



Thomas Scherer (Allemagne)

Il n'est pas nécessaire de tapisser tout un toit de panneaux solaires pour avoir une installation économiquement et écologiquement viable. De nombreux employés de bureau travaillant désormais à domicile, l'idée d'une centrale solaire sur balcon couvrant le supplément de consommation d'énergie électrique pendant les heures de jour a fait son chemin. Ces minicentrales sont assez bon marché et bénéficient même de subventions dans certaines villes européennes. Après m'être informé sur les réglementations auxquelles elles doivent obéir et en avoir évalué quelques modèles, j'en ai installé une chez moi.

Depuis quelque temps, je regardais avec envie les panneaux photovoltaïques (PV) sur les toits de mon voisinage. À long terme, ils coûtent toutes les cases pour réduire les émissions de CO₂ et répondre à notre voracité énergétique. Je ne vis dans une maison que depuis peu et je suis donc un peu en retard dans ce domaine. J'ai envisagé d'en installer un sur mon toit, mais le tarif de rachat du courant a tellement baissé que son amortissement prendrait bien trop de

temps. Et puis, cette installation causerait pas mal de tracas. Enfin, j'ai un travers : je n'aime guère confier à quelqu'un d'autre un travail (surtout en électricité) que je me sens capable de faire moi-même, ce qui me donne aussi l'occasion d'acquérir une expérience et des connaissances précieuses. En Allemagne, l'installation sur un toit d'un puissant générateur couplé au réseau implique beaucoup de paperasse et la taxation de l'électricité produite et consommée.

Cette idée me trottait dans la tête depuis tellement longtemps qu'après avoir installé une station de recharge solaire pour tondeuse robot [1] en 2020, j'ai commencé à évaluer les avantages d'une installation photovoltaïque relativement modeste couplée au réseau. Au cours de mes recherches pour savoir ce qui était disponible revenait souvent le terme « centrale solaire sur balcon » décrivant un système qui pouvait faire l'affaire (voir l'encadré « **Qu'est-ce qu'une centrale solaire sur balcon ?** »).

Est-ce que le compte y est ?

Après avoir parcouru les méandres de la réglementation, je me suis demandé si un tel mini-système solaire couplé au réseau



Qu'est-ce qu'une centrale solaire sur balcon ?

Une centrale solaire sur balcon est un petit générateur photovoltaïque. Comme son nom l'indique, elle est si petite que vous pouvez l'installer sur un balcon. Dans l'Union européenne, les installations dont la puissance de crête est inférieure à 800 Wc se situent en dessous du seuil à partir duquel la bureaucratie s'en mêle, avec sa paperasse et ses frais. C'est votre droit d'installer un tel système et personne ne peut vous en empêcher (tant que l'installation est sûre) ou l'écraser sous le poids de la bureaucratie.

Son but est également important : un balcon solaire produira juste assez d'électricité pour couvrir la consommation de base d'une maison. En d'autres termes, celle d'un réfrigérateur, d'un téléviseur, du routeur internet, de la pompe de circulation du système de chauffage ainsi que d'une pléiade de petits chargeurs et autres objets en veille. Toute l'énergie que le système produit en excédent est cadeau pour l'opérateur du réseau. Ainsi, le système reste simple et peu coûteux. C'est pourquoi il n'a pas intérêt à être surdimensionné.

pouvait être viable financièrement. Pour les installations sur balcon, on a le choix entre des systèmes à un ou deux panneaux. Avec un panneau, on peut atteindre une puissance de crête d'environ 300 Wc ('c' pour crête) et 600 Wc avec deux panneaux. Pour évaluer l'ensoleillement de ma région, j'ai étudié la carte [2] produite par le service météorologique allemand qui indique l'énergie solaire moyenne par an en Europe et plus particulièrement en Allemagne (**fig. 1**). Vous pouvez également trouver de nombreux calculateurs de rendement solaire sur l'internet. J'habite dans le sud du Land de Bade, une région très ensoleillée, où je peux compter sur une insolation annuelle de près de 1200 kWh par m² dans des conditions optimales. En supposant un rendement de 20% pour les cellules solaires monocristallines, je pourrais produire jusqu'à 240 kWh par m² et par an. Une installation à deux panneaux me conviendrait mieux. Un panneau moderne d'une puissance de 320 à 370 Wc a une surface utile d'environ 1,6 m². Avec deux panneaux, je pourrais donc compter sur une production annuelle de près de 770 kWh. Avec un prix de l'électricité en Allemagne de 30 centimes par kWh, ma centrale sur balcon me permettrait d'économiser jusqu'à 230 € par an. Le prix d'achat de mon

