES BOÎTES QUANTIQUES POUR PANNEAUX SOLAIRES

En laboratoire, le rendement des cellules solaires à pérovskite dépasse 25 %. Mais sur des cellules de grande taille, il diminue fortement. Des structures quantiques changeront-elles la donne ?

Face aux enjeux de la production énergétique, la piste photovoltaïque présente de multiples atouts. Mais un des grands défis de cette filière est d'atteindre des rendements élevés.

Dans ce domaine, les cellules photovoltaïques à pérovskite (un assemblage hybride d'un composé organique et d'un halogénure de métal avec une structure cristalline spécifique) ont connu une évolution foudroyante. En 2021, leur rendement a dépassé 25%. Les cellules à pérovskite ont donc un rendement supérieur à celles, plus classiques, composées de silicium. En outre, leur fabrication est peu coûteuse. Malheureusement, en passant de dispositifs de laboratoire à des équipements pour un usage commercial, le changement d'échelle s'accompagne d'un effondrement du rendement. En effet, dans l'électrode (souvent du dioxyde de titane) qui collecte les électrons produits lorsque la lumière interagit avec la cellule photovoltaïque, la mobilité des particules est faible. Les électrons ont alors le temps de se recombiner avec les atomes de pérovskite. Et la conversion en courant est dès lors moins efficace. Pour améliorer le rendement, l'équipe de Michael Grätzel, de l'EPFL (l'École polytechnique fédérale de Lausanne), et de Dong Suk Kim, de l'Institut coréen de recherche sur l'énergie, propose de remplacer ces électrodes par une fine couche de boîtes quantiques (*quantum dots*).

Il s'agit de nanostructures semi-conductrices qui permettent de confiner un électron comme dans un atome. Les boîtes quantiques sont souvent qualifiées d'atomes artificiels. Comme pour les niveaux d'énergie d'un atome, les lois de la mécanique quantique indiquent alors comment ces boîtes interagissent avec la lumière. Simplement en contrôlant leur taille, il est possible de les faire émettre un rayonnement à des longueurs d'onde spécifiques. Les applications sont nombreuses : imagerie médicale, diodes émettrices de lumière, mais aussi cellules photovoltaïques. Dans ce dernier cas, les boîtes quantiques se substituent au silicium ou aux pérovskites et captent la lumière du soleil.

Dans le dispositif de Michael Grätzel, l'électrode de dioxyde de titane est remplacée



Dans des nanosphères semi-conductrices, ou boîtes quantiques, l'énergie des électrons est quantifiée et dépend du diamètre des structures. En contrôlant ce dernier paramètre, il est possible d'ajuster finement les longueurs d'onde absorbées et émises par fluorescence. Chacun des tubes contient une solution avec des nanosphères d'un diamètre spécifique, ce qui lui donne une couleur différente.

par une couche d'acide polyacrylique (un gel de polymère) contenant des boîtes quantiques de dioxyde d'étain (SnO_2). Les chercheurs ont constaté que la capacité de capture de la lumière était augmentée et la recombinaison des électrons avec la pérovskite était diminuée de 80%. Ils ont ensuite mesuré un rendement de 25,7% pour une cellule de 0,08 centimètre carré. En augmentant la taille, la perte de performance est limitée : le rendement atteint encore 20,6% pour une cellule de 64 centimètres carrés.

Un autre obstacle dans l'industrialisation des cellules à pérovskite est leur contenu en plomb, dont la toxicité est problématique pour la santé. De nombreuses stratégies sont à l'étude, consistant notamment à le remplacer par un autre métal. « Les travaux de recherche se concentrent actuellement sur les pérovskites à base d'étain, indique Michael Grätzel. Leur rendement progresse bien et atteint déjà 15%. » Ces cellules solaires pourraient alors devenir un concurrent sérieux sur le marché de l'énergie. ■

Sean Bailly

M. Kim et al., *Science*, 2022

EN BREF

Une patte qui repousse

En utilisant un mélange de cinq molécules et un bioréacteur, Nirosha Murugan, de l'université Tufts, aux États-Unis, et ses collègues sont parvenus à faire repousser la patte postérieure d'une grenouille après amputation. Tout comme les mammifères, ce batracien originaire d'Afrique australe est normalement incapable d'une telle régénération à l'âge adulte, après le stade de la métamorphose. Après dix-huit mois, le membre reconstitué était fonctionnel.

