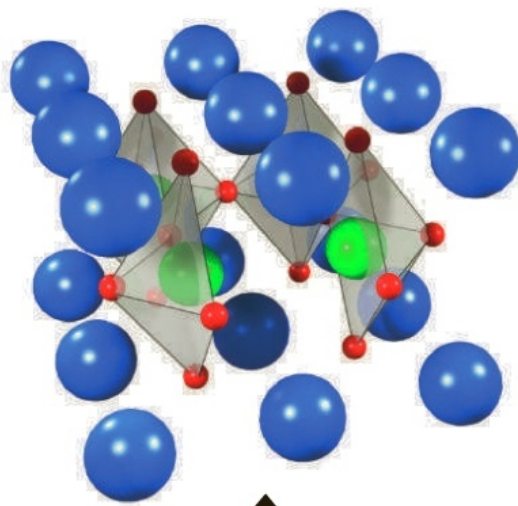


# La pérovskite, futur de l'énergie solaire

Ce cristal semi-conducteur pourrait bientôt concurrencer le silicium et diviser par deux le coût de l'électricité photovoltaïque. Explications.

Par Audrey Boehly

« C'EST UN FEU D'ARTIFICE, on n'avait jamais vu ça ! », s'exclame Daniel Lincot, directeur scientifique de l'Institut photovoltaïque d'Île-de-France (IPVF), en évoquant les résultats fulgurants de la pérovskite, ce cristal semi-conducteur des plus prometteurs dans le domaine du solaire. De mois en mois, le rendement énergétique (le pourcentage de rayonnement solaire transformé en électricité) des cellules photovoltaïques à base de pérovskite progresse de manière phénoménale. Il a été multiplié par quatre en seulement cinq ans pour atteindre récemment près de 19 %. Pas très loin derrière le rendement des panneaux en silicium vendus actuellement dans le commerce, qui eux culminent à 26 % en conditions de laboratoire. « Rendez-vous compte, il a fallu près de quarante ans et des milliards d'investissement avant que le silicium n'obtienne un tel rendement ! », lance Michael Grätzel, professeur à l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL), l'un des pionniers de la technologie pérovskite. Autre atout majeur : la pérovskite est peu coûteuse à fabriquer. Résultat, « pratiquement tous les grands laboratoires à travers le monde planchent aujourd'hui sur ce matériau », constate Daniel Lincot. Les excellents rendements de la



La structure cristalline  $ABX_3$  est la même pour toutes les pérovskites, où A est un cation organique ou inorganique (en bleu), B un cation métallique (en vert) et X un anion (rouge).

pérovskite comme capteur solaire en ont surpris plus d'un, car la découverte de ce composé ne date pas d'hier. Décrit en 1839, le premier spécimen a été déniché dans l'Oural sous la forme d'un minéral, baptisé en hommage au minéralogiste russe Lev Alexeïevitch Perovski (1792-1856). Son nom désigne depuis tout un groupe de matériaux qui présentent la même structure cristalline (voir ci-dessus). Aujourd'hui, on en connaît plusieurs centaines. Parmi eux, on trouve des pérovskites dites hybrides car constituées d'une combinaison de composants organiques et minéraux. C'est l'une de ces hybrides, un organohalogénure de plomb, qui

focalise aujourd'hui l'attention des chercheurs. Le premier test mené en 2009 dans un capteur solaire s'était soldé par un échec. Le rendement énergétique n'avait pas dépassé 4 %. Surtout, dans le milieu liquide où elle baignait, la pérovskite s'était... dissoute en quelques minutes ! En 2012, de nouvelles expériences ont lieu, cette fois en milieu solide, améliorant la stabilité des cellules. « En seulement quelques mois nous avons obtenu 15 % de rendement. Ce qui a fait l'effet d'une bombe ! », se réjouit Michael Grätzel, qui a participé à ces travaux précurseurs. Depuis, la course au rendement est lancée et les records s'enchaînent.

## Une fabrication simple et peu coûteuse

Parmi les propriétés remarquables de la pérovskite, sa capacité à capter 10 fois mieux le rayonnement lumineux que le silicium (lire l'encadré p. 50). « En raison de sa structure électronique — c'est-à-dire la manière dont les électrons sont répartis au sein du cristal —, la pérovskite absorbe davantage les particules de lumière que le silicium », explique le physico-chimiste Bernard Geffroy, qui travaille sur les capteurs à base de pérovskite au Commissariat à l'énergie atomique (CEA). Son organisation microscopique

## 85 %

La part de marché des panneaux solaires à base de silicium.

