

Zeitschrift: Technique agricole Suisse
Herausgeber: Technique agricole Suisse
Band: 74 (2012)
Heft: 5

Artikel: L'onduleur : cœur de l'installation photovoltaïque
Autor: Hunger, Ruedi
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1086032>

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: 05.02.2026

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



Un seul onduleur suffit quand tous les modules bénéficient d'un rayonnement solaire équivalent. Mais lorsque les parties du toit n'ont pas toutes la même inclinaison, il est recommandé d'équiper séparément chaque groupe de modules d'un onduleur.

L'onduleur, cœur de l'installation photovoltaïque

L'onduleur transforme le courant continu des modules (= panneaux) solaires en courant alternatif compatible avec le réseau. Il a pour fonction de régler la tension du courant et de réguler la connection au réseau.

Ruedi Hunger

La transformation de l'énergie solaire en électricité est un phénomène physique dû à la mise en mouvement des électrons qui crée ainsi un courant électrique. L'opération a lieu au sein de la cellule photovoltaïque, qui produit du courant grâce à ses composants internes.

L'importance du rayonnement diffus
Les variations du rayonnement solaire, dues à l'alternance du jour et de la nuit, du soleil et de la pluie, de l'hiver et de l'été, constituent un problème majeur en matière de photovoltaïque. Les installations profitent non seulement du rayonnement solaire direct, mais peuvent aussi transformer le rayonnement diffus en électricité. On a mesuré que ce dernier équivaut, sur le Plateau suisse, à environ 50 % du rayonnement total.

En raison des variations du rayonnement, le courant électrique produit par les installations photovoltaïques (PV) n'est, en principe, pas directement utilisable par un consommateur; il faut soit le stocker, soit le convertir et l'adapter.

L'onduleur d'une installation à injection, couplée au réseau, doit répondre aux exigences suivantes:

- fonctionner de façon parfaitement synchrone avec le réseau. En courant alternatif, la fréquence est dictée par le réseau
- s'enclencher et se synchroniser automatiquement (le matin par exemple), se découpler lorsque le rayonnement est trop faible
- se mettre en route uniquement si le réseau est disponible (ne pas fonctionner en îlot)

Définition

- Une installation de production électrique est dite «en îlot» lorsqu'elle alimente en énergie un ou plusieurs consommateurs sans couplage avec le réseau (par exemple, les montres ou les calculatrices solaires). Un dispositif d'accumulation (la plupart du temps un accumulateur) est nécessaire pour les consommateurs qui nécessitent un approvisionnement continu en électricité. La batterie renchérit le prix du courant de l'ordre de Fr. 1.–/kWh.
- Dans le cas des installations photovoltaïques raccordées au réseau, le courant solaire produit par les modules est injecté dans un réseau électrique public par le biais d'un onduleur. On économise ainsi les coûts des batteries.

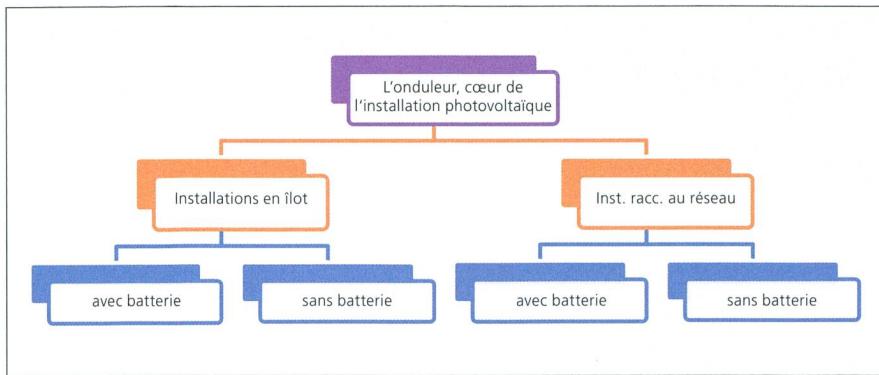


Figure 1: Classement des installations photovoltaïques selon le type de construction.