système étant presque de 600 €, il serait amorti en deux ans et sept mois !

Je suis tenté ! Pour que cela soit réaliste, il faut une orientation optimale des panneaux, sans ombre portée par les bâtiments et la végétation, ni de pertes dans l'onduleur et les câbles. Il faut aussi que toute l'énergie produite soit utilisée localement et que rien ne soit exporté vers le réseau. Dans le cas d'un appartement individuel dont l'occupant travaille à l'extérieur pendant la journée, une grande partie de l'énergie produite serait exportée vers le réseau. Un seul panneau de 300 W serait alors plus que suffisant. Chez moi, il y a deux réfrigérateurs et un congélateur ; ma mère aime regarder la télévision pendant la journée et je travaille à domicile sur un PC équipé d'un grand écran. Avec quelques autres appareils électriques, notre consommation de base excède la production d'un seul panneau de 300 W. Une installation de 600 Wc ne semble donc pas surdimensionnée.

En supposant un taux d'utilisation de 75% dans des conditions optimales, j'arrive à une économie annuelle sur les coûts d'électricité d'environ 170 €. L'emplacement que je prévois pour les panneaux n'est pas non plus idéal : il n'y aura pas d'ombre sur les panneaux, mais

l'angle d'élévation n'est que de 5° et ils seront orientés exactement au sud-sud-est à 135°. Je profiterai moins du soleil du soir, mais plus du rayonnement diffus. Si je soustrais 25% pour en tenir compte, je me retrouve avec une économie annuelle d'un peu plus de 125 €. Pour un coût de 600 €, cela donne un amortissement en quatre ans. Au-delà, c'est du bonus.

Si vous obtenez une subvention pour le système (la ville voisine de Fribourg, par exemple, donne 200 €), l'amortissement sera beaucoup plus rapide. Avec une installation par soi-même, les coûts sont minimes, mais cela ne tient pas compte des frais de remplacement du compteur que certains opérateurs peuvent exiger. Par exemple, la nécessité d'un compteur dit bidirectionnel fait actuellement l'objet d'un débat (un compteur doit au minimum être équipé d'un blocage anti-retour). Le matériel acheté doit également être fiable, les pièces défaillantes doivent être remplacées, ce qui rend le système beaucoup moins rentable.

Je pourrais augmenter l'angle des panneaux pour gagner en rendement, mais, à plat sur le toit existant, on les remarque moins et j'obtiens un meilleur rendement en été, lorsque la climatisation

