

Installation PV verticale légère de 80 m² à Hauterive, dans le canton de Neuchâtel.

Figures : Lightseeds



Le solaire à la verticale

Première solution intégrée dédiée aux installations photovoltaïques verticales

28

Laure-Emmanuelle Perret, Pierrick Duvoisin

Aujourd'hui, les objectifs énergétiques imposent d'exploiter un maximum de surfaces déjà construites pour la production photovoltaïque (PV), sans consommation supplémentaire de terrain. Les murs en bord d'autoroute et de voie ferrée, les parois antibruit, les murs de soutènement et les façades de bâtiments industriels représentent à ce titre un potentiel considérable encore peu exploité. Pourtant, leur orientation verticale peut offrir un profil de production complémentaire à celui des installations en toiture – notamment lorsque le soleil est bas, en début et en fin de journée ainsi qu'en période hivernale – et favoriser ainsi une meilleure adéquation entre production et consommation. Dans un contexte de tarifs de

l'électricité de plus en plus variables, cette diversification des orientations contribue à lisser les pics de production photovoltaïque de milieu de journée et à limiter leur concentration sur le réseau.

Malgré ce potentiel, le photovoltaïque vertical reste difficile à déployer à grande échelle. Le marché est principalement structuré autour de modules et de systèmes de montage développés pour les toitures inclinées ou les centrales au sol. Leur installation sur une paroi verticale nécessite généralement des structures rapportées, de nombreux ancrages ainsi que plusieurs opérations successives de réglage, de fixation et de câblage. Les contraintes augmentent encore sur les infrastructures routières ou ferroviaires, où

RÉSUMÉ



les interventions doivent être courtes, la maintenance limitée et les matériaux adaptés à des environnements exposés aux vibrations, aux particules, aux sels de déverglaçage et aux polluants atmosphériques.

Dans ce type de projet, le prix des modules PV ne constitue souvent qu'une petite partie du coût total de l'installation: le reste de l'investissement est lié à la structure de montage, à la préparation du support, aux moyens d'accès, au nombre de fixations et, surtout, au temps passé sur le chantier. Adapter à la verticale un système initialement conçu pour une autre configuration peut ainsi annuler une partie non négligeable du bénéfice économique attendu de l'installation photovoltaïque.

La start-up Lightseeds répond à cette limite par une solution conçue dès l'origine pour les surfaces verticales. Le module léger, rigide et sans verre, ses interfaces mécaniques et le système de montage forment un ensemble développé conjointement, spécialement pour ces applications. La réduction de la masse des modules diminue directement les efforts appliqués au support, tandis que la préfabrication du système de montage, reposant sur un système de cadres, et la diminution du nombre d'ancrages permettent d'accélérer la pose. En agissant simultanément sur les matériaux, la structure, la logistique et le temps de montage, cette solution permet de diminuer non seulement le coût global de l'installation, mais aussi son empreinte carbone.

Architecture d'un module sans verre

La conception du module photovoltaïque léger de la start-up repose sur la suppression du verre frontal et son remplacement par un polymère transparent à haute transmission (figure 1). Les cellules photovoltaïques sont intégrées dans un assemblage multicouche associé à un substrat en fibre cellulosique rigide, qui contribue à la stabilité mécanique du module.

Ce changement de matériaux répartit les fonctions habituellement assurées par le verre entre le film frontal, l'encapsulant, le substrat arrière, le cadre et la structure de montage. La performance mécanique doit donc être évaluée sur l'assemblage complet. La géométrie des appuis, la portée entre les fixations et la rigidité du support influencent directement les contraintes transmises aux cellules.

