

Zeitschrift: bulletin.ch / Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse
Band: 112 (2021)
Heft: 4

Artikel: Des panneaux solaires suisses ultrapuissants = Leistungsstarke Schweizer Solarmodule
Autor: Levrat, J. / Petri, D. / Despeisse, M.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-977546>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

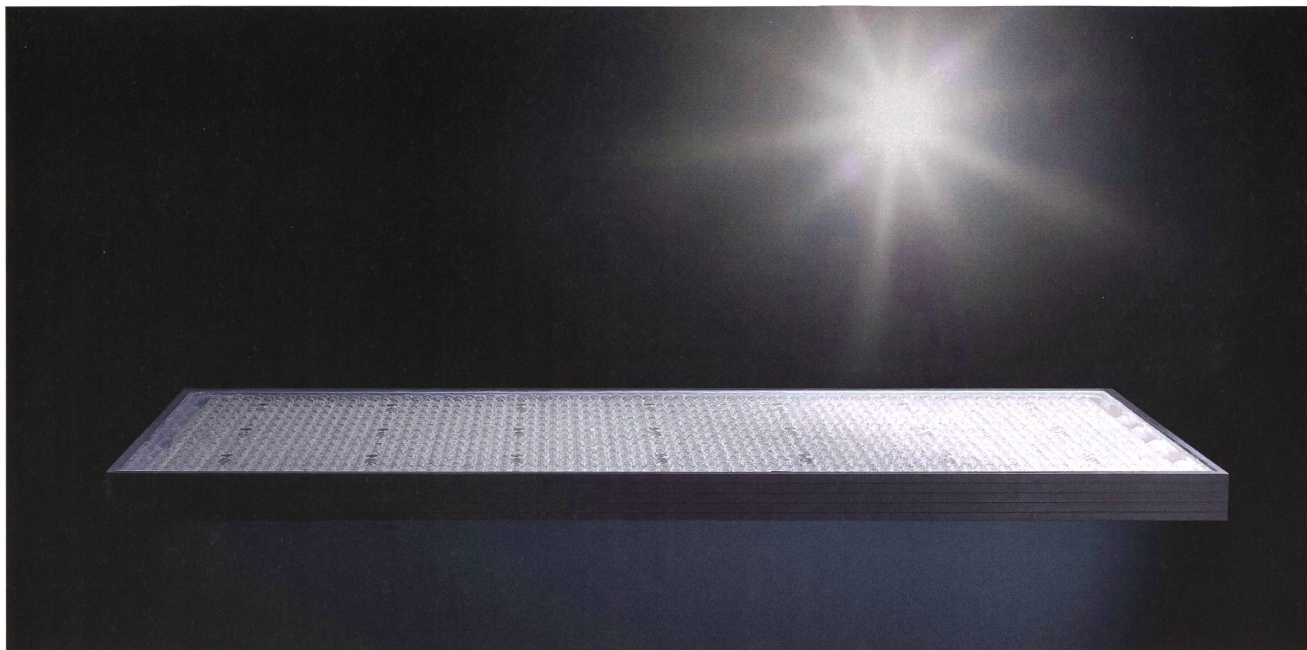
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 02.04.2026

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



Des panneaux solaires suisses ultrapuissants

Innovation technologique | Grâce à une technologie hybride alliant concentration de la lumière directe et exploitation de la lumière diffuse, un nouveau type de panneaux photovoltaïques permet de collecter jusqu'à 50 % plus d'énergie que les panneaux actuels. Un concept de modules translucides disposant d'un grand potentiel d'application, par exemple dans l'« agrivoltaïsme », a aussi été développé.

J. LEVRAT, D. PETRI, M. DESPEISSE, L. COULOT, M. ACKERMANN

Depuis le début des années 1990, l'efficacité de conversion des panneaux solaires commercialisés a considérablement progressé. D'environ 11 % au début des années 90, elle a presque doublé pour atteindre près de 20 % aujourd'hui. Toutefois, les limites physiques et d'implémentation pratique inhérentes à ces technologies empêchent ces dernières de dépasser la barre des 25 %, même à long terme.

Pour aller plus loin dans l'efficacité de conversion, un changement de paradigme se révèle nécessaire. Si plusieurs voies sont envisagées, très peu ont le potentiel d'être rapidement commercialisées à un coût raisonnable. En convertissant efficacement la composante directe du rayonnement solaire grâce à un système de concentration

intégré qui suit la course du soleil, la technologie d'Insolight [1] a pu démontrer 29 % d'efficacité de rendement en 2018 [2], posant ainsi un premier jalon loin devant les technologies standard à base de silicium cristallin.

Le projet Helios

Cette course à l'efficacité est intimement liée au coût de l'énergie. Chaque kilowatt de panneau solaire installé va produire au cours de sa vie une certaine quantité d'énergie. Plus cette énergie est importante, plus le coût de l'électricité produite sera bas. Les paramètres à optimiser dans cet objectif sont multiples: la durée de vie de l'installation, le coût des matières premières, les frais d'installation, mais aussi la puissance des modules. Avec un rendement 50 %

plus élevé que celui des panneaux usuels, la technologie d'Insolight permet de baisser les coûts par kW installé, mais aussi d'amortir plus rapidement les émissions de CO₂ générées lors de la fabrication des panneaux par rapport à une installation standard. Cette création de valeur revêt un intérêt particulier pour les endroits où la surface de toiture disponible est très limitée ou dans le cas d'immeubles à plusieurs étages.

