

Zeitschrift: Horizons : le magazine suisse de la recherche scientifique
Herausgeber: Fonds National Suisse de la Recherche Scientifique
Band: 27 (2015)
Heft: 107

Artikel: Le cristal qui fait rêver
Autor: Goubet, Fabien
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-771977>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 02.02.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>



Les propriétés de la pérovskite (en noir) suscitent l'engouement des chercheurs. Ce cristal a fait l'objet de près de 3500 publications uniquement en 2014. Photo: Keystone/ Science Photo Library/UiG/Dorling Kindersley

Le cristal qui fait rêver

Après le buzz du graphène, voici venu celui de la pérovskite. Ce matériau enthousiasme autant les chercheurs que les industriels.

Par Fabien Goubet

Depuis quelques années, un nombre croissant de physiciens, chimistes et autres ingénieurs cèdent aux sirènes d'un matériau au nom exotique: les pérovskites. Cette famille d'oxydes se retrouve au cœur d'une foule de projets de recherche dans des champs aussi divers que prometteurs, allant de l'énergie solaire à la microélectronique en passant par les lasers.

Il faut remonter à 1839 pour trouver une première mention de la pérovskite, qui désigne alors une roche de titanate de calcium (CaTiO_3) nommée ainsi en hommage au minéralogiste russe Lev Perovski. Le terme recouvre depuis tout un ensemble de matériaux contenant deux groupements d'atomes oxydés et basés sur la même structure cristalline cubique.

Le matériau sur mesure

Une telle organisation moléculaire est très commune, «probablement la forme cristalline la plus répandue sur Terre», précise Jean-Marc Triscone, physicien à l'Université de Genève. Là où les choses deviennent intéressantes, c'est que «le moindre petit changement des éléments de base modifie radicalement toutes les propriétés du matériau», poursuit le chercheur. Il suffit de prendre une pérovskite magnétique et de substituer un élément par un autre pour obtenir un tout autre matériau qui a perdu son magnétisme au profit, par exemple, d'une meilleure conductivité. Il est même possible d'associer plusieurs pérovskites pour qu'émergent de nouvelles propriétés imprévues. «C'est comme des Lego: on peut les empiler et construire une nouvelle structure - parfaite car les struc-

tures cristallines sont identiques - aux propriétés différentes de celles des composés parents.»

Les physiciens caressent le désir un peu fou de disposer d'un matériau 100% à la demande, élaboré en fonction des besoins. A Genève, Jean-Marc Triscone essaie ainsi d'assembler des pérovskites en un supraconducteur (un matériau dans lequel le courant circule sans aucune résistance électrique) qui fonctionnerait à température ambiante. D'autres physiciens tentent de fabriquer des aimants pour l'accélérateur de particules du CERN basés sur des oxydes supraconducteurs. La structure de ces derniers - qui ont valu en 1987 le Nobel de physique à Georg Bednorz et Alex Müller d'IBM Zurich - ressemble à un empilement de pérovskites.

«On peut empiler ces matériaux comme des Lego.»

Jean-Marc Triscone

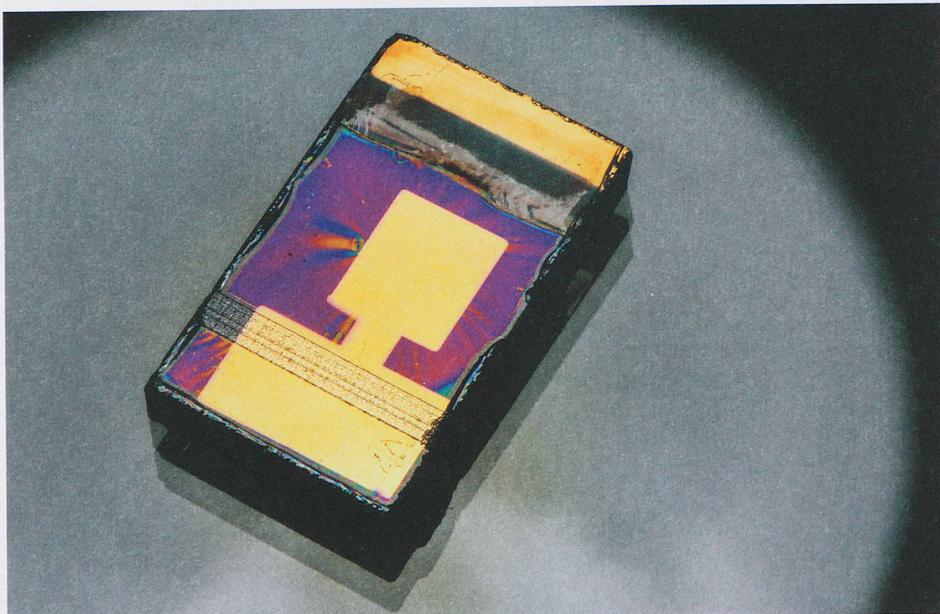
Il ne s'agit que d'un exemple parmi une multitude d'applications potentielles, qui vont de la conception de lasers et de LED à de nouveaux types de mémoires informatiques. Autre champ prometteur: les pérovskites ferroélectriques, des cristaux constitués d'ions et qui présentent par conséquent une polarisation électrique naturelle. Appliquer un champ électrique change l'orientation des domaines ferroélectriques et altère subtilement la structure cristalline de la pérovskite, ce qui modifie également les propriétés thermiques du matériau. De tels isolants «in-

telligents» pourraient ainsi compenser de manière active les écarts de températures importants subis par des microprocesseurs ou par des composants de satellites ou de moteurs de véhicules. Cependant «l'effet n'a pour l'instant été observé qu'à de très basses températures de l'ordre de 80 kelvins (-193 °C, nldr)», explique Christian Monachon, un physicien suisse qui travaille à l'Université Berkeley en Californie. L'obstacle ne lui paraît pas insurmontable: «Mes recherches m'amènent à penser qu'on pourra obtenir des matériaux à conductivité thermique variable, par exemple à base de titanate de baryum, que j'étudie en ce moment.»