Une solution intégrée dédiée au vertical

Le format compact du module, $1175 \times 936 \text{ mm}^2$ pour une puissance nominale de 200 W, résulte d'un choix

volontairement orienté vers les conditions réelles d'installation. Il n'a pas été défini pour augmenter artificiellement la puissance par m^2 , mais pour faciliter la manutention et la pose sur une paroi verticale. Ses dimensions ainsi que sa masse – environ 7 kg, soit approximativement la moitié de celle d'un module PV standard de puissance comparable – permettent à une seule personne de le déplacer, de le présenter face au support et de le maintenir pendant sa fixation. Ce format réduit également le recours aux équipements de levage et facilite les ajustements lorsque l'accès au chantier est limité. Le module a ainsi été pensé autant pour les installateurs que pour ses performances électriques.

Cet avantage ergonomique ne produit toutefois un effet à l'échelle de l'installation que si la structure, les interfaces et la méthode de pose sont développées avec le module. La solution Lightseeds associe donc le module PV léger, son système de montage, les pièces de liaison, les éléments porteurs et une logique d'assemblage spécifiquement conçue pour les surfaces verticales. Les différents composants sont préassemblés en atelier afin de déplacer une partie des opérations hors du chantier. Cette préparation réduit le nombre de manipulations, de réglages et de raccordements à effectuer en hauteur ou à proximité d'une infrastructure en service. Elle permet également de raccourcir les interventions dans les environnements où l'accès doit rester limité, notamment le long des autoroutes et des voies ferrées ou sur des façades industrielles occupées.

La diminution du nombre d'ancrages limite en outre les perçages dans le support et contribue à l'optimisation du temps d'installation. Elle exige en contrepartie une répartition maîtrisée des efforts entre les modules, les cadres et les éléments porteurs. Pour chaque application, les charges de vent, les effets de bord, la résistance de l'ouvrage existant, les vibrations et les dilatations différentielles doivent

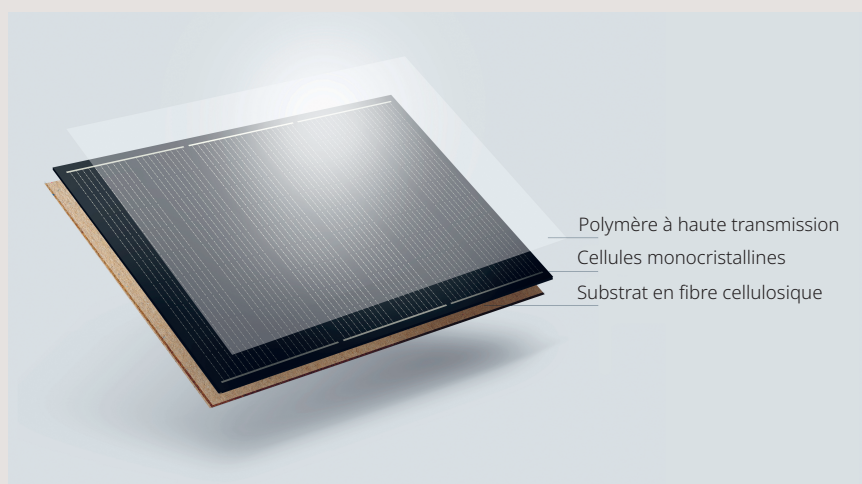


Figure 1 Composition des modules photovoltaïques légers faisant partie de la solution intégrée conçue spécialement pour les installations verticales.



Figure 2 Le temps nécessaire à la pose des modules peut être réduit d'un facteur 4, notamment grâce au préassemblage en atelier et à la diminution du nombre d'ancrages.

être vérifiés à l'échelle du système complet. Le dimensionnement d'une installation verticale ne peut donc pas dissocier le module de son montage.

Des environnements fortement exposés

Les abords d'autoroutes, les écrans acoustiques et certaines infrastructures industrielles cumulent projections d'eau, sels de déverglaçage, particules abrasives, hydrocarbures, polluants acides, cycles humide-sec, vibrations et risques d'impact. Ces sollicitations peuvent dégrader les cadres, les fixations, les connecteurs et les joints avant qu'une perte électrique des cellules ne soit mesurable.