Science Advances, 26 janvier 2022

Molécule spatiale

De nombreuses molécules ont été découvertes dans l'espace. Par exemple, le diméthyléther (CH_3OCH_3) a été détecté dans le milieu interstellaire dans les années 1970. Grâce au radiotélescope Alma, au Chili, l'équipe d'Ewine van Dishoeck, de l'université de Leyde, aux Pays-Bas, vient de repérer cette molécule dans le disque protoplanétaire de la jeune étoile Oph-IRS 48. C'est la molécule organique la plus complexe jamais observée contenant un atome d'oxygène dans un tel milieu.

A&A, 8 mars 2022

Débuts de la tectonique

L'éclogite est une roche de la croûte océanique qui a subi une métamorphose sous haute pression lors de la subduction. Elle est donc un indicateur d'une dynamique de tectonique des plaques. Jusqu'à présent, les plus anciennes traces d'éclogite dataient de 2,1 milliards d'années. Wenbin Ning, de l'université chinoise de géosciences, à Wuhan, et ses collègues ont retrouvé des échantillons âgés de 2,5 milliards d'années. De quoi repousser les débuts de la tectonique terrestre.

PNAS, 4 avril 2022

MÉDECINE

DES RENIFLEUSES DE CANCERS

Les chiens ne sont pas les seuls à être capables de détecter des cancers grâce à leur odorat. Baptiste Piqueret, du Laboratoire d'éthologie expérimentale et comparée, à Paris, et ses collègues ont entraîné des fourmis de l'espèce *Formica fusca*. Après une étape de conditionnement des insectes grâce à des récompenses, les chercheurs les ont ensuite mis en présence de cellules saines et des cellules cancéreuses. «La quasi-totalité des fourmis est allée vers les cellules cancéreuses, nous avons un taux d'échec très faible. Soit environ 95% d'efficacité», note Baptiste Piqueret.

Si les fourmis sont en mesure de reconnaître ainsi ces cellules cancéreuses, c'est parce que ces dernières émettent un cocktail spécifique de composés volatils. Ce mélange de molécules est même unique à chaque type de cancer! Il reste désormais à prouver que l'identification est possible lorsque les cellules ne sont pas isolées, mais au sein d'un organisme. L'équipe travaille actuellement sur l'identification de cancer du sein dans l'urine de souris. En effet, on sait qu'en cas de cancer du sein les odeurs en question peuvent se retrouver dans l'urine. Une fois cette étape validée, les



Les fourmis *F. fusca* sauront-elles détecter les tumeurs ?

chercheurs souhaiteraient passer à des essais sur l'humain, avec des cohortes de patients.

«Cette étape sera plus difficile. Chez la souris, les individus sur lesquels nous menons nos essais sont très similaires en termes d'âge, de sexe et de taille. Chez les humains, il y aura plus de différences, ce qui amène plus de complexité dans les odeurs présentes dans l'urine, et donc complique la détection par les fourmis.» Si cette méthode se révèle efficace, elle ouvrira une nouvelle voie de détection des cancers. ■

Gaïa Jouanna

B. Piqueret et al., iScience, 2022

CLIMATOLOGIE

COUP DE CHAUD SUR LES HÊTRES

Le hêtre (*Fagus sylvatica*) est une des essences dominantes d'Europe. Pour mieux comprendre l'impact du changement climatique sur son abondance et sa productivité, Ederne Martinez del Castillo, de l'université Johannes-Gutenberg, à Mayence, en Allemagne, et ses collègues ont mené un travail d'envergure de modélisation à l'échelle du continent. Résultats: la croissance du hêtre pourrait être affectée négativement jusqu'à 30% dans le sud de l'Europe entre 2020 et 2050 par rapport à la période 1986-2016. Inversement, elle serait favorisée d'environ 25% en région montagnarde d'Europe centrale, aire idéale du hêtre dans le contexte climatique actuel et à venir, et même d'environ 35% au sud de la Scandinavie.

«Les facteurs pris en compte ont l'intérêt d'être disponibles pour l'intégralité des sites étudiés, note Élodie Magnanou, de l'observatoire océanologique de Banyuls-sur-Mer, mais pour affiner les prédictions il faudra aussi



La croissance des hêtres devrait fortement diminuer dans le sud de l'Europe.

considérer l'impact de la compétition avec les autres espèces, de la nature du sol, et de la famille génétique de chaque population de hêtres.» ■

Isabelle Bellin

E. Martinez del Castillo et al., Communications Biology, 2022