

INSOLIGHT AMÈNE LE SOLEIL AU POINT

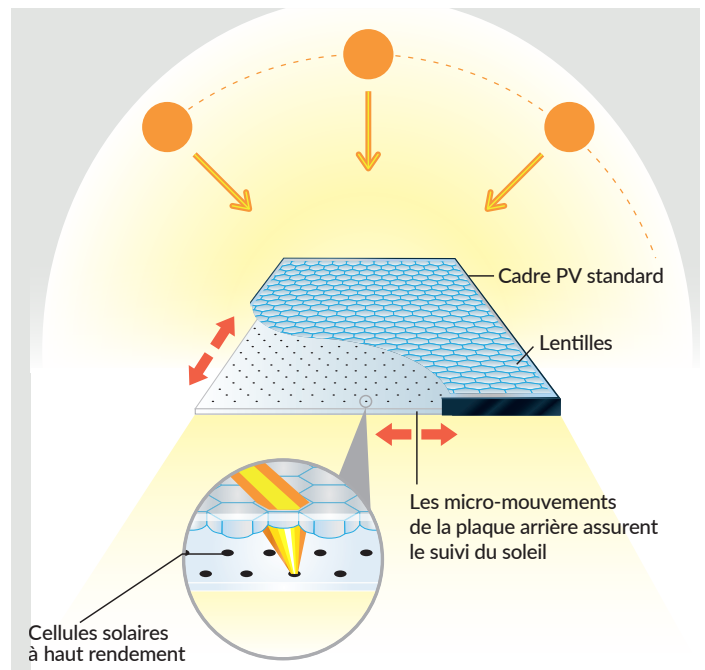
La start-up lausannoise Insolight développe des panneaux solaires à haut rendement. Comme les modules sont translucides, ils pourraient être utilisés sur des terres agricoles. La rentabilité des modules dépend entre autres des coûts du procédé utilisé pour connecter électriquement les cellules à l'intérieur des modules. Dans le cadre d'un projet de recherche soutenu par l'OFEN, une méthode rentable est en cours de développement et d'essai.



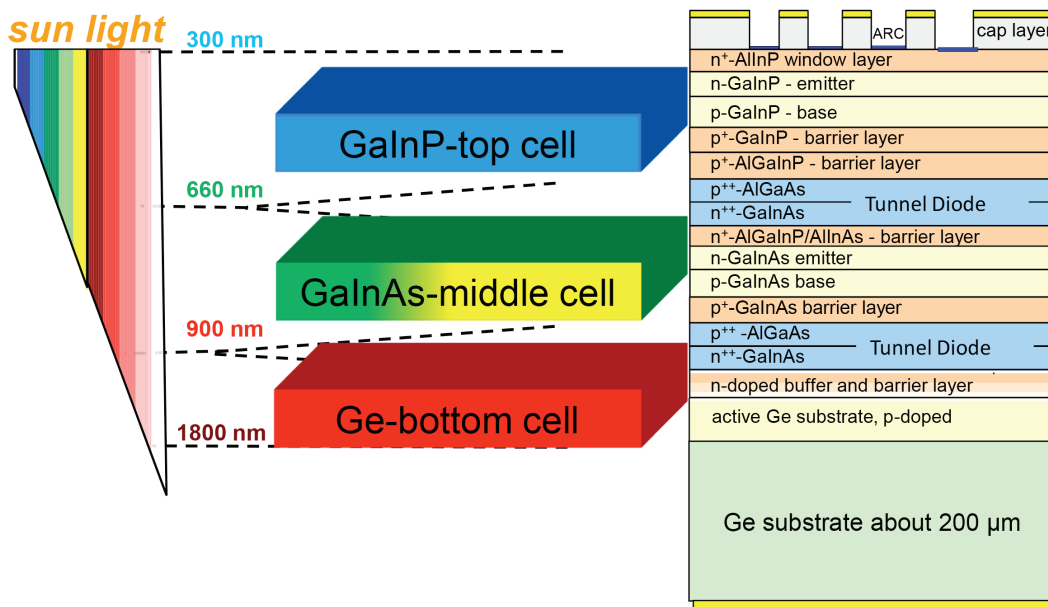
La start-up Insolight vise le marché du agrivoltaïque (ou agrophotovoltaïque) avec ses modules solaires. Photo : Insolight