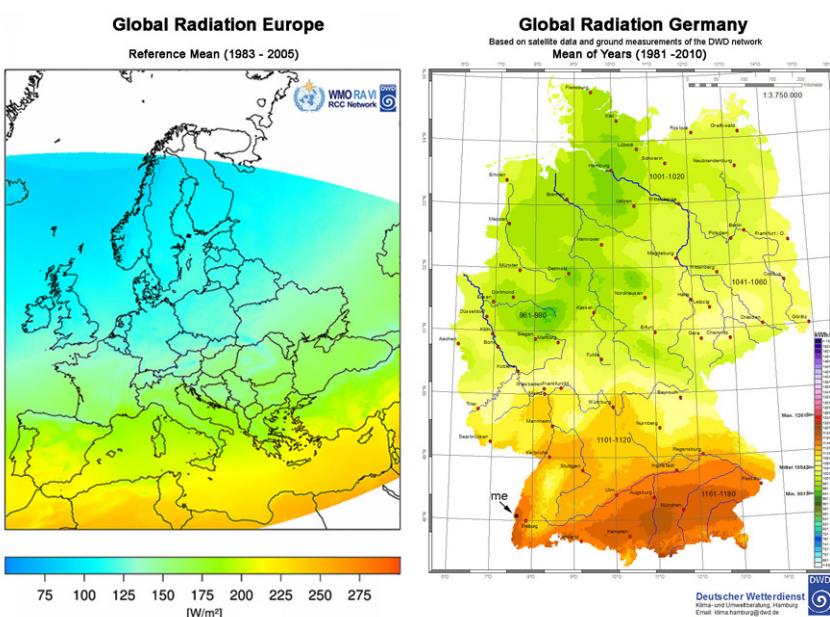


Figure 1. Carte de l'insolation solaire en Europe et en Allemagne (source : DWD [2]).

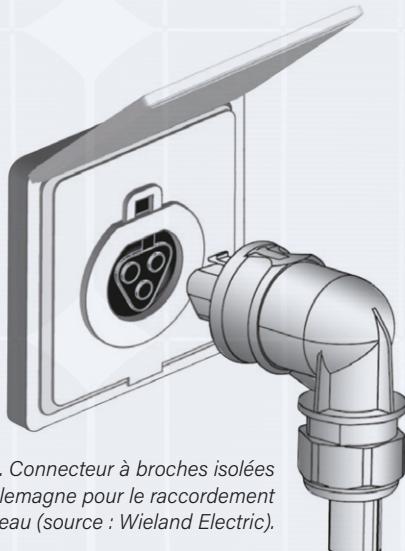


Figure 2. Connecteur à broches isolées approuvé en Allemagne pour le raccordement au réseau (source : Wieland Electric).



Figure 4. Prise secteur et capuchon.



Figure 3. L'onduleur de réseau HM-600 (un exemplaire d'Elektor donne l'échelle).



Figure 5. Onduleur HM-600, vue de dessous.



Figure 6. Un des panneaux Jinko JKM330M-60 avant l'installation.



Figure 7. L'unité consommatrice équipée d'un disjoncteur supplémentaire de 10 A (au centre à gauche) et d'un petit compteur électrique (en bas à gauche). Le compteur moderne à droite comporte un blocage anti-retour.

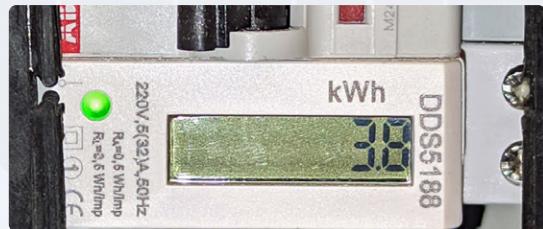


Figure 8. Ce compteur électrique à bas prix s'installe sur le rail DIN et enregistre l'énergie produite par la centrale sur balcon. L'écran affiche la production du premier jour de fonctionnement.



Produits

➤ Multimètre numérique avec Bluetooth OW16B DVM d'OWON
www.elektor.fr/owon-ow16b-digital-multimeter-with-bluetooth

➤ Pince de mesure PeakTech 4350
www.elektor.fr/peaktech-4350-clamp-meter

➤ Station de surveillance de l'environnement pour Raspberry Pi
www.elektor.fr/enviro-environmental-monitoring-station-for-rpi

fonctionne parfois pendant la journée (c'est moins bon en hiver cependant).

Composants du système

Une centrale électrique sur balcon se compose de cellules solaires, d'un onduleur synchrone couplé au réseau et le moyen de s'y raccorder, qui consiste souvent en une prise enfichable spéciale Wieland (**fig. 2**), configuration permise en Allemagne moyennant le respect de la sécurité et de quelques autres restrictions. L'onduleur est le composant clé du système. Il convertit la faible tension continue d'un panneau solaire en une tension alternative de 230 V conforme aux normes et compatible avec le réseau. Il gère la synchronisation de l'alimentation fournie par les panneaux. Si l'on débranche l'onduleur du réseau, sa sortie se coupe en quelques millisecondes. Lors du choix de votre système, vous devez prendre en compte la puissance produite, la puissance utile maximale, la plage de tension de fonctionnement des modules solaires et la qualité de fabrication. Parmi ceux qui m'ont paru de bonne qualité, j'ai choisi l'onduleur HM-600 de Hoymiles. Il coûte 220 € et, d'après les avis des utilisateurs, il a l'air fiable. Il y en a de moins chers, mais moins bien notés, je les ai laissés de côté.

