La photovoltaïque se rend invisible

Plus les coloris et les dimensions des modules photovoltaïques correspondent aux attentes des maitres d'ouvrage et des architectes, plus ils sont intégrés dans les bâtiments existants et les nouvelles constructions. Selon ce principe, le Centre suisse d'électronique et de microtechnique CSEM (Neuchâtel) a réalisé des recherches sur les modules blancs et couleur terre cuite en collaboration avec des institutions académiques et les ont rendu commercialisables avec des partenaires industriels. Les premiers produits sont désormais dans le commerce.

Modules PV gris, bleus, dorés ou turquoises sur la façade de l'ancien silo à charbon du Gundeldinger-Quartier à Bâle. Photo : Martin Zeller

Dr. Benedikt Vogel, sur mandat de l'Office fédéral de l'énergie (OFEN)

L'idée est aussi simple que séduisante : sur un bâtiment, un module remplit la fonction d'un élément mural ou d'une tuile tout en produisant du courant solaire. Cette 'photovoltaïque intégrée au bâtiment' est aujourd'hui une réalité : en 2015, la façade entièrement vitrée d'un bâtiment de Mobiliar à Berne a été complétée par des lamelles en verre dans le cadre de l'assainissement. Ces lamelles protègent les collaborateurs de la compagnie d'assurance du soleil tout en produisant du courant avec des cellules solaires à couche mince. Depuis quelques mois, des éléments de façades produisent également du courant dans le Gundeldinger-Quartier de Bâle. Au cours de sa transformation, le silo à charbon de l'ancienne usine a été revêtu de modules PV verts, dorés, bleus et gris. « Grâce aux surfaces mates, beaucoup de gens ne remarquent pas que les éléments de façades sont des modules PV », décrit Kerstin Müller du bureau de construction en se basant sur son expérience. Les cellules monocristallines vit-

Article spécialisé concernant les connaissances acquises lors de plusieurs projets de recherche dans le domaine de la photovoltaïque soutenu financièrement par l'Office fédéral de l'énergie. L'article a été publié, entre autres, dans le magazine spécialisé Haustech (édition Février 2016).

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'énergie OFEN

rées multicolores ont été conçues par l'EPF de Lausanne et sont désormais commercialisées par la société Swissinso SA (Lausanne).

Le potentiel des systèmes photovoltaïques intégrés aux bâtiments est loin d'être épuisé, affirme Dr. Stefan Nowak, directeur du programme de recherche de l'OFEN sur la photovoltaïque. « Malgré des projets individuels fascinants, la photovoltaïque intégrée au bâtiment n'est pas encore le projet dominant. » Pour y parvenir, les éléments du bâtiment producteurs de courant devraient être moins couteux, d'autant plus que leur rendement énergétique est souvent plus faible que celui des modules PV classiques. L'important serait des produits pratiques. Ceux-ci doivent satisfaire aux exigences architecturales de même qu'aux normes du génie civil et relatives aux produits électrotechniques.

Le CSEM souhaite faire percer le système photovoltaïque intégré au bâtiment avec des modules PV blancs et colorés. Sur l'image : Dr. Laure-Emmanuelle Perret-Aebi (CSEM) et Prof. Christophe Ballif (CSEM/EPFL). Photo : CSEM

Des produits pour le marché

La photovoltaïque intégrée au bâtiment fera l'objet d'une grande demande lorsqu'elle satisfera aux exigences du marché. Les produits commercialisables doivent, entre autres, présenter plus de possibilités en termes de couleur et de forme afin de pouvoir s'adapter aux exigences esthétiques des bâtiments concernés. Le CSEM, en collaboration avec des partenaires de l'EPF de Zurich et de Lausanne ainsi que de l'Empa de Dübendorf, a recherché de nouvelles solutions pour les systèmes photovoltaïques intégrés aux bâtiments en se basant sur cet objectif. En automne 2014, ce projet dénommé ArchinSolar a permis de créer le prototype de trois produits commercialisables : un module PV avec un verso en matériau composite qui ressemble aux tuiles en terre cuite en termes de forme et de couleur ; un panneau hybride préfabriqué pour la production d'électricité et d'eau chaude ; et enfin un module PV couleur terre-cuite. Les trois prototypes se basent sur la technologie à couche mince. Cette technologie PV économique a été conçue par l'Institut de microélectronique de l'Université de Neuchâtel.

La réussite de produits innovants n'est pas aisée sur le marché actuel de la photovoltaïque soumis à une forte érosion tarifaire. Malgré ce contexte commercial difficile, le troisième prototype - le module PV couleur terre-cuite - est en passe d'être commercialisé. La société de transfert de technologie ÜserHuus AG (Hergiswil/NW), en collaboration avec le CSEM, est responsable de l'industrialisation du prototype. Les cellules solaires basées sur la technologie à couche mince prouvent leur applicabilité dans la pratique sur un bâtiment dans la commune de Neuchâtel Corcelles-Cormondrèche. « Avec 6%, le degré d'efficacité des modules est nettement inférieur à celui des modules classiques en silicium. Toutefois, les modules traitent également le rayonnement solaire indirect, ce qui augmente le rendement énergétique en cas de temps nuageux. En outre, la fabrication des modules est plus économique que celle des modules PV classiques », affirme Laure-Emmanuelle Perret-Aebi, directrice du département modules et systèmes PV au CSEM.