Les cellules solaires jouent un rôle central dans l'alimentation en énergie des sondes spatiales. Comme la surface à disposition est limitée, les modules sont équipés de cellules solaires à haut rendement qui produisent un maximum d'électricité à partir de la lumière du soleil. Les cellules ont une structure complexe : plusieurs couches de semi-conducteurs spéciaux sont sélectionnées pour que les cellules absorbent l'énergie d'un large spectre de fréquences du rayonnement solaire. Les cellules à haute performance atteignent des rendements de plus de 40 %. C'est deux fois plus qu'avec les cellules solaires en silicium, qui sont généralement installées sur les toits des maisons.

Les cellules solaires à haute performance sont fabriquées par AZUR SPACE Solar Power GmbH à Heilbronn (Allemagne), par exemple. Les produits de la société sont nettement plus chers que les cellules en silicium classiques, ce qui n'est guère un facteur déterminant lorsqu'elles sont utilisées dans les voyages spatiaux. Afin d'utiliser les cellules de manière économique sur terre, un « truc » est nécessaire : la lumière solaire entrante est concentrée sur les cellules haute performance à l'aide de couches de lentilles, où elle est ensuite convertie en électricité. Dans les modules photovoltaïques à concentration (CPV), il n'est pas nécessaire de recouvrir tou-



Représentation schématique du module Insolight portant le nom de « Translucency & High-Efficiency in Agrivoltaics » (THEIA) : sur une plaque de support se trouvent des cellules solaires de 1 x 1 mm. Une plaque de verre équipée de lentilles permet de concentrer la lumière du soleil sur les cellules solaires. La course du soleil pendant la journée est compensée par un léger déplacement de la plaque de base. Graphique : Insolight



Construction des cellules solaires à triple jonction du fabricant allemand AZUR SPACE, qui sont installées dans les modules solaires Insolight : La cellule solaire se compose de trois «cellules solaires partielles» empilées les unes sur les autres, chacune d'entre elles convertissant une partie (gamme de fréquences) de la lumière du soleil en électricité. Les cellules solaires partielles sont composées de gallium-indium-phosphure (GaInP), de gallium-indium-arsenicé (GaInAs) et de germanium (Ge), chacune étant reliée par des diodes tunnel. En y regardant de plus près, la cellule est constituée de 35 couches de matériau, qui sont appliquées par le procédé d'épitaxie (dépôt en phase vapeur). Les couches individuelles ont une épaisseur de 0,015 à 2,5 micromètres, et de 8 micromètres ensemble. Avec le substrat la cellule solaire a une épaisseur d'environ 208 micromètres. Illustration : AZUR SPACE

te la surface du module avec un matériau semi-conducteur, comme c'est le cas avec les modules classiques en silicium, mais seulement les points focaux typiquement 100 à 800 fois plus petits que les surfaces des lentilles (voir illustration page 2). La production d'un module solaire CPV nécessite beaucoup moins de matériaux semi-conducteurs, ce qui permet l'utilisation des cellules à haute performance à des coûts de production d'énergie acceptables. La condition préalable à l'utilisation du CPV est une proportion suffisamment élevée de rayonnement direct.