Le HM-600 offre une puissance de sortie maximale de 600 W et peut gérer deux panneaux dans une gamme de puissance de 240 à 380 Wc. Il atteint un rendement d'au moins 96,5% et consomme moins de 50 mW la nuit. Un exemplaire d'Elektor donne l'échelle dans la **figure 3**. Il pèse 3 kg et est assez plat pour pouvoir être monté sous un panneau. Le long câble sert à le relier au réseau (une connexion appropriée est nécessaire), et le câble court avec une fiche épaisse en haut est la connexion aux onduleurs supplémentaires (elle doit être protégée par un capuchon). Vous devez aussi commander les deux pièces de la **figure 4**. La **figure 5** montre une vue de dessous.

L'onduleur et les calculs de rendement jouent un rôle dans le choix des panneaux PV. Pour obtenir 600 W à la sortie de l'onduleur, il vaut mieux que les panneaux en produisent un peu plus pour avoir une certaine réserve. J'ai choisi deux panneaux

monocristallins de 330 Wc de Jinko Solar (**fig. 6**), pour une réserve de 10%. Dans la classe supérieure à 300 Wc, presque tous les panneaux, à quelques légères déviations près, mesurent 166,5 × 100,2 cm et pèsent un peu moins de 20 kg. La garantie des panneaux Jinko indique qu'après 25 ans, leur rendement sera d'au moins 80% de leur rendement initial. Les panneaux sont vendus au prix de 150 €.

Les frais de transport des composants les plus importants du système étant élevés, il est intéressant d'aller en prendre livraison chez un distributeur local. Deux panneaux tiennent dans une voiture de taille moyenne avec les sièges arrière rabattus à plat.

Raccordement au réseau

Dans certains pays, il peut être autorisé de simplement brancher la sortie d'une centrale sur balcon dans une prise de courant murale standard à trois broches. En Allemagne, il est exigé d'utiliser une prise à broches isolées telle que le connecteur Wieland (35 €), même si le risque de choc électrique est minime, car l'onduleur se coupe dès qu'on débranche la fiche. Sur l'internet, cherchez « connecteur pour photovoltaïque ».

La prise peut être câblée en parallèle à une prise de courant du réseau électrique principal située dans un endroit pratique, ou bien être raccordée à l'unité consommatrice avec son propre disjoncteur. Dans le premier cas, il est possible d'avoir à réduire le calibre du disjoncteur principal. En effet dans le cas d'une centrale sur balcon de 600 W, le courant fourni par l'onduleur pourra atteindre 2,6 A, ce qui, dans le pire des cas, surchargerait la prise de courant. Par mesure de sécurité, son disjoncteur de 16 A devrait être remplacé par le disjoncteur de calibre immédiatement inférieur (10 A). En tenant compte de cela et en vérifiant que mon unité consommatrice avait une

marge de capacité, j'ai choisi de connecter la centrale électrique directement à cette unité, avec son propre disjoncteur de 10 A. Pour cela, j'ai posé 15 m de câble et percé un certain nombre de trous pour y accéder. Cela m'a permis d'économiser les 35 € du connecteur et me donne la possibilité d'enregistrer très facilement l'énergie produite. Il existe, bien sûr, des systèmes sophistiqués avec des applications pour afficher la production d'énergie en temps réel sur un ordiphone, mais pour moi, c'est excessif. Tout ce dont j'ai besoin, c'est du total de l'énergie produite, affiché par un simple compteur de kWh à moins de 10 € monté sur rail DIN. L'unité consommatrice avec son extension est représentée sur la **figure 7**. Le petit enregistreur de puissance se trouve en bas à gauche. Le gros plan de la **figure 8** montre le relevé de 3,8 kWh après le premier jour du 9 mai 2021, heureusement un jour sans nuages. Je viens de gagner 1,14 € ! Mon calcul initial d'une économie annuelle nette de 125 € serait-il réaliste ?

