

Éblouissement sur les installations photovoltaïques

19e Congrès photovoltaïque national, juillet 2021, Berne
De Prof. Dr Christof Bucher, Peter Wüthrich, Sirin Danaci, Haute école spécialisée bernoise, Laboratoire PV

Les réflexions du rayonnement solaire sur les surfaces en verre peuvent entraîner des effets d'éblouissement gênants si deux conditions sont réunies: les conditions géométriques doivent permettre un éblouissement et la réflexion à la surface du verre doit être dirigée, c'est-à-dire concentrée. Ce poster montre comment de nouvelles surfaces de verre augmentent l'élargissement du faisceau et réduisent ou empêchent ainsi efficacement l'éblouissement. La rénovation d'une installation photovoltaïque visant à réduire l'éblouissement est décrite et évaluée à titre d'exemple. Depuis l'angle d'observation d'un riverain, la luminance des modules PV est réduite d'environ trois ordres de grandeur pendant l'éblouissement.

Introduction

Pratiquement tous les modules photovoltaïques (PV) disponibles aujourd'hui dans le commerce sont conçus selon l'état de la technique pour être peu réfléchissants et satisfont donc en principe aux exigences de l'Ordonnance sur l'aménagement du territoire (OAT, art. 32a) [1]. La pratique montre toutefois qu'il n'est pas toujours possible d'exclure un éblouissement gênant pour le voisinage, en particulier sur les toits exposés au nord et bien visibles. Dans des conditions géométriques défavorables, des réflexions avec des luminances supérieures à 1 000 000 cd/m² peuvent également se produire sur des modules PV peu réfléchissants. Elles sont souvent perçues comme des éblouissements gênants en cas d'exposition prolongée d'un observateur à ces dernières.

Luminance et éblouissement

La luminance en cd/m² est la mesure de la luminosité d'une surface vue dans une direction d'observation donnée. Il s'agit donc de la mesure pertinente pour évaluer un éventuel éblouissement [2]. Contrairement à ce que l'on pense souvent, la réduction de la réflexion (c'est-à-dire qu'une part plus faible de la lumière incidente est renvoyée) n'entraîne généralement pas une réduction pertinente de la luminance.

La luminance est en premier lieu réduite de manière significative lorsque la lumière réfléchie est davantage diffusée (élargissement du faisceau). La figure 1 montre les luminances de différentes surfaces de verre. Typiquement, les luminances supérieures à 100 000 cd/m² sont perçues comme éblouissantes, alors que l'œil humain s'adapte bien aux luminances inférieures à environ 25 000 cd/m² (ce qui correspond à une façade blanche exposée au soleil). Les luminances inférieures à 25 000 cd/m² ne peuvent pratiquement être atteintes avec des surfaces en verre que si l'élargissement du faisceau est plus important que pour un module PV standard à faible réflexion.

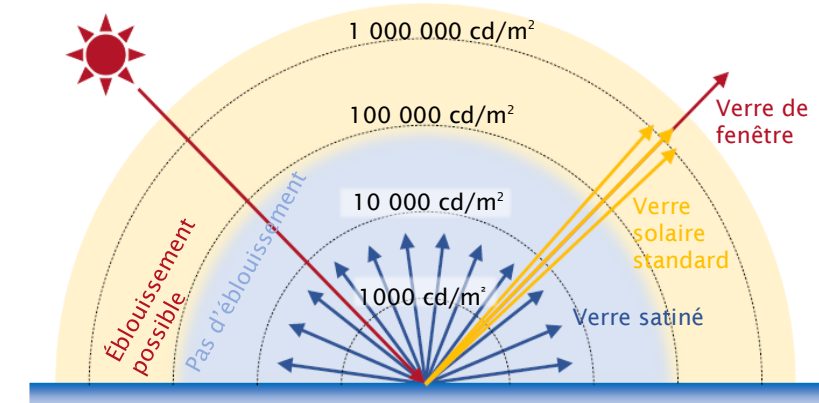


Figure 1: Luminance sur différentes surfaces



Figure 4: Surface du toit avant la rénovation



Figure 5: Échantillonnage 4 modules PV anti-éblouissement



Figure 6: Surface du toit après la rénovation

La luminance dépend de l'angle. Plus le rayonnement solaire frappe une surface de verre à plat, plus la luminance est élevée pour tous les types de verre étudiés pour ce poster (figure 2). Toutefois, lorsque l'angle d'incidence est très plat (angle entre la normale à la surface et le rayon réfléchi > 80°), celui-ci n'est plus considéré comme pertinent, car le rayon solaire et le rayon éblouissant arrivent sur le point d'observation depuis une direction similaire.

Nouvelles surfaces de verre

Les surfaces de verre satinées (gravées chimiquement) ont un aspect visuel mat. Elles ne réfléchissent certes pas moins que les verres solaires standard, mais répartissent la réflexion de manière presque homogène dans l'hémisphère. Selon les mesures effectuées par le laboratoire PV de la HESB, la luminance depuis pratiquement tous les points d'observation pertinents reste donc nettement inférieure à un éventuel seuil critique (figure 2). En particulier, la luminance est toujours inférieure à celle d'une feuille de papier blanc ou d'une façade blanche.