L'onduleur, avec ses multiples fonctions, peut être considéré comme le cœur de l'installation photovoltaïque. ▼

- ne pas envoyer de courant continu dans le réseau
- avoir un rendement élevé, même en charge partielle
- limiter les pertes à vide
- alimenter la gestion électronique du circuit en courant continu
- être fiable et avoir une durée de vie élevée, comme un équipement électroménager courant (15 à 20 ans)
- fonctionner de façon optimale sur une large plage de rendement
- protéger les deux circuits, continu côté modules et alternatif côté réseau, de l'installation contre les surtensions
- être immunisé vis-à-vis des commandes centralisées du réseau entre 110 Hz et 2 Hz (signaux de commande cyclique)
- être peu sensible à la puissance réactive du réseau
- générer un courant présentant une courbe aussi sinusoïdale que possible
- ne pas parasiter les appareils électriques (radio par ex.) à proximité
- surveiller l'isolation du générateur solaire.

Les types d'onduleurs

Le taux de rendement des modules (panneaux) et la qualité de l'onduleur sont deux facteurs décisifs pour la rentabilité de l'installation. Les onduleurs se répartissent en trois groupes :

• **Onduleurs string et multistring** : les onduleurs string sont le plus souvent monophasés et servent à injecter dans le réseau le courant de modules uniques ou en faible nombre. Les onduleurs multi-string possèdent plusieurs contrôleurs MPP (MPP=Maximum Power Point, point de puissance maximale sur les courbes caractéristiques d'une cellule solaire, soit les points où la cellule fournit sa performance maximale) et peuvent ainsi gérer et équilibrer l'injection du courant produit par plusieurs séries (« string ») de modules (différentes par leur taille, leur exposition

au rayonnement, la température, le type de cellules).

- **Onduleurs centraux** : relativement grands, ils ne sont utilisés que sur des installations de plus de 100 kWc (kilowatt-crête = kilowatt-peak, kWp).
- **Micro-onduleurs** : il s'agit d'onduleurs intégrés aux panneaux solaires. Leur rendement est moindre que celui des onduleurs string. Du coup, on les trouve encore rarement sur les grandes installations.

Onduleurs et technique des circuits

Les onduleurs avec ou sans transformateur ont des caractéristiques différentes. Les transformateurs des premiers cités disposent d'une séparation galvanique qui fait barrière entre le circuit continu et le réseau alternatif. Ces appareils peuvent être mis à la terre, ce qui évite les courants de fuite dans l'installation. Le transformateur occasionne certains coûts et réduit de 2 % ou 3 % le rendement de l'appareil. En échange de quoi les onduleurs à transformateur sont mieux cotés question sécurité.

Les onduleurs sans transformateur ont toutefois le vent en poupe. Ils sont devenus plus sûrs, grâce à des dispositifs comme les contrôleurs de mise à terre ou les interrupteurs à courant de défaut (FI).

Compatibilité entre modules et onduleur

En Allemagne, l'Institut Fraunhofer pour les systèmes d'énergie solaire (ISE) a testé la compatibilité des onduleurs avec chaque type de module. D'après l'ISE, il n'y a aucun lien entre la dégradation des modules cristallins conventionnels et l'onduleur utilisé (voir figure 1). Des problèmes peuvent survenir avec les nouveaux modules cristallins et les modules à couche ultrafine. On consultera le fabricant des modules et le fournisseur de l'onduleur pour s'assurer que les deux



composants soient parfaitement compatibles.

Le nombre d'onduleurs à installer dépend de la pente du toit, de l'inclinaison des modules, de même que de la capacité de l'installation. Si tous les modules bénéficient d'un rayonnement solaire identique, un seul onduleur suffit. Par contre, si les modules occupent des positions différentes sur les parties d'un toit, il est recommandé d'installer un onduleur pour chaque groupe de modules, respectivement chaque pan de toit.