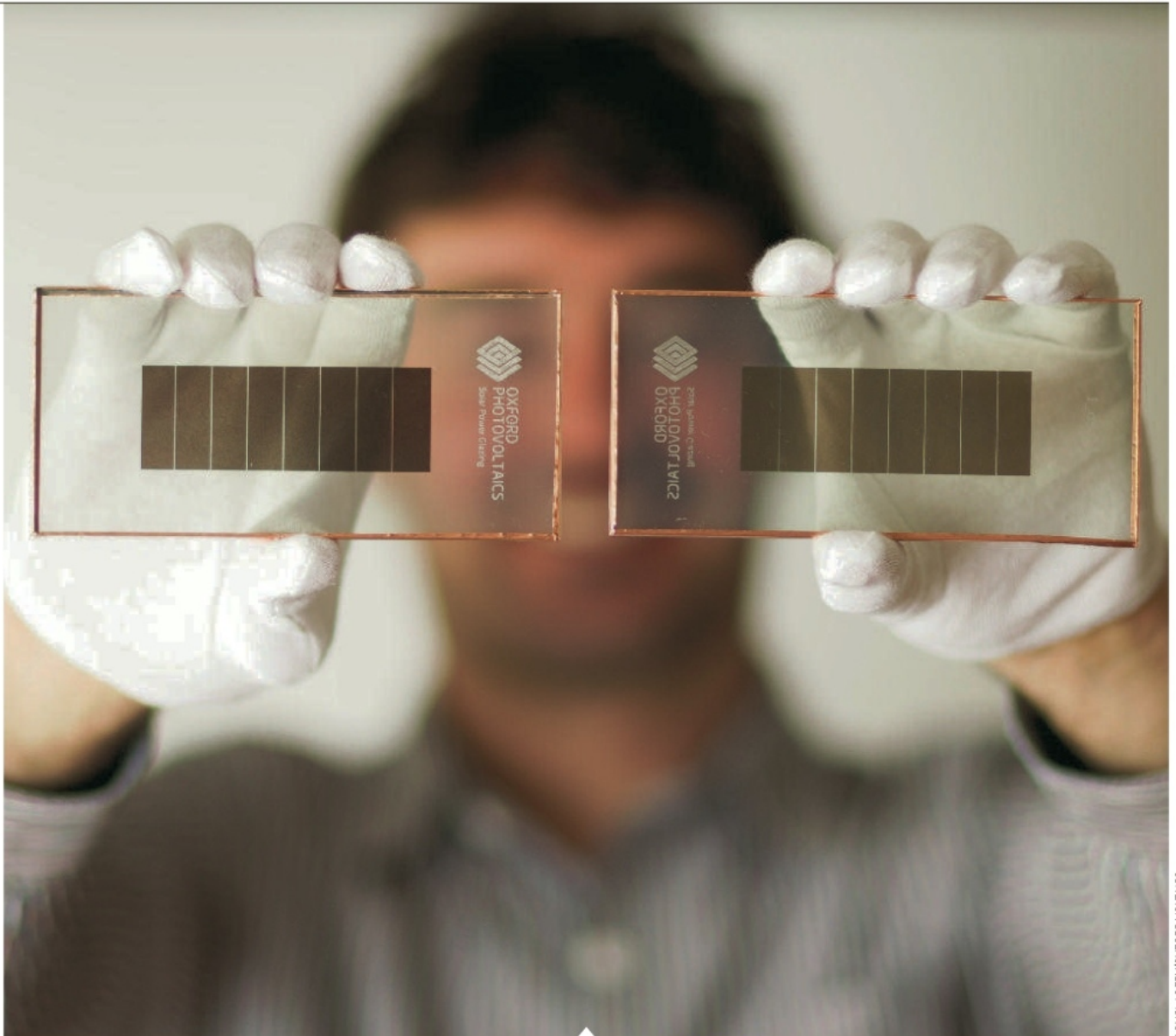
## + 60 %

La progression du nombre de brevets consacrés au photovoltaïque entre 2004 et 2009.

## 10 à 15 %

La part de l'énergie solaire dans la consommation électrique envisagée en 2030.



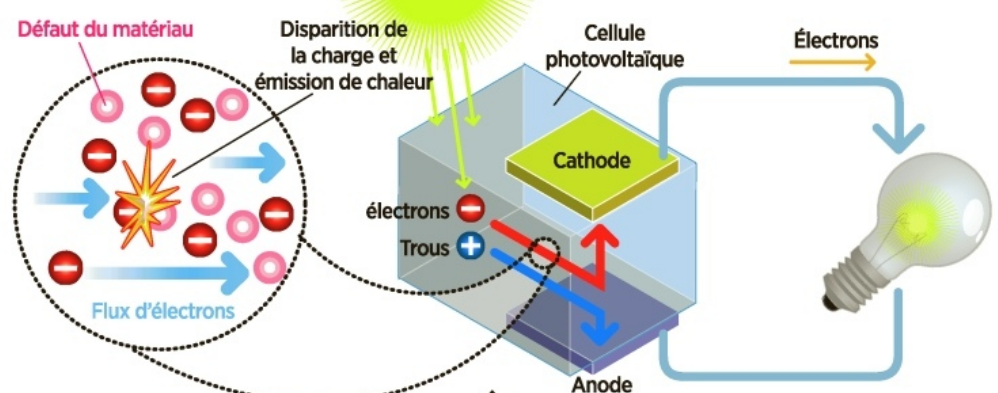


DOUGLAS FRY/OXFORD VOLTACS

La start-up cofondée par le chercheur Henry Snaith, à Oxford (Royaume-Uni), espère commercialiser des cellules à base de pérovskite dès 2017.