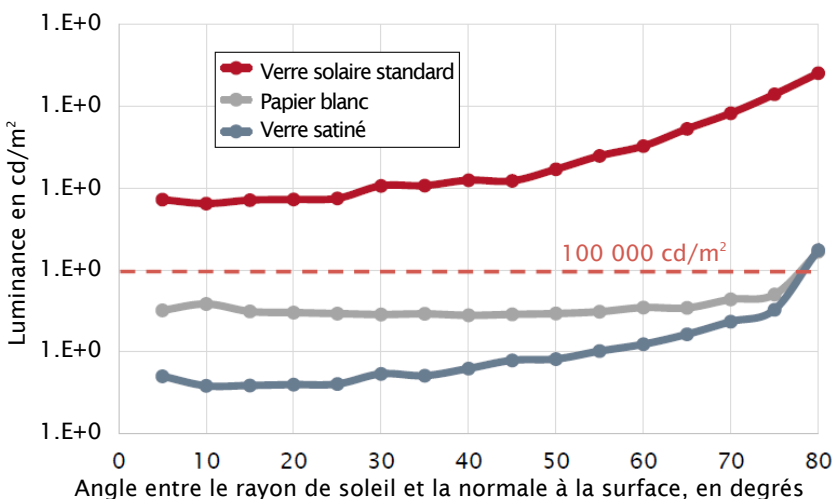


Figure 2: Dépendance angulaire des luminances des réflexions sur différentes surfaces.

Projet pilote: assainissement de l'éblouissement

Le toit nord incliné à 45° d'une maison individuelle dans le canton de Zurich est très visible depuis le voisinage direct au nord, situé quelques mètres plus haut. Il provoque un effet d'éblouissement chaque après-midi pendant les mois d'été. Cette constatation est étayée par une expertise de réflexion de la société Basler & Hofmann AG et quantifiée avec jusqu'à 2.5 heures par point d'observation.

La luminance des modules PV de type MegaSlate de l'entreprise 3S Solar Plus installés en 2016 est mesurée sur place en juin 2021 par le laboratoire PV de la HESB lors d'une journée sans nuages.

Dans un montage test, quatre des modules sont ensuite remplacés par des modules de même format avec des verres satinés (MegaSlate Satinato). Les luminances mesurées sont réduites d'un facteur 1000 environ et se situent donc nettement en dessous de la limite de 25 000 cd/m² mentionnée en introduction (figure 3). Selon l'angle de vue, les nouveaux modules photovoltaïques changent d'apparence. On ne dispose que de peu d'informations sur le comportement à long terme.

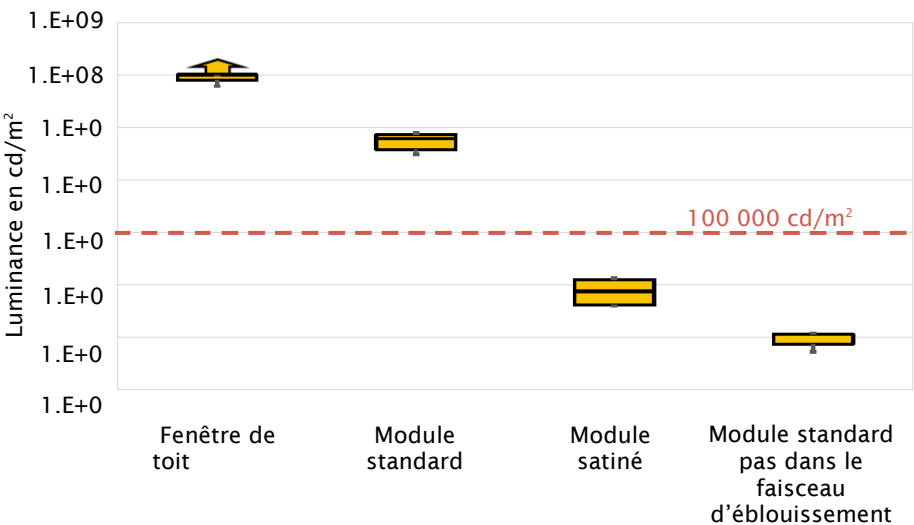


Figure 3: Luminances issues des mesures de terrain du projet pilote.

Conclusion et perspectives

Les verres satinés peuvent fortement réduire ou empêcher l'effet d'éblouissement des modules PV. On ne sait que peu de choses sur leur stabilité à long terme, comme par exemple la dégradation de la surface du verre. D'autres études à long terme sont nécessaires. En raison de leur faible disponibilité, de leur fabrication plus complexe et des questions techniques encore en suspens, les modules satinés ne doivent être utilisés aujourd'hui que dans des cas exceptionnels particuliers.

Références

- [1] D.Stickelberger et al., Leitfaden zum Melde-und Bewilligungsverfahren für Solaranlagen [Guide de la procédure d'annonce et d'autorisation pour les installations solaires], Swissolar, février 2021.
- [2] F. Ruesch et al., Methode zur Quantifizierung der Blendung durch Solaranlagen-Vergleich mit anderen Materialien der Gebäudehülle [Méthode de quantification de l'éblouissement dû aux installations solaires - comparaison avec d'autres matériaux de l'enveloppe du bâtiment], SPF, 26. Symposium OTTI sur l'énergie solaire thermique, 2016.