



Projet

Simulation de systèmes photovoltaïques





L'informatique contribue à la naissance d'une nouvelle génération de cellules solaires

Une nouvelle génération de cellules solaires est sur le point de percer. Des matériaux inédits et une conception sophistiquée promettent des rendements élevés et d'innombrables possibilités à moindre coût. Des simulations informatiques doivent contribuer à optimiser le potentiel de ces nouvelles technologies.



Les conditions météorologiques et la qualité de l'ensoleillement doivent être prises en compte pour un calcul réaliste du rendement énergétique des nouvelles cellules solaires. *Source* : Shutterstock/Swissdrone





En un coup d'œil

- Des modèles informatiques mettent en lumière les propriétés physiques d'une nouvelle génération de cellules solaires et contribuent à les optimiser.
- La simulation dans des conditions réalistes révèle tout le potentiel que renferme cette nouvelle technologie de cellules solaires.
- Les outils informatiques peuvent jouer un rôle décisif dans le développement de ces nouvelles cellules solaires et en vue de leur commercialisation.

La Stratégie énergétique 2050 prévoit de couvrir environ 20 % des futurs besoins d'électricité grâce à l'énergie solaire. Les chances d'y parvenir sont bonnes. En effet, une nouvelle génération de cellules solaires est dans les starting-blocks. Elles sont basées sur un matériau d'avenir, la pérovskite, qui est peu cher, facile à transformer et capable d'absorber très efficacement la lumière. Des rendements particulièrement élevés sont atteints par les cellules tandem, composées de deux couches dont chacune exploite une autre partie du spectre de la lumière.

Ces nouvelles cellules solaires doivent toutefois encore franchir l'étape clé qui les mènera du laboratoire à la production à grande échelle. L'aspect déterminant est le rendement énergétique des installations en conditions réelles. Celui-ci ne dépend pas uniquement des cellules solaires, mais aussi du fonctionnement des modules solaires dans un environnement réel.

Des chercheuses et chercheurs de la ZHAW de Winterthour ont étudié cette question complexe à l'aide de moyens informatiques. En collaboration avec les laboratoires de l'Empa et de l'EPF de Lausanne, ils ont développé une boîte à outils de modèles numériques, permettant de simuler tous les aspects de la production d'électricité à partir de la lumière du soleil : des caractéristiques physiques des cellules solaires individuelles au rendement électrique d'un module composé de cellules tandem.



Comprendre les cellules solaires de bout en bout

La compréhension de cette chaîne de processus commence par l'interaction de la lumière avec la matière. C'est donc de cette étape qu'est partie l'équipe de recherche. À partir des composants existants, ils ont élaboré un modèle informatique d'une cellule à pérovskites, doté de la capacité inédite de combiner la simulation des processus optiques et électriques. Cela leur a permis d'expliquer un comportement dont tous les détails n'avaient pas encore été totalement compris : ainsi, dans des conditions identiques, la quantité de courant produite par une cellule à pérovskites varie selon que la tension appliquée arrive par le bas ou par le haut – un phénomène connu sous le nom d'hystérésis. Grâce à leurs simulations, les chercheuses et chercheurs ont démontré que cette hystérésis s'expliquait par les mouvements de particules chargées, appelées ions. À température ambiante, celles-ci peuvent se former à partir des composants des pérovskites, tels que l'iode. Ces charges mobiles isolent le champ électrique à l'intérieur du composant.

Un autre modèle issu de la boîte à outils de l'équipe de recherche de la ZHAW décrit une cellule tandem, où une cellule à pérovskites est appliquée en guise de seconde couche à la surface d'une cellule en silicium. La cellule à pérovskites filtre les ondes courtes bleues et violettes du spectre de la lumière, tandis que la cellule en silicium située en-dessous exploite les ondes longues du rouge à l'infrarouge : ce partage des tâches permet d'atteindre des rendements supérieurs à ceux d'une cellule solaire simple.

Grâce à ce modèle, les chercheuses et chercheurs ont passé en revue différentes configurations en optimisant à chaque fois les performances des cellules – un procédé qui serait extrêmement fastidieux à réaliser en laboratoire avec des cellules solaires réelles. L'équipe de recherche s'est ensuite attelée à trouver la répartition optimale du spectre lumineux entre la partie inférieure et supérieure d'une cellule tandem. Elle a testé à cet effet des pérovskites filtrant différentes longueurs d'onde de la lumière. Cela lui a permis de démontrer que le rendement pouvait théoriquement grimper jusqu'à 31 %.



La simulation révèle le potentiel

Grâce au modèle d'une cellule tandem sophistiquée, les chercheuses et chercheurs ont pu se lancer dans leur mission principale, la simulation de cette nouvelle technologie en conditions réelles. Ils ont utilisé à cet effet des données sur le rayonnement solaire, la température ambiante et le vent, c'est-à-dire les facteurs environnementaux susceptibles d'influencer la production d'électricité d'un module solaire. Il s'agissait en outre de calculer la répartition spectrale de la lumière solaire, dont les composantes de bleu et de rouge varient au fil du jour et de l'année. Cet aspect a notamment un impact sur les performances d'une cellule tandem, qui convertit la lumière rouge et bleue dans des cellules distinctes. Le flux de courant de l'ensemble d'une cellule tandem étant déterminé par la moins performante des deux cellules, un rayonnement équilibré est nécessaire pour assurer des performances optimales. Grâce à la modélisation, l'équipe de recherche a pu chiffrer les pertes de performance liées aux variations chromatiques de la lumière solaire : elles ne dépassent pas 1,27 % de la production annuelle d'électricité.

Mettre les outils à la portée de tous

Parallèlement à l'élaboration des modèles informatiques, le développement expérimental de la technologie à pérovskites a également progressé. À vrai dire, il a même connu des avancées énormes, et ce sans recours aux outils de simulation. Avant que les cellules à pérovskites ne soient aptes à être commercialisées, il reste toutefois un certain nombre d'obstacles à surmonter, notamment en ce qui concerne leur résistance dans le temps. Les modèles informatiques se sont révélés indispensables à cet égard. Jusqu'ici réservés aux spécialistes, les programmes de simulation pourraient être utilisés bien plus largement s'ils disposaient d'une interface conviviale. En effet, cette boîte à outils n'est pas seulement intéressante pour les groupes de recherche et les entreprises technologiques, mais pourrait aussi servir aux cabinets d'architecture ou aux autorités – par exemple pour anticiper le potentiel de production de courant solaire d'une façade.



Energie

Programmes nationaux de recherche 70 et 71

Produkte aus diesem Projekt



Team & Kontakt

Dr. Matthias Schmid
ZHAW School of Engineering
Institute of Computational Physics
Wildbachstrasse 21
8400 Winterthur

+41 (0) 58 934 75 48

matthias.schmid@zhaw.ch



Matthias Schmid
Projektleiter



Christophe Ballif

Antonio Abate



David
Bernhardsgrütter



Konrad Domanski

Alejandro Nico Filippin



Energie

Programmes nationaux de recherche 70 et 71



Fan Fu

Lukas Kranz

Dominik Josef Kubicki

Paolo Antonio Losio

Ayodhya Nath Tiwari

Mario Ochoa Gomez

Fabian Pianezzi

Jérémie Werner

Shaik Mohammed
Zakeeruddin

Le contenu de ce site représente l'état des connaissances au
17.12.2018.