Des modules en blanc neutre

Les modules PV couleur terre-cuite sont particulièrement recommandés pour l'application sur des toits classés monuments historiques. L'installation des modules PV classiques y est

indésirable ou interdite pour des raisons esthétiques. Les chercheuses et chercheurs du CSEM disposent d'une seconde innovation pour l'application sur des façades : des modules PV blancs. Les modules PV blancs se basent sur la technologie classique à base de silicium. Les scientifiques obtiennent la couleur blanche grâce à un film présentant des propriétés réfléchissantes particulières. Avec ces modules, la photovoltaïque est pratiquement invisible.

La réflexion de la lumière visible implique forcément la perte d'une partie de l'énergie – le degré d'efficacité des cellules passe de 18% à 11%, à savoir une diminution d'env. 40%. La chercheuse du CSEM Perret-Aebi n'y voit aucune raison de s'inquiéter : « Les modules blancs sont conçus pour les bâtiments ne permettant pas l'installation de modules classiques. Avec eux, nous ne perdons rien. Avec les modules blancs, nous ouvrons au contraire de tous nouveaux domaines d'application pour la photovoltaïque. » La Start-up Solaxess SA travaille actuellement à la commercialisation des modules PV blancs. La société de Neuchâtel produit, en collaboration avec un partenaire allemand, le film qui génère l'impression blanche et le commercialise auprès des fabricants de modules. Actuellement, la stabilisation et la fiabilité du film est en cours d'optimisation et des lignes de production sont établies. Un projet de démonstration est en cours de planification à Neuchâtel. Le film devrait être lancé sur le marché au printemps 2016.

Des phares apparaissent

La photovoltaïque intégrée au bâtiment est de plus en plus réelle. La rénovation en cours d'un bien foncier de 28 logements et deux bureaux à Zurich en est l'exemple. Un bâtiment Plusenergie devrait être construit d'ici la fin de l'été 2016 dans le cadre d'un concept énergétique complet. Ce dernier satisfera aux exigences de la société 2000 Watts. Une partie du concept est une façade venti-

Au-dessus: Un module PV d'une couleur inspirée des tuiles en terre cuite a été installé sur un bâtiment dans la commune de Neuchâtel Corcelles-Cormondrèche. Au milieu: L'immeuble de neuf logements à Brütten (ZH) est autonome du point de vue énergétique. Le toit est équipé de modules standard (500 m²) et les façades de modules PV qui obtiennent leur coloris anthracite mat grâce à un léger grattage de la surface (également 500 m² au total).. Au-dessous: Une construction de façade ventilée avec revêtement PV est installée dans le cadre d'une transformation en cours d'un immeuble des années 1980 à Zurich. La teinte gris-vert s'harmonise avec le contexte urbain. Illustrations: ÜserHuus/René Schmid Architekten AG/Viridén+Partner AG

lée équipée d'un revêtement PV (1'550 m² ; 170 kWp). Les modules PV gris-verts devraient s'harmoniser avec le contexte urbain et les passants ne devraient pas pouvoir reconnaitre les surfaces PV. « Pour les bâtiments existants, nous avons besoins de modules de 18 tailles différentes. Les modules s'avèrent inutiles », affirme Andreas Büsser, copropriétaire du bureau de planification Viridén + Partner AG (Zurich), pour mentionner un des défis que présente le projet. Les planificateurs veillent à assurer une puissance suffisante lors du choix des modules. La façade est supposée combler une partie considérable des besoins en électricité justement pendant le printemps et l'automne. La construction sera accompagnée d'une vaste campagne de mesure dans le cadre d'un projet phare de l'OFEN. L'objectif est de développer un système pour la photovoltaïque intégrée qui serait finalement également disponible pour d'autres maitres d'ouvrage.

Un bâtiment novatrice on trouve également dans une zone résidentielle à Brütten dans le canton de Zurich. L'entrepreneur et pionnier de l'énergie Walter Schmid y construit un immeuble autonome à 100% en termes d'alimentation énergétique raccordé ni au réseau électrique ni au réseau de gaz. Le projet devrait se terminer au printemps 2016. Les habitants obtiennent le courant et la chaleur (avec chauffe-eau ou pompe à chaleur) par les panneaux PV installés sur le toit (80 kWp) et sur la façade (47 kWp). Cette façade (500 m²) est entièrement couverte de modules standard et de modules avantageux coupés sur mesure ayant obtenu leur teinte anthracite mate par grattage des surfaces en verre. « Nos premières mesures montrent que le traitement des surfaces ne provoque aucune perte d'énergie », affirme Eric Langenskiöld du bureau d'ingénierie et de planification Basler & Hofmann AG.