Le projet Innosuisse Helios s'inscrit justement dans ce contexte: augmenter l'efficacité de conversion afin de baisser le coût de l'énergie. Pour y parvenir, la start-up Insolight est entrée en contact avec le CSEM (Centre suisse d'électronique et de microtechnique) afin de bénéficier de son expertise dans le domaine des technologies photovol-

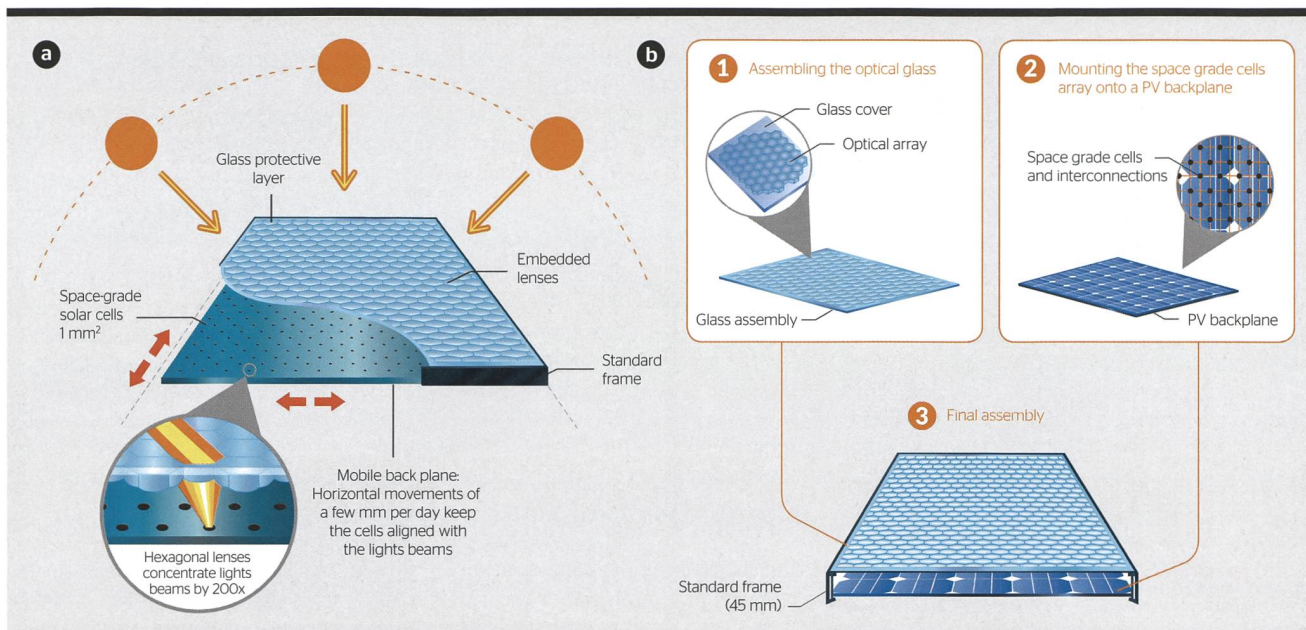


Figure 1 Principe de fonctionnement du micro-tracking (a) et description de l'architecture hybride développée dans le cadre du projet Helios (b).

taïques (PV) tant au niveau de la cellule que du module. Comme la technologie envisagée bouleverse les standards de l'industrie, sa mesure ainsi que les défis à relever pour valider sa fiabilité ont logiquement amené un troisième partenaire suisse dans l'aventure, la Supsi (Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana), qui est accréditée pour délivrer des certificats de conformité et de mesure. Bien sûr, dans le cas présent, le concept même de la mesure et de la certification était à définir. Il a donc fallu engager des travaux de recherche pour y parvenir.

Exploiter le rayonnement direct...

La technologie développée par Insolight repose sur le principe du « micro-tracking » : grâce à des actuateurs mécaniques, le plan comprenant les cellules photovoltaïques à haut rendement se déplace par rapport au plan des lentilles de manière à ce que le rayonnement direct du soleil soit en permanence focalisé sur les cellules PV (figure 1a). Le principal intérêt de la concentration réside dans le fait que les cellules à multijonctions, habituellement réservées aux applications spatiales en raison de leur coût, ont des rendements très élevés, typiquement supérieurs à 42 % avec le facteur de concentration de 200x utilisé dans ce projet. Un autre avantage : la surface couverte par ces cellules ne correspond qu'à une infime partie, 1/200^e, de la surface totale du panneau, ce qui

permet également de réduire les coûts. Grâce à ce concept, Insolight a déjà pu démontrer 29 % de rendement de conversion de puissance avec son architecture initiale. [2]

... sans négliger le rayonnement diffus

Toutefois, le système de micro-tracking ne permet de capter que la composante directe du spectre solaire. La lumière diffuse n'est pas focalisée et n'est donc pas convertie en énergie. C'est là que réside la principale innovation du projet Helios. Cette lumière non transformée en électricité représente entre 10 et 40 % de l'intensité lumineuse selon la

couverture nuageuse. En récoltant cette composante, le rendement énergétique peut être encore augmenté.

Le CSEM a testé plusieurs approches dans l'objectif de convertir efficacement la lumière diffuse grâce à des cellules en silicium cristallin. Dans un premier temps, de petites ouvertures ont été découpées dans les panneaux en silicium cristallin de manière à couvrir complètement le plan autour des cellules à multijonctions. Cette approche s'est toutefois révélée inefficace en termes de fiabilité. L'approche retenue finalement consiste à assembler les cellules à haut rendement sur un circuit imprimé transparent. Ce dernier est

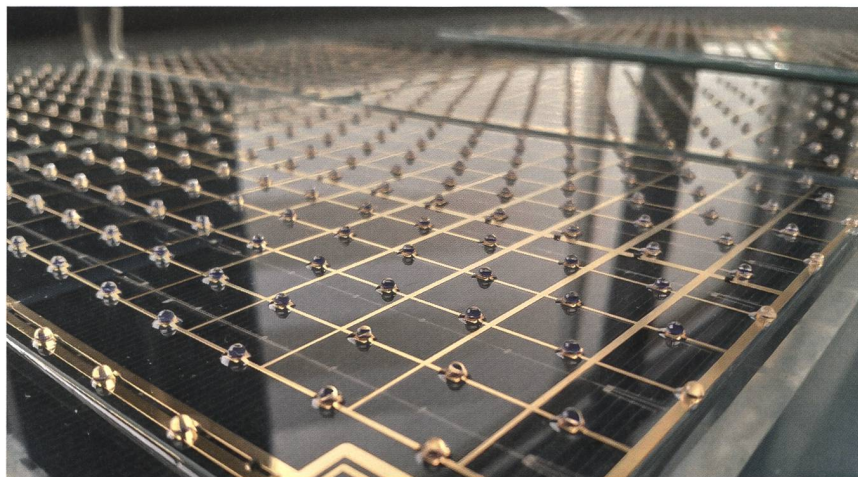


Figure 2 Seconde approche dans laquelle l'utilisation d'un circuit imprimé transparent permet de séparer les plans des cellules à multijonctions (cellules primaires) et des cellules en silicium (cellules secondaires).