Système de suivi miniaturisé

Des modules à concentrateurs avec des cellules solaires à haute performance qui sont aussi faciles à installer et maintenir que des panneaux solaires conventionnels - c'est l'idée commerciale d'Insolight SA. La start-up a été fondée en 2015 par Laurent Coulot et d'autres diplômés de l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) et comprend aujourd'hui une équipe de 16 personnes travaillant sur le Campus de l'innovation de l'EPFL. Insolight utilise des cellules solaires à haute performance de l'entreprise AZUR SPACE Solar Power dans un module à concentration spécialement développé. Il

s'agit de cellules dites à triple jonction (voir encadré). Chaque mètre carré de la surface du module est recouvert de 5000 cellules, chacune mesurant un millimètre carré. Les modules sont constitués d'une plaque de verre munie de lentilles qui concentrent la lumière du soleil sur les cellules situées en dessous. « Au cours de la journée, la plaque arrière avec les cellules suit une trajectoire de quelques millimètres, de sorte que la lumière du soleil frappe toujours les cellules avec précision », explique David Schuppisser, directeur marketing d'Insolight. Le mouvement de la plaque arrière est assuré par trois actuators électriques dans chaque module solaire, issus de l'industrie automobile. « Nous avons miniaturisé le système de suivi ; c'est l'innovation clé des modules Insolight », déclare M. Schuppisser.

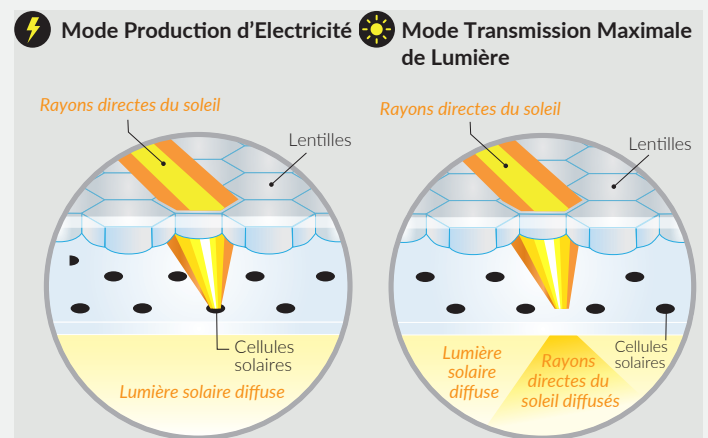
Lors de tests en laboratoire à l'Institut Fraunhofer pour les systèmes d'énergie solaire (Freiburg/A), les modules solaires d'Insolight ont atteint un rendement de 36,4 %. Mais une efficacité élevée ne suffit pas ; les modules doivent être produits à des prix qui permettent la production d'électricité photovoltaïque commercialisable. Un point crucial ici est la connexion électrique des cellules solaires. Pour la connexion