A la recherche de surfaces adaptées

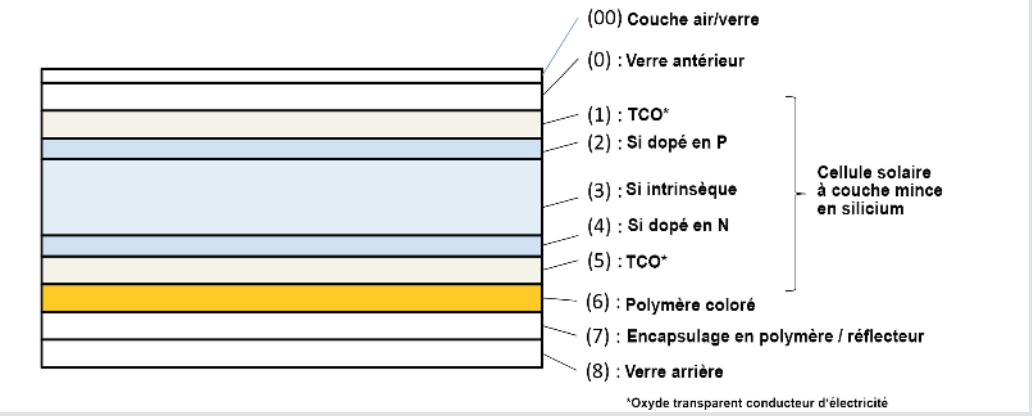
Le traitement des surfaces des modules PV pourrait ouvrir de nouvelles voies pour la photovoltaïque intégrée au bâtiment. Un projet pilote de l'OFEN, mené sous la direction du bureau d'architecture raumweg gmbh (Muttenz/BL) en collaboration avec des PME locales, poursuit également cet objectif. Dans le cadre du projet (cf. www.solarglaslabor.ch), l'effet des différentes structures sur les modules solaires courants est analysé à l'aide de techniques de traitement du verre. « Nous souhaitons inclure toutes les structures et tous les sujets imaginables de la photovoltaïque intégrée au bâtiment – par exemple l'imitation de la structure du bois ou de la pierre mais également les représentations visuelles », déclare Markus Bloch, propriétaire de la société raumweg gmbh. Pendant le projet financé par l'Union suisse des arts et métiers de Bâle-Ville en tant que partenaire, l'influence du traitement des surfaces sur le rendement énergétique sera contrôlée jusqu'en 2016. Ces modules témoins seront alors soumis à un test pratique.

- Vous trouverez le rapport final du projet ArchinSolar sur : http://bit.ly/Archin
- Le docteur Stefan Nowak (stefan.nowak[at]netenergy.ch), directeur du programme de recherche de l'OFEN, communique des informations supplémentaires concernant le projet.
- Vous trouverez d'autres articles spécialisés concernant les projets phares et de recherche, les projets pilotes et les démonstrations dans le domaine de la photovoltaïque sur : www.bfe.admin.ch/CT/PV

Du bleu au rouge brique ou au blanc

La lumière du jour se compose de rayons issus de différentes longueurs d'onde. L'énergie de rayonnement doit être entièrement absorbée dans un module PV afin d'assurer la meilleure exploitation possible du courant. Selon la nature de la surface du module PV, une partie plus ou moins grande du rayonnement est réfléchie et, en fonction des longueurs d'onde réfléchies, l'observateur constate une certaine impression de couleur. Afin de réduire la réflexion du rayonnement solaire au minimum, les modules classiques en silicium disposent d'une couche anti-réfléchissante en nitrate de silicium sur leur surface. C'est cette couche qui donne cet aspect bleu-noir aux modules.

Il existe différentes possibilités de modifier la couleur perçue. En règle générale, un film (filtre d'interférences), qui réfléchit certaines longueurs d'onde du spectre visible, est appliqué sur la couche photoactive exposée au soleil pour créer la couleur souhaitée. Le CSEM de Neuchâtel a développé une autre méthode : la couleur peut être changée en appliquant une couche en polymère coloré sur le côté photoactif qui n'est pas exposé au soleil (voir graphique: marqué en orange). Selon les chercheuses et chercheurs du CSEM, l'avantage de ce processus est que l'impression colorée reste constante quelque soit l'angle d'observation et les couts de fabrication sont plus bas. Ce processus permet de créer des teintes orange, marron et noires. Les modules PV couleur terre-cuite mentionnés dans le texte principal se basent également sur cette technologie.



Les modules colorés du CSEM utilisent des cellules solaires en silicium fabriquées avec le procédé à couche mince. Les modules blancs également conçus par le CSEM se basent sur les cellules classiques en silicium (couche épaisse). L'impression blanche est ici générée par un film appliqué sur le module. Le film dispose d'une structure complexe composée de plusieurs couches. Il laisse passer les rayons infrarouges mais réfléchit la lumière visible. L'impression blanche est créée par la diffusion. BV

Office féderal de l'énergie OFEN
Mühlestrasse 4, CH- 3063 Ittigen, Adresse postale: CH-3003 Berne
Téléphone +41 (0)58 462 56 11, Fax +41 (0)58 463 25 00
cleantech@bfe.admin.ch, www.bfe.admin.ch

02/2016