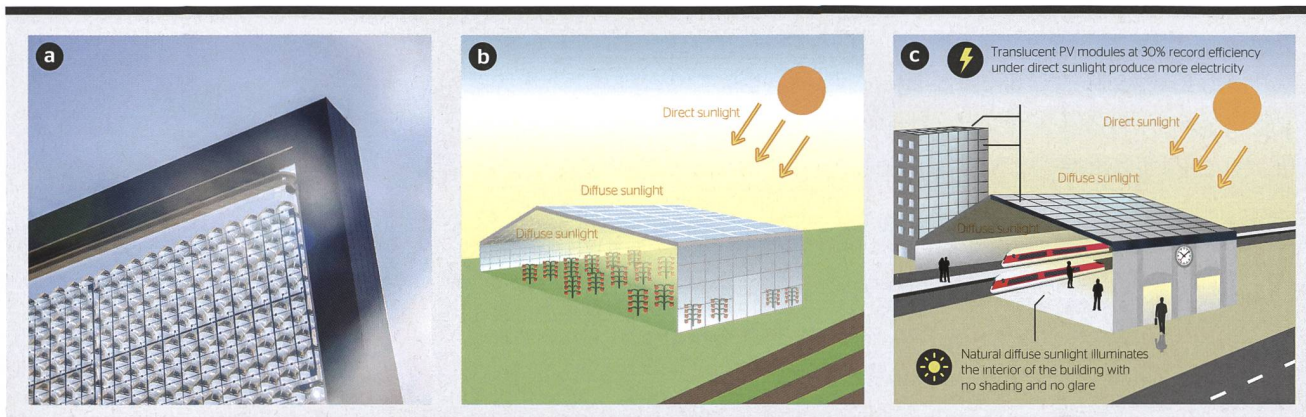


Figure 3 Les modules transparents Theia (a), dont la proportion du rayonnement direct transmis peut être variée en fonction des besoins, trouvent des applications aussi bien dans le domaine de l'« agrivoltaïque » (b) que dans les gares ou les centres commerciaux (c).

ensuite laminé sur un module en silicium cristallin (figures 1b et 2). L'intérêt de cette approche réside dans le fait que les deux niveaux de cellules sont séparés verticalement, ce qui laisse la possibilité de substituer aisément chaque type de cellules par un autre, au gré des avancées technologiques. De plus, cette séparation permet de garantir plus facilement la fiabilité de l'ensemble, le panneau cristallin étant encapsulé comme dans un panneau standard.

L'approche retenue a néanmoins soulevé d'importants défis technologiques. Il a fallu d'abord imprimer avec une très haute précision un circuit électriquement très conducteur et résistant à l'humidité et aux cyclages thermiques (de -40°C à +85°C). Ensuite, il a été nécessaire de mettre au point un procédé de fabrication du module entier qui permette de garantir de très faibles tolérances sur de grandes distances (inférieures à 50 µm sur 1 m), faute de quoi l'efficacité des cellules primaires à multijonctions serait fortement impactée. Ces deux défis ont pu être résolus dans le cadre du projet Helios, permettant ainsi la fabrication de dizaines de modules hybrides, dont certains sont actuellement en fonction dans des installations pilotes en Suisse, en Espagne et en Allemagne.

D'un projet au suivant

L'engouement suscité par cette architecture hybride a également permis la mise sur pied d'un grand consortium européen, formé de 16 partenaires venant de 10 pays et regroupant autour d'Insolight 4 centres de recherches et universités, 6 partenaires industriels,

3 installateurs solaires et 2 entreprises actives dans le management et la communication. De ce consortium est né le projet européen Hiperion¹⁾, coordonné par le CSEM pour une durée de 4 ans et disposant d'un budget de 10,6 millions d'euros. Le but de l'appel européen consistait à accroître la compétitivité de l'industrie photovoltaïque européenne grâce à des solutions innovantes. Dans le cadre d'Hiperion, la technologie hybride initiée et démontrée dans le cadre du projet Helios sera portée à maturité avec l'objectif final de démontrer un potentiel industriel pouvant atteindre 1 GW de capacité annuelle. À cette fin, une ligne pilote de production regroupant des machines de haute technologie développées par les partenaires est en train d'être mise en place à Neuchâtel. Il est prévu d'y fabriquer des panneaux hybrides qui seront ensuite installés dans plusieurs sites européens en France, en Belgique, au Portugal, en Allemagne, en Espagne et en Suisse, afin de démontrer une production énergétique jusqu'à 50% supérieure aux modules conventionnels sous différents types de climats.

Bien sûr, il reste des défis à relever avant de voir ces modules sur nos toits et le projet Hiperion s'y emploie depuis une année déjà pour chacun d'eux. Il faut d'abord prouver la durabilité de ces modules sur 25 ans avec un recul suffisant pour réduire le risque lors de l'implémentation de tels produits disruptifs. Comme ces modules ne ressemblent à aucun autre, cette démonstration prend un certain temps, chaque composant étant passé au crible. Ensuite, il faut être capable de

mesurer l'efficacité des modules, ce qui n'est pas évident, car ni les outils de mesures ni les normes n'existent à ce jour. En effet, un module se comportant différemment selon la quantité de lumière directe et diffuse échappe à tous les standards. C'est pourquoi il est prévu d'adresser ces deux problématiques, soit la mise au point d'un outil de

À propos d'Innosuisse

Innosuisse, l'Agence suisse pour l'encouragement de l'innovation, permet aux entreprises (entreprises industrielles, PME, start-up, institutions privées ou publiques) et aux chercheurs (hautes écoles et instituts de recherche) de collaborer pour développer des produits, des services ou des procédés innovants. Les entreprises obtiennent l'accès au savoir-faire scientifique, tandis que les chercheurs bénéficient d'une expertise commerciale et de la perspective client. Ensemble, ils peuvent développer et introduire une nouvelle innovation scientifique sur le marché, dans l'intérêt de l'économie et de la société suisse. Innosuisse soutient chaque année plus de 400 projets d'innovation, notamment dans les domaines de l'énergie, de l'environnement, de la mobilité et de la durabilité. Le projet Helios a, par exemple, été soutenu par Innosuisse pendant 24 mois avec un montant d'environ 550 000 CHF.