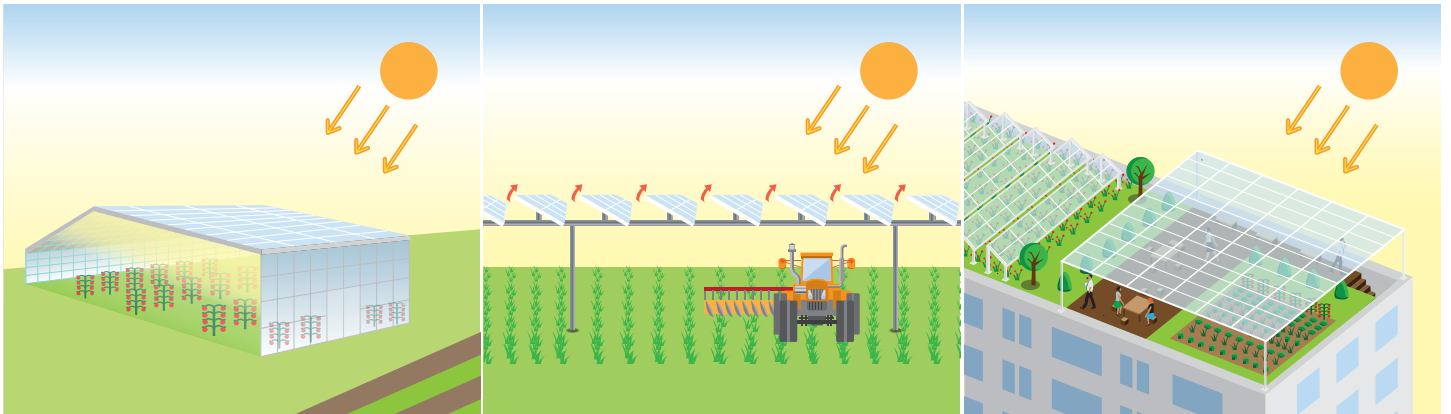
UN MODULE, UNE DOUBLE PRESTATION

Les modules photovoltaïques sont généralement recouverts de cellules solaires sur toute leur surface ; ils ne sont pas translucides et projettent des ombres. Sur les modules THEIA d'Insolight, en revanche, les cellules solaires n'occupent qu'une petite partie (< 0,5 %) de la surface, de sorte qu'une partie de la lumière du soleil (la lumière diffuse) peut traverser la plaque de support en verre. Le degré de transmission de la lumière peut être contrôlé en désalignant la lumière incidente des cellules à haute performance.

Il en résulte deux modes de fonctionnement : si l'on veut produire de l'électricité, le rayonnement solaire se concentre sur les cellules ; la lumière diffuse est transmise au travers du module et la lumière direct est transformée en électricité, résultant en une transmission de 13 à 66% de la lumière environnante, selon les conditions météorologiques. Si, par contre, le plus de lumière du soleil possible doit être utilisée pour la végétation sous le module, le module se « désaligne » ; maintenant, jusqu'à 78% de la lumière passe à travers le module, mais la production électrique tombe à zéro.

Lorsque le module THEIA est utilisé en agriculture, il est contrôlé de manière à ce que les plantes sous le module reçoivent un ensoleillement optimal pour la photosynthèse. Seul le rayonnement solaire « excédentaire » est utilisé pour produire de l'électricité. Cet aspect est primordial pour afin de ne pas nuire au rendement agricole sous les modules. Le rendement de certaines cultures peut même être augmenté par effet de protection de la forte lumière directe du soleil. BV





Application en serre : les modules « Translucency & High-Efficiency in Agrivoltaics » (THEIA) protègent les plantes en amortissant la lumière directe du soleil. Illustration : Insolight

Application en extérieur : les modules THEIA peuvent être installés sur une zone agricole. Le terrain peut également être utilisé pour la production d'électricité. Illustration : Insolight

Application jardin sur le toit : les modules THEIA produisent de l'électricité et protègent les plantes et les personnes contre les intempéries. Illustration : Insolight

on utilise généralement le « wire bonding », une méthode qui consiste à appliquer un contact après l'autre. Pour les modules Insolight avec leur grand nombre de cellules, ce processus est long et coûteux.

Nouveau procédé de revêtement

Dans un projet de recherche soutenu par l'OFEN dans le cadre du réseau européen Solar-ERA.NET, Insolight teste une nouvelle technique pour connecter les différentes cellules

solaires. Une équipe de chercheurs de l'Université polytechnique de Madrid a développé le processus en collaboration avec la société anglaise Dycotec Materials Ltd. (Swindon). La connexion cellulaire se fait par l'intermédiaire de nanoparticules ultra-dures, qui sont imprimées en couches. « Jusqu'à présent, le processus a été testé avec succès sur des cellules individuelles », explique Mathieu Ackermann, directeur technique d'Insolight. « Dans la prochaine étape, nos partenaires veulent utiliser le nouveau procédé pour produire un module

Carrot	Module mode per location per month							
	AbuDhabi	Tel Aviv	Almeria	Aix en Provence	Bordeaux	Lausanne	Wageningen	Hafslund
	UAE	Israel	Spain	France	France	Switzerland	Netherlands	Norway
January	19%							
February		51%	49%					
March			21%	36%	74%			
April							42%	37%
May								
June								
July								
August								36%
September				10%	10%	37%	83%	
October		19%	30%	83%				
November	16%	67%						
December	35%							