La solution développée est spécifiquement pensée pour ces sites exposés. La face avant en polymère sans verre réduit le risque de casse; le cadre en aluminium anodisé, la boîte de jonction IP68, la protection du câblage et le nombre limité d'interfaces contribuent à la robustesse de l'ensemble. Enfin, les détails de pose favorisent l'écoulement de l'eau et le remplacement unitaire des composants.

Masse, ressources et fin de vie

La substitution du verre par un polymère frontal et un substrat cellulosique réduit la quantité de matière minérale ainsi que les charges de transport et de manutention. Une analyse de cycle de vie réalisée par l'Université de Lund, en Suède, estime l'empreinte carbone de la solution Lightseeds à environ la moitié de celle d'une solution standard de référence.

Le caractère biosourcé du substrat rend le module presque entièrement recyclable: cellules, métallisations, polymères, cadre et boîte de jonction relèvent de filières distinctes. Sa conception facilite leur sépa-

ration et distingue clairement le contenu biosourcé, la recyclabilité théorique et le taux réellement récupéré.

Le démonstrateur d'Hauterive

Début juin 2026, une première mise en œuvre à l'échelle réelle de cette approche intégrée a été réalisée à Hauterive, dans le canton de Neuchâtel, afin d'en évaluer les performances électriques, mécaniques et constructives. L'installation PV (figure de titre) couvre environ 80 m² d'un mur existant et comprend 72 modules de 200 W, pour une puissance nominale totale de 14,4 kW. Les panneaux sont disposés sur une surface presque verticale, avec une inclinaison d'environ 84° et un azimut de 140°.

La pose de ce démonstrateur a nécessité deux jours et demi de chantier: le temps de pose (module et struc-

ture) était ainsi proche de 15 min/m², contre environ 1 h/m² pour une solution conventionnelle comparable, ce qui correspond à un gain de temps de l'ordre de 75%. Ceci montre à quel point le préassemblage des composants et le système de montage spécifiquement développé pour cette application (figure 2) permet de diminuer le temps passé sur site, les besoins en personnel ainsi que la durée d'utilisation des moyens d'accès.

Les premières évaluations montrent déjà que la solution développée permet de réduire environ de moitié l'empreinte carbone de l'installation par rapport à une solution associant des modules en verre et une structure traditionnelle. Les résultats consolidés de la comparaison avec des solutions conventionnelles sont prévus pour fin 2027, après une période suffisante de suivi de l'installation en conditions réelles.

Domaines d'emploi et limites actuelles

Une orientation presque verticale produit moins d'énergie annuelle qu'une inclinaison optimisée sur un site dégagé, mais elle valorise une surface autrement inutilisée et peut présenter un profil saisonnier utile. Elle retient aussi moins longtemps la neige et certaines salissures. L'intérêt d'une façade ne se réduit donc pas aux kilowattheures produits par puissance installée: la disponibilité de la surface, le coût lié à l'ancrage de la structure nécessaire pour assurer les contraintes de la prise au vent, la saisonnalité et l'autoconsommation interviennent également.

La solution Lightseeds vise les surfaces verticales où la charge admissible, l'accès, l'agressivité du milieu ou le nombre de fixations rendent l'installa-

tion d'un système conventionnel difficile. Façades aveugles, murs de soutènement, écrans acoustiques, abords d'autoroutes et infrastructures linéaires en constituent les principaux cas d'usage. Le format compact et la structure fractionnable facilitent le remplacement d'un module ainsi que la réversibilité de l'installation.

Plusieurs limites doivent toutefois être intégrées à la prescription. Le comportement au feu doit être apprécié avec l'ensemble du complexe de façade. La tenue des chants (les côtés latéraux des modules), des joints et du substrat en présence d'eau doit être vérifiée avec précaution, et la face en polymère nécessite un nettoyage adapté. Enfin, le gain recherché porte sur la masse et le système d'installation, et non sur un record de rendement surfacique.