Plus d'informations : www.innosuisse.ch

mesure et la mise à jour des standards météorologiques internationaux. Enfin, pour pouvoir atteindre la mise sur le marché, Hiperion devra démontrer un coût de l'énergie compétitif par rapport aux solutions existantes.

De nouveaux domaines d'applications en prime

En plus de la réalisation des modules hybrides, l'approche des circuits imprimés transparents mise au point dans le cadre du projet Helios a permis de nouveaux développements commerciaux pour Insolight, en particulier dans le domaine « agrivoltaïque ». En effet, le plan des cellules primaires agit comme un filtre car, dans les conditions de fonctionnement idéal, il absorbe l'intégralité de la lumière directe, ne laissant filtrer que la lumière diffuse au plan inférieur. Au lieu de convertir la lumière transmise, il est possible de l'utiliser à une autre fin, pour les cultures agricoles sous serre, en plein champ ou en toiture, par exemple, ou encore pour un éclairage naturel diffus sans ombres et sans éblouissement

dans les gares ou les centres commerciaux (figure 3).

Le monde agricole manifeste un grand intérêt pour cette technologie : celle-ci permet non seulement de produire de l'énergie, mais aussi de réguler la quantité de lumière transmise aux cultures en défocalisant, ou non, les cellules primaires selon que l'on souhaite optimiser la production d'électricité ou la culture des plantes. Cette idée, portée dans le projet Helios qui a permis la fabrication des premiers démonstrateurs sur de grandes surfaces, a induit Insolight à imaginer le produit Theia (Translucency & High Efficiency In Agrivoltaics), dont le but est d'allier un rendement agricole optimal et une production électrique supérieure ou équivalente à des panneaux PV standard, que ce soit en serre ou en pleine terre.

Aucune autre technologie ne permettant actuellement de combiner cette flexibilité entre transparence et production électrique, ces panneaux suscitent un vif intérêt auprès des producteurs agricoles, prêts à les installer dès que possible. Cet engouement a permis à

Insolight de lever 5 mio. CHF pour sécuriser le développement et la production de ces modules dans un avenir proche.

Références

- [1] Mathieu Ackermann, « La technologie spatiale enfin à portée de toit », Bulletin SEV/VSE 10/2018, p. 18-20, 2018. www.bulletin.ch/de/news-detail/la-technologie-spatiale-enfin-a-portee-de-toit.html.
- [2] S. A. Askins, N. Jost, A. F. Aguilar, L. Anglade, G. Nardin, M. Duchemin, F. Gerlich, M. Ackerman, L. Coulot, D. Petri, J. Levrat, A. Faes, J. Champiaud, M. Despeisse, C. Dominguez Dominguez and I. Antón Hernández, « Performance of Hybrid Micro-Concentrator Module with Integrated Planar Tracking and Diffuse Light Collection », Proc. of the 46th IEEE Photovoltaic Specialists Conference (PVSC), Chicago, Illinois, 2019. oa.upm.es/57352/.

Auteurs

D' **Jacques Levrat** est project manager au sein du CSEM.
→ CSEM SA, 2002 Neuchâtel
→ jacques.levrat@csem.ch

Delphine Petri est ingénieure R&D au CSEM.
→ delphine.petri@csem.ch

D' **Mathieu Despeisse** est chef de secteur au CSEM.
→ mathieu.despeisse@csem.ch

Laurent Coulot est CEO d'Insolight.
→ Insolight SA, 1024 Ecublens
→ laurent.coulot@insolight.ch

Mathieu Ackermann est CTO d'Insolight.
→ mathieu.ackermann@insolight.ch

¹⁾ Projet Hiperion, financé par le programme de recherche et innovation Horizon 2020 de l'Union européenne (Grant agreement n° 857775).

Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz

Sicherheitshandbuch

Version 2021 – umfassend überarbeitet und erweitert.
Seit 20 Jahren DAS Nachschlagewerk der Branche.

Jetzt bestellen
strom.ch/sihabu



Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen
Association des entreprises électriques suisses
Associazione delle aziende elettriche svizzere



La Haute école d'ingénierie et d'architecture Fribourg, HEIA-FR, offre avec ses six filières un vaste spectre de formation en ingénierie et en architecture. Elle conduit à travers ses différents instituts et centres de compétences des projets de recherche appliquée interdisciplinaires, en étroite collaboration avec des partenaires privés et institutionnels. Pour sa filière de génie électrique et son institut ENERGY elle cherche un-e :

Emploi > X <

Hes-so
Haute Ecole Spécialisée
de Suisse occidentale
Fachhochschule Westschweiz

Professeur-e HES en réseaux électriques (80-100%)

Mission et domaine d'activité

- Enseignement Bachelor et Master dans le domaine des réseaux électriques (réseaux intelligents, gestion des données), y compris gestion du laboratoire
- Développement d'une activité de recherche appliquée à financement exogène dans le domaine de l'automatisation et de la communication des réseaux électriques, notamment pour la traction ferroviaire
- Développement et coordination de formations continues dans le domaine du génie ferroviaire dans sa globalité en y assurant également des enseignements