Le graphique montre comment ajuster les modules THEIA entre production d'électricité et transmission maximale de lumière pour une culture de carottes : En période de fort ensoleillement, les modules sont utilisés en mode de production d'énergie (vert clair) – la lumière transmise est suffisante pour la production d'électricité et l'utilisation agricole. Au cours des mois indiqués en vert foncé, les modules fonctionnent en mode de transmission de la lumière (les pourcentages illustrent le temps en mode MLT pour assurer suffisamment de lumière pour une culture de haute qualité). Le reste du temps, en dehors des saisons de culture, la lumière que les modules laissent passer ne suffit pas pour la culture des carottes et le module produit de l'électricité. Graphique : Insolight



Cinq ans après sa fondation, la jeune entreprise lausannoise Insolight compte 16 employés.
Photo : Insolight

fonctionnel, de taille réduite, que nous testerons ensuite chez Insolight ».

Ce module représenterait une étape intermédiaire importante. Le défi suivant consiste à améliorer et industrialiser le processus pour produire des modules de taille standard en grands volumes. « Si ces essais s'avèrent concluants, ils pourraient permettre de réduire significativement les coûts d'assemblage de nos modules », déclare Mathieu Ackermann, tourné vers l'avenir. Insolight vise à produire ses modules pour des applications sélectionnées à des prix commercialisables à moyen terme.

Modules hybrides et agrivoltaïques

Les jeunes entrepreneurs de Suisse romande voient deux domaines d'application pour leur technologie CPV. L'une d'entre elles est la construction de modules hybrides, qui se composent à la fois de cellules à haute performance et de cellules classiques en silicium : En cas de forte lumière directe du soleil, les cellules CPV s'épanouissent, tandis qu'en cas de rayonnement diffus, ce sont surtout les cellules en silicium qui sont utilisées. Les modules hybrides d'un rendement maximal de 29 % promettent des rendements annuels élevés (30 à 40% supérieurs à ceux d'un module conventionnels en fonction des conditions climatiques). Leurs avantages peuvent être exploités principalement dans les régions méridionales et ensoleillées ainsi que dans des climats continentaux comme en

Suisse, mais pas dans les géographies très nuageuses comme le Royaume-Uni. Les modules hybrides doivent être industrialisés dans le cadre du projet de l'UE HIPERION, lancé en 2019 et prévu pour une durée de quatre ans sous la direction du centre de recherche et d'innovation CSEM (Neuchâtel). Le projet implique 16 partenaires à travers l'Europe, dont la société de mécatronique Sonceboz SA (Sonceboz-Sombeval/BE) et le fabricant de toits solaires 3S Solar Plus AG (Thoune/BE).

Les responsables d'Insolight voient également de bonnes opportunités de marché dans les modules CPV translucides (sous le nom de « modules THEIA »), qui ont également un rendement pic de 29 %. Ils fondent leurs espoirs sur le fait que ces modules, de par leur transmission de lumière, se démarquent clairement des modules conventionnels. « Nous voulons utiliser les modules THEIA pour produire de l'électricité sur les terres agricoles, par exemple sur les toits des serres ou en plein-champ sur les plantations en ligne, telles que la vigne ou les framboises qui sont déjà équipées d'une protection contre la grêle ou la pluie et peuvent donc être facilement équipées de modules solaires », déclare David Schuppisser. Des centrales pilotes pour l'agrivoltaïque doivent être construites cette année.

➤ Plus d'informations concernant le projet « ENMESH Enabling Micro-Concentrator PhotovoltaicS with Novel Interconnection MetHods (Solar Era.net) » sont dispo-

nibles ici: <https://www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=40686>

- Des **informations** sur le projet peuvent être obtenues auprès du Dr. Stefan Oberholzer (stefan.oberholzer[at]bfe.admin.ch), responsable du programme de recherche photovoltaïque de l'OFEN.
- D'autres **articles spécialisés** sur les projets de recherche, les projets pilotes, les projets de démonstration et les projets phares dans le domaine du photovoltaïque peuvent être consultés à l'adresse suivante : www.bfe.admin.ch/ec-photovoltaique.