Le démonstrateur d'Hauterive ne valide donc pas un module isolé, mais l'ensemble de la chaîne

constructive, du panneau à son ancrage et à son architecture électrique. La comparaison avec des solutions conventionnelles devra donc porter non seulement sur la masse totale de l'installation, mais aussi sur l'énergie produite, le comportement dans le temps lié à la position verticale, la quantité de structure, le temps de pose, le nombre d'ancrages, la résistance aux environnements agressifs, la maintenance et le cycle de vie. C'est à cette échelle de système que le photovoltaïque vertical peut ouvrir des surfaces jusqu'ici peu accessibles à la production électrique.

Auteurs

Laure-Emmanuelle Perret est CEO de Lightseeds.

> Lightseeds SA, 2065 Savagnier

> laure@lightseeds.ch

Pierrick Duvoisin est CTO de Lightseeds.

> pierrick@lightseeds.ch

Vertikale Solarenergie

Erste integrierte Lösung speziell für vertikale PV-Anlagen

Heutzutage erfordern die Energieziele, dass möglichst viele bereits bebaute Flächen für die Solarstromerzeugung genutzt werden. Mauern entlang von Autobahnen und Bahnstrecken, Lärmschutzwände, Stützmauern und Fassaden von Industriegebäuden bieten in dieser Hinsicht ein beträchtliches Potenzial, das bisher noch kaum ausgeschöpft wurde. Dabei kann ihre vertikale Ausrichtung ein Produktionsprofil bieten, das die Produktion von Dachanlagen ergänzt – vor allem, wenn die Sonne tief steht, also morgens, abends und im Winter – und so eine bessere Abstimmung zwischen Erzeugung und Verbrauch ermöglichen. Trotz dieses Potenzials ist die vertikale Photovoltaik nach wie vor schwer in grossem Massstab umzusetzen, vor allem weil der Markt hauptsächlich auf Module und Montagesysteme ausgerichtet ist, die für Schrägdächer oder Freiflächenanlagen entwickelt wurden.

Um diese Lücke zu schliessen, hat das Start-up Lightseeds eine Lösung entwickelt, die von Anfang an für vertikale Flächen konzipiert wurde. Sie umfasst ein leichtes, starres und glasfreies PV-Modul sowie die für die Montage erforderliche Struktur. Das kompakte Format des Moduls – 1175×936 mm² bei einer Nennleistung von 200 W – wurde so gewählt, dass es sich leicht handhaben und an einer senkrechten Wand an-

bringen lässt. So kann eine einzige Person das Modul transportieren, an die Halterung ausrichten und während der Befestigung festhalten. Das geringere Gewicht des Moduls (ca. 7 kg, also etwa die Hälfte eines Standardmoduls gleicher Leistung) verringert die auf die Halterung wirkenden Kräfte, während die Vorfertigung des Montagesystems, das auf einem Rahmensystem basiert, und die geringere Anzahl an Verankerungen die Montage beschleunigen.

Anfang Juni 2026 wurde in Hauterive im Kanton Neuenburg eine erste Umsetzung dieses integrierten Ansatzes im Originalmassstab durchgeführt, um die elektrischen, mechanischen und baulichen Leistungen zu bewerten. Die PV-Anlage bedeckt etwa 80 m² einer bestehenden Stützmauer und umfasst 72 Module à 200 W mit einer Gesamtnennleistung von 14,4 kW. Erste Auswertungen zeigen bereits, dass die entwickelte Lösung die Montagezeit im Vergleich zu einer herkömmlichen Lösung mit Glasmodulen und konventioneller Unterkonstruktion um den Faktor 4 reduziert und den CO₂-Fussabdruck etwa halbiert. Die konsolidierten Ergebnisse des Vergleichs – unter anderem zur erzeugten Energie, dem Langzeitverhalten in vertikaler Lage, der Beständigkeit gegenüber aggressiven Umgebungsbedingungen, der Wartung usw. – werden für Ende 2027 erwartet.