Profil souhaité

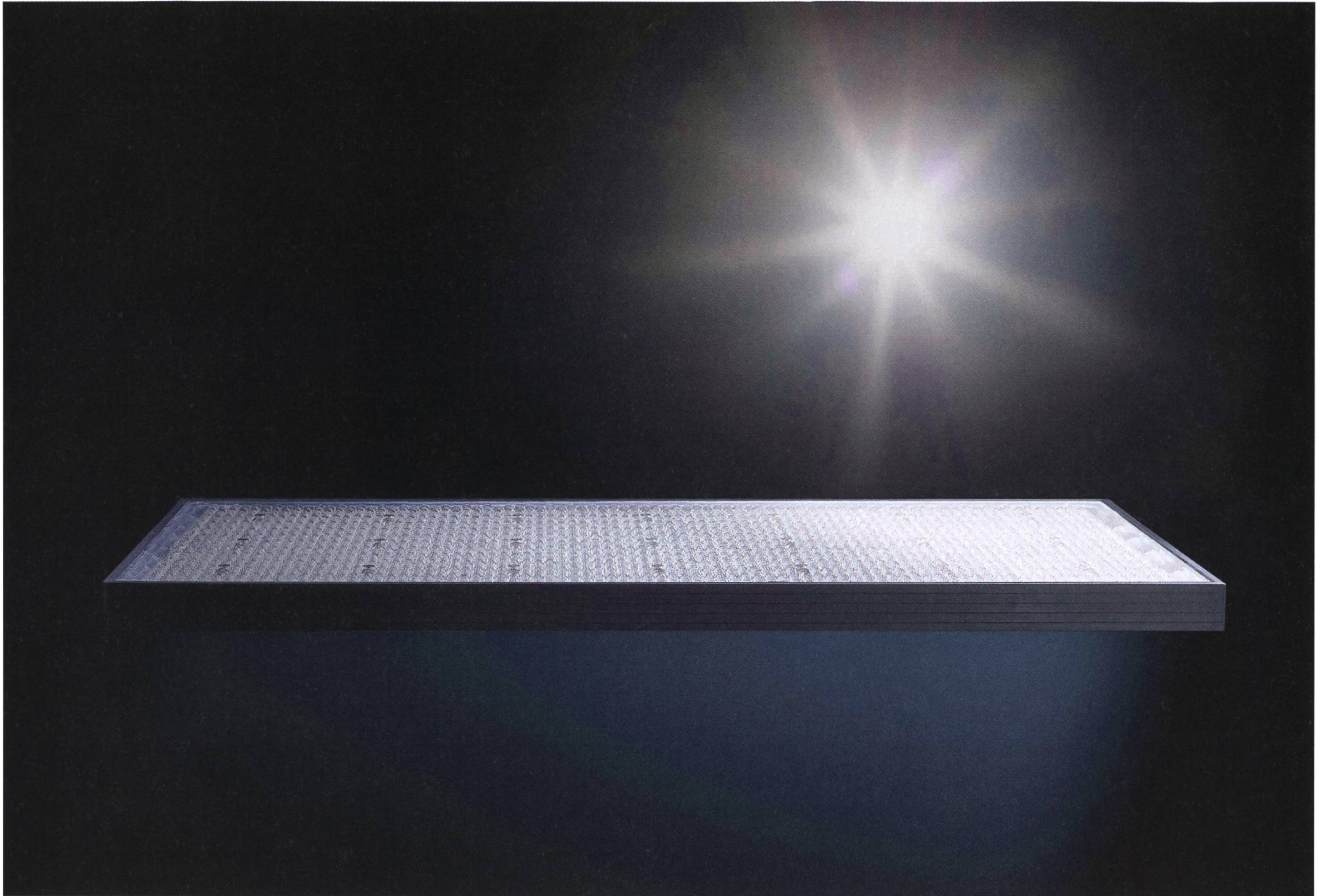
- Diplôme d'ingénieur-e avec doctorat ou compétences scientifiques équivalentes et expérience professionnelle
- Intérêt et aptitude marqués pour l'enseignement et l'encadrement d'étudiant-e-s
- Expérience en recherche appliquée y compris dans l'acquisition de fonds de tiers
- Aptitude à travailler en équipe, volonté de prendre des responsabilités et de conduire du personnel
- Maîtrise de la langue française ou allemande avec d'excellentes connaissances de l'autre langue et de l'anglais

Compléments d'information

- La HEIA-FR adopte une politique de recrutement en faveur de l'égalité des chances
- Renseignements : M. Eric Fragnière, responsable de la filière de génie électrique, tél. 026 429 69 48
- Entrée en fonction : 1^{er} septembre 2021 ou à convenir
- Dépôt des dossiers : 10 mai 2021

Intéressé-e ? nous nous réjouissons de recevoir votre dossier de candidature complet. Veuillez nous le transmettre en cliquant sur le bouton «Postuler» via le lien suivant : www.hefr.ch/fr/emploi/

 Haute école d'ingénierie et d'architecture Fribourg
Hochschule für Technik und Architektur Freiburg



Leistungsstarke Schweizer Solarmodule

Technologische Innovation | Dank einer Hybridtechnologie, die die Konzentration von direktem Licht und die Nutzung von diffusem Licht kombiniert, kann ein neuartiges PV-Modul bis zu 50% mehr Energie erzeugen als bisherige Modelle. Ein Konzept auf der Basis transparenter Module mit breit gefächerten Anwendungsmöglichkeiten, zum Beispiel in der Agri-Photovoltaik, wurde ebenfalls entwickelt.

J. LEVRAT, D. PETRI, M. DESPEISSE, L. COULOT, M. ACKERMANN

Seit Anfang der 1990er-Jahre hat sich der Wirkungsgrad von handelsüblichen Solarmodulen fast verdoppelt: Von etwa 11% auf heute fast 20%. Physikalische und praktische Grenzen verhindern jedoch, dass der Wirkungsgrad auch längerfristig 25% überschreiten wird.

Um ihn weiter zu erhöhen, ist deshalb ein Paradigmenwechsel nötig. Es werden zwar mehrere Möglichkeiten erwogen, aber nur wenige haben das

Potenzial, schnell und günstig vermarktet zu werden. Aufgrund der effizienten Umwandlung der direkten Sonnenstrahlung mit einer integrierten Linse, die dem Sonnenverlauf folgt, konnte die Technologie von Inso-light [1] bis 2018 einen Wirkungsgrad von 29% erzielen [2] und damit einen ersten Meilenstein setzen. Damit ist sie deutlich besser als herkömmliche Technologien, die auf kristallinem Silizium beruhen.