Restez du bon côté de la loi

Comme le montre la figure 7, je dispose déjà d'un compteur électrique moderne avec un blocage anti-retour. Si vous avez encore un vieux compteur électromécanique sans ce blocage, il se mettra à tourner à l'envers lorsque votre production dépassera votre consommation. Dans ce cas, vous pourriez prétendre que vous utilisez le réseau comme une pseudo-batterie que vous « déchargez » quand vous avez besoin d'énergie pour la « recharger » avec votre énergie excédentaire. Même si certains politiciens ont pu tenir des raisonnements aussi simplistes, ce n'est ni logique ni autorisé ! C'est illégal et vous devez vous en tenir aux règles. Chaque pays a son propre organisme de réglementation.

En France, pour installer des panneaux photovoltaïques, vous devez vous assurer



Figure 9. Les deux panneaux fixés sur le toit de la véranda.

que votre projet respecte la réglementation locale ou nationale d'urbanisme. L'article R. 421-9 du code de l'urbanisme stipule que les « ouvrages de production d'électricité à partir de l'énergie solaire installés sur le sol dont la puissance crête est inférieure à 3 kWc et dont la hauteur maximum au-dessus du sol ne dépasse pas 1,80 m » sont dispensés de formalités, sauf s'ils sont implantés dans un secteur sauvegardé (site classé par exemple). Avec 600 Wc, il n'y aurait donc pas besoin de permis de construire ni de déclaration préalable de travaux. Dans tous les cas, il est de votre responsabilité de vérifier si un permis est nécessaire. En cas de doute, contactez le service d'urbanisme de votre commune ou consultez le portail d'information sur le photovoltaïque [3].

En Allemagne, vous devez enregistrer votre centrale sur balcon auprès de l'opérateur de réseau et de l'Agence fédérale des réseaux le jour de la mise en service. C'est obligatoire, même pour les très petites installations comme la mienne. Vous pouvez le faire en ligne, cela prend moins de dix minutes. Si votre propre installation est inscrite dans le « registre des données de base du marché », elle sera signalée à votre opérateur, mais cela ne vous dispense pas des formalités d'enregistrement chez lui. Il remplacera au besoin votre ancien compteur par un nouveau à blocage anti-retour ou un compteur bidirectionnel.

En France, si vous produisez de l'électricité, vous pouvez choisir de n'alimenter que vos appareils domestiques (on parle d'autoconsommation) ou d'injecter le surplus sur le réseau électrique (c'est

la revente partielle). Dans le premier cas, les formalités administratives sont réduites, aucun frais de raccordement et aucun travail ne sont à prévoir. Avant de mettre en service votre installation, vous devrez établir une Convention d'Auto-Consommation Sans Injection (CACSI) [4] avec votre fournisseur d'électricité. Vous vous engagez ainsi à respecter les règles de sécurité et de non-perturbation du réseau public de distribution. Si vous voulez revendre l'énergie produite, vous devrez programmer le passage du consuel (*comité national pour la sécurité des usagers de l'électricité*) et souscrire un contrat d'achat avec votre fournisseur d'électricité.

Cela ne vaut peut-être pas le coup de conclure un contrat de rachat de l'électricité excédentaire. En Allemagne, le tarif de rachat est actuellement de 7,47 centimes par kWh. Si, par exemple, 25% de ma production estimée à 480 kWh par an étaient rachetés, cela me rapporterait $145 \text{ kWh} \times 7,47 \text{ centimes}$, soit près de 11 € par an ou une paire de bières. Cela couvre à peine les frais supplémentaires et les corvées administratives. Il vaut mieux donner l'énergie excédentaire au réseau : on aura la conscience tranquille en sachant que l'on a contribué, d'une manière infime, à réduire la consommation de combustibles fossiles et la production de CO₂.