Le roi Soleil

Mais les pérovskites suscitent surtout un intérêt pour les applications dans le photovoltaïque. En cinq ans, le rendement des cellules solaires à pérovskite a quadruplé et atteint presque celui des cellules en silicium, auxquelles elles pourraient bien faire de l'ombre.

Pourtant, cette application n'avait pas vraiment séduit les scientifiques au départ. «Depuis les années 1980, les chercheurs travaillaient avant tout sur la conception de lasers», raconte Jacky Even, de l'Institut national des sciences appliquées de Rennes (France) et fin connaisseur du dossier. La rencontre entre pérovskites et Soleil date de 2009 lorsqu'une équipe de l'Université Toin à Yokohama essaie d'intégrer des pérovskites dans une cellule photovoltaïque. «C'était une idée inadaptée aux propriétés exceptionnelles de ces matériaux, poursuit le chercheur. Ils voulaient exalter l'absorption lumineuse de cellules solaires



Elaborée à l'EPFL, une nouvelle génération de cellules solaires basées sur la pérovskite dépasse les 20% de rendement. Photo: Alain Herzog/EPFL

à colorant mais ont obtenu de piètres résultats, et l'article est resté inaperçu pendant les années suivantes.»

«Les pérovskites ont débouché sur une nouvelle filière photovoltaïque.»

Jacky Even

Tout bascule en 2012 lorsque deux spécialistes du photovoltaïque, Henry Snaith, de l'Université d'Oxford, et son ancien mentor Michael Grätzel, de l'EPFL, se penchent sur la question, chacun de leur côté. S'écartant du concept de cellule à colorant mis au point par Michael Grätzel dans les années 1990, les deux équipes concurrentes essaient de concevoir un nouveau type de cellule solaire dans laquelle une pérovskite - dont les atomes d'oxygène sont remplacés par de l'iode ou du brome - occupe un rôle central.

Comme le silicium dans les cellules solaires classiques, la pérovskite doit absorber la lumière tout en transportant les charges électriques entre les électrodes. Encore une fois, c'est sur l'aspect modulable du matériau que tout se joue. Une pérovskite hybride combinant des groupements or-

ganiques et inorganiques permet d'obtenir un matériau photovoltaïque qui absorbe dix fois plus de lumière que le silicium et transporte les charges électriques de manière beaucoup plus efficace que les colorants classiques. «C'est un véritable saut conceptuel qui a débouché sur une nouvelle filière photovoltaïque», résume Jacky Even.

Une concurrence pour le silicium

Depuis lors, la bataille fait rage entre ces deux équipes, rejointes entre-temps par d'autres groupes. A fin septembre 2015, Michael Grätzel a annoncé lors d'un congrès à Lausanne avoir atteint 20,8% de rendement, contre 25,6% pour les meilleures cellules à silicium, pourtant développées depuis plus de cinquante ans. «C'est une compétition sévère avec de gros enjeux derrière, confirme Joël Teuscher, chercheur au Photochemical Dynamics Group à l'EPFL. Mais elle est également saine.»

Aujourd'hui, le temps de la course au rendement semble prendre fin. Les spécialistes se posent désormais des questions plus fondamentales. «On cherche encore à comprendre comment tout cela fonctionne, glisse Joël Teuscher. Nous vivons une période passionnante où les travaux deviennent interdisciplinaires.» Ces questionnements aideront également les

chercheurs à résoudre les problèmes inhérents à ces matériaux comme leur instabilité (ils sont fragiles et solubles) ou encore la présence de plomb dans les cristaux qui peut entraver de futurs développements commerciaux. Une objection que Jacky Even modère: «Une batterie de voiture contient huit kilos de plomb, tandis qu'un mètre carré de panneau solaire n'en contient qu'un demi gramme!»

Les pérovskites font rêver les scientifiques, mais toutes les applications n'aboutiront pas. Pour chaque avantage, autant de problèmes surgissent. «Les pérovskites tracent une route fascinante, commente Jean-Marc Triscone. Peu importe si nombre de recherches ne donnent rien. Il en suffit peut-être d'une seule pour révolutionner la physique.»

Le journaliste scientifique Fabien Goubet travaille pour Le Temps.

Hydrogène, piles à combustible et memristors

Cinq chercheurs qui travaillent en Suisse sur les pérovskites:

Aldo Steinfeld (Paul Scherrer Institut) veut développer des «réacteurs solaires» pour transformer du CO₂ en hydrogène.

Fabrizio Emilian (PSI) travaille sur des catalyseurs en pérovskites utilisés dans des piles à combustible.

Jennifer Rupp (ETH Zurich) élabore des memristors à base de pérovskites, des mémoires informatiques résistives plus rapides et moins énergivores.

Christian Bernhard (Université de Fribourg) étudie les propriétés magnétiques et électriques des oxydes métalliques, en particulier à l'interface entre deux matériaux.

Michael Lee (PSI) développe des techniques de traitement et d'analyse de films ultrafins de pérovskites hybrides.