Das Helios-Projekt

Das Streben nach höherer Effizienz ist eng mit den Energiekosten verbunden. Jedes installierte Solarmodul-Kilowatt produziert in seinem Leben eine bestimmte Menge Energie. Je mehr Energie es gibt, desto geringer sind die Kosten für den erzeugten Strom. Zu diesem Zweck können mehrere Parameter optimiert werden: die Lebensdauer der Anlage, die Rohstoffkosten, die Installationsgebühren und die Leistung der Module. Mit

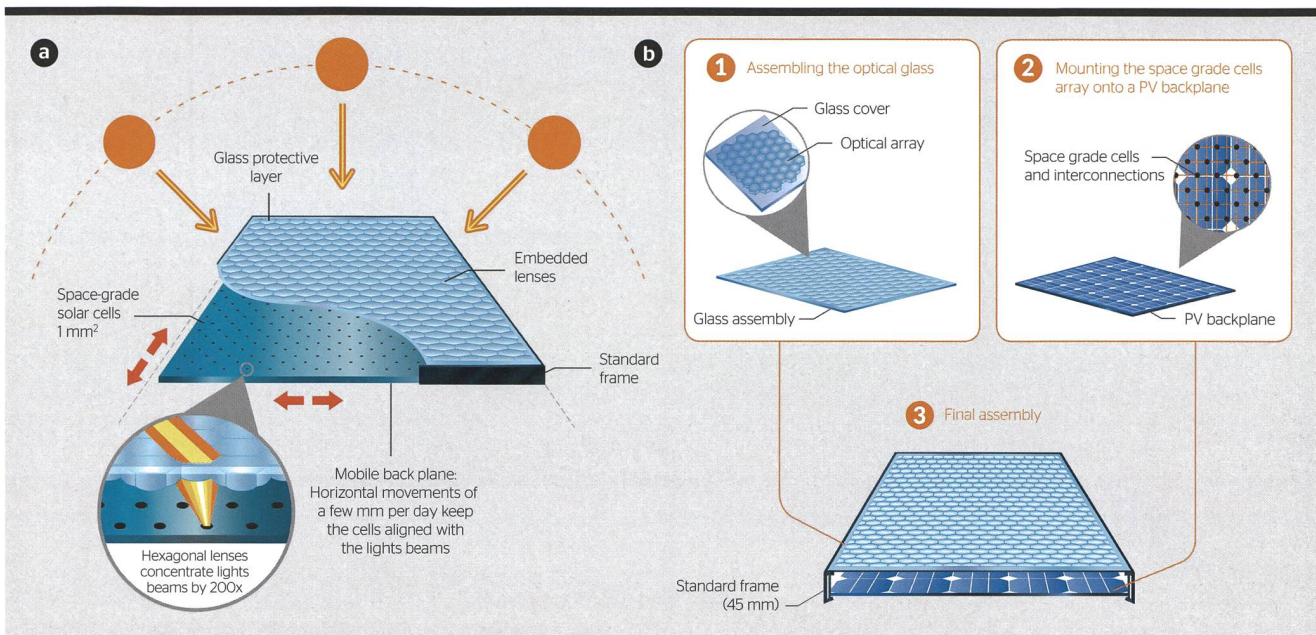


Bild 1 Funktionsweise des Mikro-Tracking (a) und Beschreibung der im Helios-Projekt entwickelten Hybridarchitektur (b).

einem um 50 % höheren Wirkungsgrad als herkömmliche Module senkt die neue Technologie nicht nur die Kosten pro installiertem kW, sondern amortisiert auch die bei der Herstellung der Module entstehenden CO₂-Emissionen im Vergleich zu einer Standardanlage schneller. Diese Wertschöpfung ist besonders dort interessant, wo die verfügbare Dachfläche sehr begrenzt ist oder bei mehrgeschichtigen Gebäuden.

Das Helios-Projekt von Innosuisse setzt sich zum Ziel, den Wirkungsgrad zu erhöhen, um die Energiekosten zu senken. Vor diesem Hintergrund wandte sich das Start-up InsoLight an das CSEM (Schweizerisches Zentrum für Elektronik und Mikrotechnik), das für sein technologisches Know-how auf dem Gebiet der Photovoltaik sowohl auf der Zellen- als auch auf der Modulebene bekannt ist. Da durch die neue Technologie die Branchenstandards auf den Kopf gestellt werden, brauchte es einen dritten Partner, um die Messwerte und die Zuverlässigkeit zu validieren: Die Supsi (Fachhochschule der italienischen Schweiz) ist in der Lage, die entsprechenden Zertifikate auszustellen. Natürlich muss dafür das Konzept der Messung und Zertifizierung selbst durch Forschungsarbeiten erst definiert werden.

Direkte Sonnenstrahlung nutzen ...

Die neue Technologie basiert auf dem Prinzip des Mikro-Tracking: Die Hoch-

leistungs-PV-Zellen werden in Bezug auf die Linsen mechanisch bewegt, damit die direkte Sonnenstrahlung stets auf die PV-Zellen (**Bild 1a**) fokussiert ist. Die Konzentration ist deshalb so wichtig, weil die Hochleistungszellen, die aufgrund ihrer Kosten normalerweise auf Anwendungen der Raumfahrttechnik beschränkt sind, einen sehr hohen Wirkungsgrad besitzen, meistens mehr als 42 % mit dem in diesem Projekt verwendeten Konzentrationsfaktor (200 x). Weiterer Vorteil: Die mit diesen Zellen bestückte Fläche entspricht nur einem winzigen Teil,

d.h. einem Zweihundertstel der Gesamtfläche des Moduls, was ebenfalls zur Kostenreduzierung beiträgt. Dank dieses Konzepts konnte man bereits mit der ersten Architektur einen Wirkungsgrad von 29 % erzielen. [2]

... ohne die diffuse Strahlung zu vergessen

Das Mikro-Tracking-System erfasst jedoch nur die direkte Sonnenstrahlung. Diffuses Licht wird nicht auf die PV-Zellen gebündelt und daher nicht in Energie umgewandelt. Hier liegt die wesentliche Innovation des Helios-