Construction et installation du système

Sur la **figure 9**, vous pouvez voir que j'ai utilisé de solides supports en acier inoxydable pour fixer les deux panneaux PV sur le toit d'une véranda attenante à

la maison. Des fixations spéciales sont disponibles pour les toits en tuiles. Pour un toit plat, il existe des supports en acier prêts à l'emploi qui permettent d'obtenir l'angle de montage optimal des panneaux en Europe centrale. L'onduleur est monté sous un panneau et le câble résistant aux intempéries suit des chemins de câbles jusqu'au sous-sol où il est prolongé par un câblage NYM jusqu'à l'unité consommatrice. Il va sans dire que toute intervention sur une installation électrique domestique ne doit être effectuée que par un électricien dûment qualifié.

En tout, l'aménagement des implantations, l'installation des chemins de câbles, la pose des câbles, le perçage des trous dans les cornières en acier inoxydable, la modification de l'unité consommatrice et l'installation des panneaux m'ont pris moins de trois jours de travail. Un « technicien d'installation solaire » expérimenté aurait sans doute fait le travail en moitié moins de temps, mais j'ai la satisfaction d'avoir installé le système moi-même et de le connaître assez pour l'entretenir. La **figure 10** montre une vue latérale du système immédiatement après son installation. Ah tiens, je viens de retrouver mon échelle !

Exploitation

De nombreux fabricants allemands proposent un système complet de centrale solaire sur balcon prêt à l'emploi, à brancher sur une prise de courant. Ces systèmes peuvent être mis en service très rapidement, mais vous devriez vérifier si vous ne pouvez pas acheter moins cher les différents composants. Personnellement, j'aime faire des recherches. Ainsi, je peux choisir les composants pour réaliser le système qui répond à mes besoins.

En y repensant, maintenant que c'est terminé, est-ce que je vous inviterais à tenter l'aventure ? Absolument ! J'admettrai avoir été un peu obsédé par le suivi de la production d'énergie. J'ai remarqué que, même par temps nuageux et pluvieux, on peut obtenir quelques centaines de watts-heures. J'attends le plein été avec impatience, quand je pourrai me détendre avec une bière en sachant que les panneaux photovoltaïques qui m'ont abrité du soleil ont contribué à

la rafraîchir. Le fonctionnement en hiver devrait également être intéressant. L'année prochaine, à la même époque, je saurai ce qu'il en fut réellement de ma production d'électricité en 2021.

Vous serez peut-être tenté d'ajouter un ou deux autres systèmes photovoltaïques ; les onduleurs sont même équipés de connecteurs permettant de regrouper plusieurs systèmes. En Allemagne, cela porterait la puissance de la centrale à plus de 600 W et rendrait nécessaire le recours à un ingénieur installateur et accroîtrait inévitablement les formalités administratives. Dans tous les cas, pour toute installation de centrale solaire sur balcon, vous devez informer l'opérateur du réseau qui se rendra sur place et vérifiera que le compteur électrique existant est compatible (au moins équipé d'un blocage anti-retour). De toute façon, un système plus puissant ne vous apportera pas grand-chose, car l'excédent de production de ces installations simples qui ne gèrent pas le rachat d'énergie produite sera simplement donné au réseau. ↴

(210326-04)