permet aussi une bonne circulation des charges électriques. Rappelons brièvement ce qui se passe quand la lumière rencontre le matériau : lorsqu'un photon frappe sa surface, il excite un électron qui, pour produire du courant, doit ensuite circuler jusqu'à une électrode. Un parcours semé d'embûches au cours duquel, si ce dernier croise un défaut microscopique, il peut perdre de son énergie (voir ci-contre). Avec pour conséquence la disparition de la charge électrique. Or, « le cristal de pérovskite présente peu de défauts, ce qui permet un bon »

## Panneau solaire : le parcours du combattant des électrons

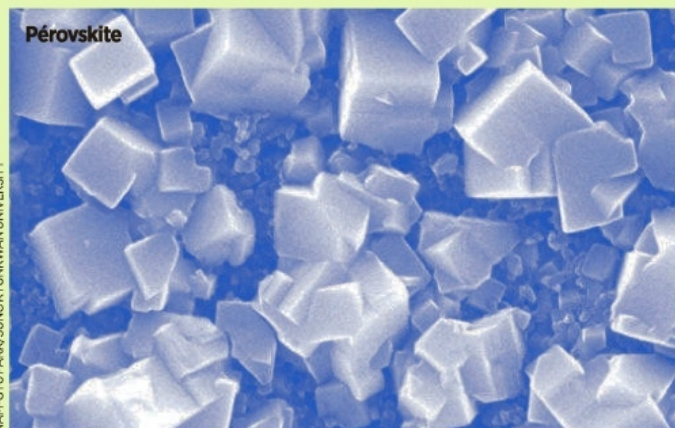


Excités par le rayonnement solaire, les électrons se dirigent vers la cathode. Mais s'ils se font piéger par un défaut dans leur matériau, la charge électrique s'annihile, réduisant par là même l'intensité du flux électrique.



PHOTOVOLTAÏQUE

## Des atouts face au silicium



Pérovskite



**LA PÉROVSKITE**  
**ABSORBE** 10 fois mieux  
l'énergie lumineuse  
que le silicium.



**SON RENDEMENT**  
**ÉNERGÉTIQUE**  
en laboratoire a été  
multiplié par quatre  
en cinq ans. Il atteint 19 %  
contre 26 % pour  
le silicium.



**SA PRODUCTION**  
**COÛTERAIT** cinq fois  
moins cher par rapport à  
celle du silicium.



Silicium

► *transport des charges* », constate le physico-chimiste. Autre point fort du matériau : sa fabrication demande peu d'énergie et met en œuvre des composés largement disponibles. Les cristaux peuvent être synthétisés directement sur une surface sous la forme d'une couche ne dépassant pas quelques centaines de nanomètres (milliardièmes de mètre). Ou encore être préparés en solution puis appliqués avec un spray ou comme une encre, par impression. Un jeu d'enfant comparé au silicium, qu'il faut extraire du sable, purifier, cristalliser à très haute température puis découper en lingots et finalement en lamelles. « La

production de pérovskite pourrait être jusqu'à cinq fois moins chère que celle de silicium », prévoit Bernard Geffroy.

Il reste toutefois à lever certains obstacles avant d'envisager la commercialisation de ces nouvelles cellules solaires. En



A. HERZOG/EPFL

**« Les résultats  
des pérovskites  
comme capteur  
solaire ont  
stupéfié la communauté  
scientifique »**

**Michael Grätzel**, professeur à l'École polytechnique de Lausanne

premier lieu leur instabilité, en particulier lorsqu'elles sont exposées à l'humidité. « *En présence d'eau, la pérovskite se dissout* », souligne l'ingénieur-chercheur au CEA. Deuxième problème mis en avant : la composition à base de plomb, un métal toxique — même si les quantités envisagées devraient rester en dessous des normes européennes actuellement en vigueur.

### Objectif : stabiliser les cellules

« *Vu l'avancée des recherches, nous serons fixés sur le potentiel de cette technologie dans les 5 années à venir* », prédit Bernard Geffroy. Pour Henry Snaith, professeur à l'université d'Oxford (Royaume-Uni), le verdict devrait tomber bien plus tôt. « *D'ici à un an, nous aurons résolu le problème de stabilité des cellules* », affirme-t-il, optimiste.

Fondée en 2010, la start-up Oxford Photovoltaics lancée par ce scientifique suite à ses recherches — parmi les plus en pointe dans le domaine — se prépare à une commercialisation dès 2017. Parmi les produits qu'elle développe : des vitres teintées à base de pérovskite qui pourraient équiper des façades entières de bâtiments. « *Pour laisser passer la lumière, la couche de pérovskite est percée de minuscules trous, un peu comme du gruyère* », explique Henry Snaith.

Ses équipes travaillent aussi sur une pérovskite à base d'étain afin de remplacer le plomb. « *Pour capitaliser sur l'industrie du silicium déjà existante, on envisage de produire des cellules combinant les deux matériaux*. » Théoriquement, ce dispositif en tandem pourrait atteindre 30 % de rendement, et permettre à la pérovskite de conquérir plus rapidement le marché. Avec à la clé, un coût de l'électricité solaire pratiquement divisé par deux. ■