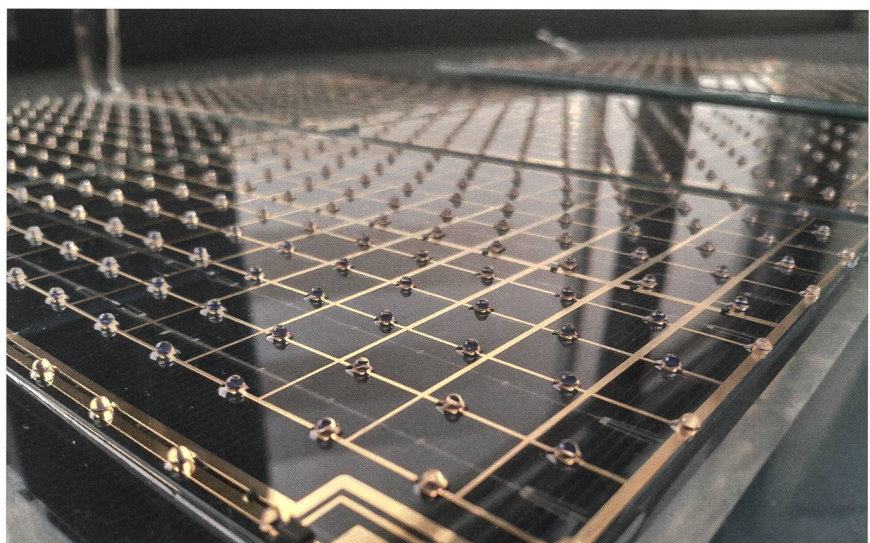


Bild 2 Zweiter Ansatz, bei dem die Ebenen der Mehrfachsolarzellen (Primärzellen) und der Siliziumzellen (Sekundärzellen) mit einer lichtdurchlässigen Leiterplatte getrennt werden können.

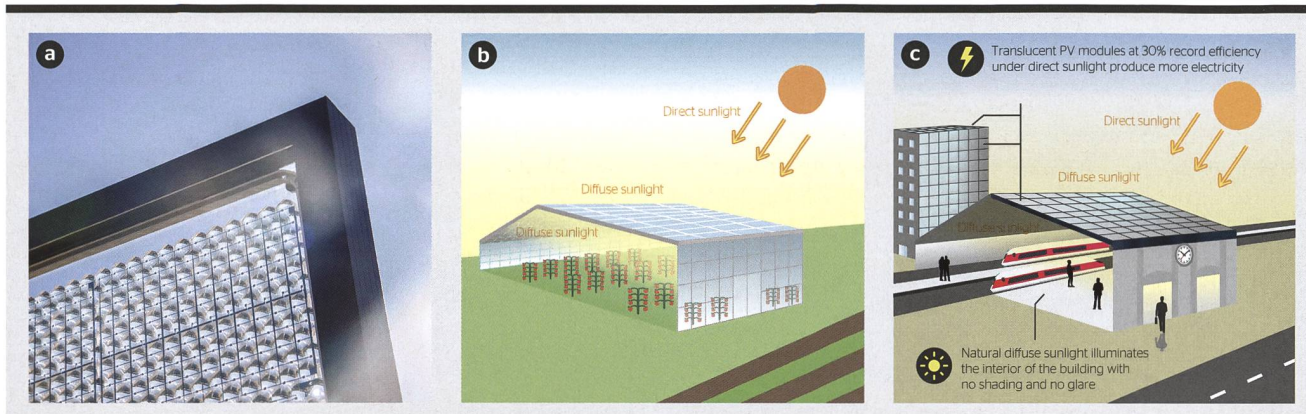


Bild 3 Die lichtdurchlässigen Module Theia (a), deren Anteil an der übertragenen direkten Strahlung dem Bedarf angepasst werden kann, finden in der Agri-Photovoltaik (b) und in Bahnhöfen oder Einkaufszentren (c) Verwendung.

Projekts. Dieses nicht in Strom umgewandelte Licht macht je nach Wolkenbedeckung zwischen 10 und 40 % der Lichtintensität aus. Durch die Nutzung dieser Komponente kann die Energieeffizienz weiter gesteigert werden.

Das CSEM hat mehrere Ansätze getestet, um Streulicht mit kristallinen Siliziumzellen effizient umzuwandeln. Zuerst wurden kleine Öffnungen in die Siliziumplatten geschnitten, um die Fläche rund um die Stapelsolarzellen komplett abzudecken. Dieser Ansatz hat sich jedoch als nicht zuverlässig erwiesen. Letztlich wurden die Hochleistungszellen auf einer transparenten Leiterplatte montiert. Diese wird dann auf ein kristallines Siliziummodul aufgebracht (**Bilder 1b und 2**). Der Vorteil dieser Methode besteht darin, dass die beiden Zellenebenen vertikal getrennt sind, wodurch die einzelnen Zellarten bei technologischen Fortschritten leicht durch andere ersetzt werden können. Zudem gewährleistet diese Trennung die Zuverlässigkeit der Baugruppe, da das kristalline Modul wie bei einem Standardmodul eingekapselt ist.

Dieser Ansatz brachte jedoch erhebliche technologische Herausforderungen mit sich. Zuerst musste ein sehr präziser Schaltkreis gedruckt werden, der eine hohe elektrische Leitfähigkeit aufweist, feuchtigkeitsbeständig ist und Temperatursprünge aushält (von -40°C bis $+85^{\circ}\text{C}$). Dann musste ein Fertigungsverfahren für das gesamte Modul entwickelt werden, das auf grossen Entfernungen sehr kleine Toleranzgrenzen ermöglicht (unter $50\ \mu\text{m}$ auf 1 m), sonst würde die Wirksamkeit der Stapelzellen stark eingeschränkt. Diese beiden Herausforderungen wurden im

Rahmen des Helios-Projekts gemeistert. Danach wurden Dutzende Hybridmodule hergestellt, von denen einige derzeit in Pilotanlagen in der Schweiz, Spanien und Deutschland im Einsatz sind.

Von einem Projekt zum nächsten

Die Begeisterung für diese Hybridarchitektur führte zur Gründung eines grossen europäischen Konsortiums. Es umfasst 16 Partner aus zehn Ländern, vier Forschungszentren und Universitäten, sechs Industriepartner, drei Solarinstallateure und zwei Unternehmen, die im Bereich Management und Kommunikation rund um Insolight tätig sind. Aus diesem Konsortium entstand das europäische Hiperion-Projekt¹⁾, das vom CSEM vier Jahre lang mit einem Budget von 10,6 Mio. Euro koordiniert wird. Ziel der europaweiten Ausschreibung war es, die Wettbewerbsfähigkeit der Photovoltaik-Industrie in Europa durch innovative Lösungen zu steigern. Hiperion soll die im Helios-Projekt initiierte und erprobte Hybridtechnologie zur Reife bringen. Endgültiges Ziel ist es, ein industrielles Potenzial von bis zu 1 GW Jahreskapazität zu erreichen. Zu diesem Zweck wird in Neuenburg eine Pilotfertigungsanlage gebaut, in der die von den Partnern entwickelten Hightech-Maschinen Verwendung finden. Die Hybridmodule werden dort hergestellt und dann an mehreren Standorten in Frankreich, Belgien, Portugal, Deutschland, Spanien und der Schweiz installiert. Sie sollen unter den unterschiedlichen Klimabedingungen bis zu 50 % mehr Energie erzeugen als herkömmliche Module.