Contributeurs

Idée et texte : Thomas Scherer

Rédaction : Jens Nickel

Traduction : Helmut Müller

Mise en page : Harmen Heida

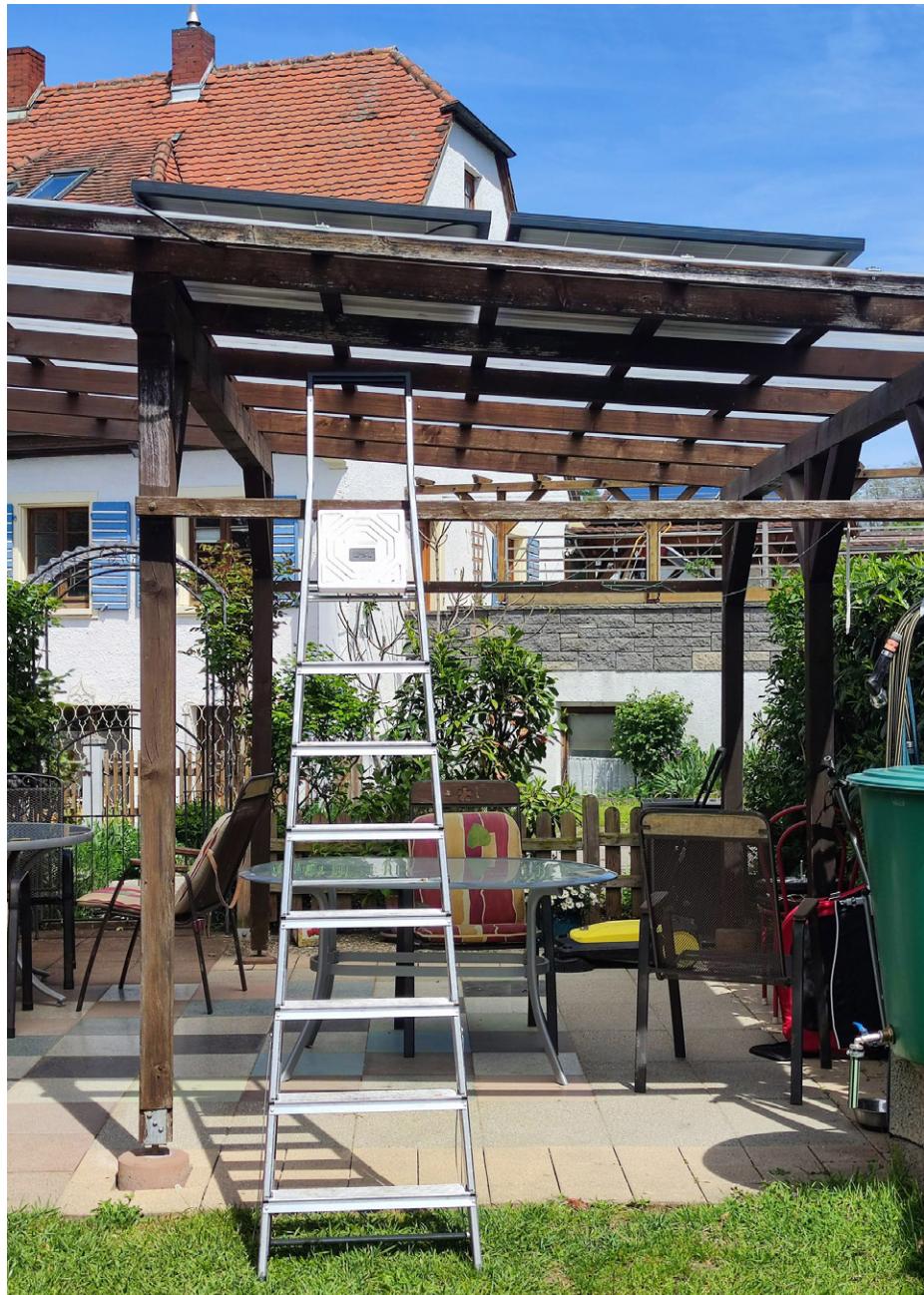


Figure 10. L'installation photovoltaïque se fond dans le décor et n'est pas trop visible.

Des questions, des commentaires ?

Contactez Elektor (redaction@elektor.fr).

LIENS

- [1] Énergie solaire pour robot de tonte, Elektor, 07-08/2021 : www.elektormagazine.fr/200553-04
- [2] Carte d'insolation de l'UE : <https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis>
- [3] Portail gouvernemental d'information sur le photovoltaïque : www.photovoltaique.info/fr/
- [4] Produire son électricité : www.enedis.fr/les-demarches-prealables-pour-produire-son-electricite
- [5] Projets sur le thème du solaire chez Elektor : www.elektormagazine.fr/search?query=solar