Natürlich sind noch einige Herausforderungen zu meistern, bevor wir diese Module auf unseren Dächern sehen. Das Hiperion-Projekt versucht seit einem Jahr, alle Probleme zu lösen. Für diese Module ist eine Lebensdauer von 25 Jahren zu gewährleisten, um das Risiko bei der Implementierung solcher disruptiven Produkte zu senken. Da diese Module nicht mit anderen vergleichbar sind, wird die Arbeit einige Zeit in Anspruch nehmen, weil jede einzelne Komponente zu überprüfen ist. Danach muss die Wirksamkeit der Module gemessen werden, was nicht einfach ist, existieren derzeit doch weder entsprechende Messwerkzeuge noch Standards. In der Tat bestehen keine Normen für Module, die sich je nach Menge des direkten und diffusen

Über Innosuisse

Innosuisse, die Schweizerische Agentur für Innovationsförderung, ermöglicht Unternehmen und Forschenden die Zusammenarbeit bei der Entwicklung innovativer Produkte, Dienstleistungen oder Prozesse. Unternehmen erhalten Zugang zu wissenschaftlichem Know-how, während Forschende von betriebswirtschaftlicher Expertise und der Kundenperspektive profitieren. Innosuisse unterstützt jährlich mehr als 400 Innovationsprojekte, insbesondere in den Bereichen Energie, Umwelt, Mobilität und Nachhaltigkeit. So wurde das Helios-Projekt von Innosuisse 24 Monate lang mit rund 550 000 CHF unterstützt.

Weitere Informationen: www.innosuisse.ch

Licht unterschiedlich verhalten. Deshalb ist geplant, Messinstrumente zu entwickeln und die internationalen metrologischen Normen zu aktualisieren. Schliesslich muss Hiperion nachweisen, dass die Energiekosten im Vergleich zu bestehenden Lösungen wettbewerbsfähig sind.

Neue Anwendungsbereiche als Bonus

Neben der Fertigung von Hybridmodulen ermöglichten die im Rahmen des Helios-Projekts entwickelten transparenten Leiterplatten der Firma neue kommerzielle Entwicklungen, insbesondere im Bereich der Agri-Photovoltaik. Die Primärzellen wirken wie ein Filter, der unter idealen Betriebsbedingungen das direkte Licht absorbiert und nur diffuses Licht auf die nächste Ebene durchlässt. Statt das übertragene Licht in Energie umzuwandeln, kann es für andere Zwecke eingesetzt werden, zum Beispiel für Pflanzungen in Gewächshäusern, auf dem Feld oder für diffuses, schatten- und blendfreies Tageslicht in Bahnhöfen oder Einkaufszentren (Bild 3).

Die Landwirtschaft zeigt grosses Interesse an dieser Technologie, denn sie erzeugt nicht nur Energie, sondern reguliert auch die Lichtmenge, welche die Pflanzen erhalten, indem sie auf die Primärzellen fokussiert oder nicht, je nachdem, ob die Stromerzeugung oder der Pflanzenanbau optimiert werden soll. Diese Idee stammt aus dem Helios-Projekt, das die Herstellung der ersten Freiflächen-Anlagen ermöglichte. Sie veranlasste Insolight die Entwicklung von Theia (Translucency & High Efficiency In Agrivoltaics), dessen Ziel es ist, optimalen landwirtschaftlichen Ertrag und eine Stromerzeugung zu kombinieren, die den herkömmlichen PV-Modulen in Gewächshäusern und im Freiland überlegen ist.

Da es derzeit keine andere Technologie gibt, die diese Flexibilität zwischen Transparenz und Stromerzeugung verbindet, stossen diese Module bei Landwirten auf grosses Interesse. Diese Begeisterung ermöglichte es Insolight, 5 Mio. Franken aufzubringen, um diese Module schon bald zu entwickeln und herzustellen.

Referenzen

- [1] Mathieu Ackermann, «La technologie spatiale enfin à portée de toit», Bulletin SEV/VSE 10/2018, S. 18-20. www.bulletin.ch/de/news-detail/la-technologie-spatiale-enfin-a-portee-de-toit.html.
- [2] S. A. Askins, N. Jost, A. F. Aguilar, L. Anglade, G. Nardin, M. Duchemin, F. Gerlich, M. Ackerman, L. Coulot, D. Petri, J. Levrat, A. Faes, J. Champliand, M. Despeisse, C. Domínguez Domínguez und I. Antón Hernández, «Performance of Hybrid Micro-Concentrator Module with Integrated Planar Tracking and Diffuse Light Collection», Proc. of the 46th IEEE Photovoltaic Specialists Conference (PVSC), Chicago, Illinois, 2019. oa.upm.es/57352/.

Autoren

Dr. **Jacques Levrat** ist Projektleiter am CSEM.
→ CSEM SA, 2002 Neuenburg
→ jacques.levrat@csem.ch

Delphine Petri ist F&E-Ingenieurin am CSEM.
→ delphine.petri@csem.ch

Dr. **Mathieu Despeisse** ist Sektorleiter am CSEM.
→ mathieu.despeisse@csem.ch

Laurent Coulot ist CEO von Insolight.
→ Insolight SA, 1024 Ecublens
→ laurent.coulot@insolight.ch

Mathieu Ackermann ist CTO von Insolight.
→ mathieu.ackermann@insolight.ch

1) Hiperion-Projekt, gefördert durch das Forschungs- und Innovationsprogramm Horizon 2020 der EU (Grant Agreement No 857775).



pronutec AG

Starkstromkomponenten
von den Experten:



Composants basse tension
par des experts

pronutec AG
Rosenweg 3
6234 Triengen

041 545 86 70
info@pronutec.ch

www.pronutec.ch