Particularités à surveiller

Dans l'agriculture, les onduleurs fonctionnent dans un milieu qui diffère souvent de celui d'autres sites. Le système de refroidissement de l'onduleur est tributaire de la charge en particules de l'environnement immédiat. Dans une atmosphère poussiéreuse, il faudra parfois renoncer à un refroidissement par air. La présence d'humidité ou de vapeur d'ammoniaque est aussi un critère à considérer à l'achat de l'appareil.

Des défis pour le réseau moyenne tension

La présence d'une multitude de générateurs à énergie renouvelable a des conséquences au niveau du réseau européen interconnecté, et en particulier sur la stabilité du réseau électrique allemand. En temps normal, la fréquence du réseau s'établit à 50,2 Hz. Les variations de



Exemple d'une installation en îlot avec pile: un garde-bétail avec son panneau solaire et sa batterie. L'accumulateur génère des coûts qui peuvent atteindre 40 % de l'investissement (remplacement périodique indispensable). (Photos: Ruedi Hunger)



La même, mais vue de face.

fréquence sont mal supportées par les consommateurs électroniques. Aujourd'hui, le maintien d'une fréquence stable sur le réseau est donc devenu un enjeu primordial. Les onduleurs étaient déjà conçus et installés pour se déconnecter automatiquement au-delà d'une certaine charge. Théoriquement, avec un nombre croissant d'installations solaires, de fortes perturbations pourraient affecter le réseau lors de journées très ensoleillées (temps dégagé sur une grande partie de l'Europe) ou en cas de découplage simultané d'un grand nombre de générateurs photovoltaïques. C'est pourquoi, en Allemagne, la directive relative au courant moyenne tension (« Mittelspannungsrichtlinie ») du 1.1.2009, obligatoire depuis le 1.4.2011, prescrit que les installations de plus de 10 kWc doivent être équipées d'un dispositif de découplage progressif.

Des appareils récents sont déjà équipés en conséquence, à l'image de l'onduleur SolarMax du fabricant suisse Sputnik Engineering SA à Bienne. Il existe aussi des postéquipements pour des appareils déjà en place. Grâce à cette technique, l'installation se déconnecte « en douceur » du réseau en cas d'élévation de la fréquence. La production de courant diminue entre 50,2 et 51,5 Hz. La connection se rétablit à 50,5 Hz. Un tel événement devrait rester très rare. En Suisse, de telles dispositions ne sont pas encore nécessaires.

Une gestion dynamique

L'onduleur doit être en mesure de détecter les microcoupures du réseau et ne pas se découpler de l'installation. Cette ca-

ractéristique est appelée Fault-Ride-Through FRT dans le jargon des électriques. La technologie FRT n'est pas indispensable dans les réseaux basse tension.

Les défis sur le réseau basse tension

En Allemagne, depuis le 1^{er} janvier 2012 et après le délai de transition qui courait jusqu'au 31 décembre 2011, les directives pour le réseau moyenne tension s'appliquent aussi au réseau basse tension. A la grosse différence près que la technologie FRT de gestion dynamique n'est pas obligatoire. C'est l'entreprise qui gère le réseau qui envoie par radio à chaque installation photovoltaïque en service le signal de réduction de production. Un récepteur convertit les signaux en signaux numériques, transmis ensuite à des relais de découplage.

Résumé

Le nombre d'installations solaires photovoltaïques va croissant. Mais la quantité de courant produit fluctue en fonction de l'alternance du soleil et des nuages. Avec un parc d'installations restreint, cette fluctuation n'avait aucune incidence. Dotés de fonctions étendues, les onduleurs peuvent faire face aux variations de fréquence prévisibles. Grâce à ses propriétés techniques, l'onduleur peut être considéré comme le cœur d'une installation photovoltaïque.

Bibliographie: [1] HÄBERLIN; Photovoltaik, éditions electrosuisse; Rapport ART 694/2008 ■

Rendement en énergie solaire	Energie électrique produite
R: Rayonnement	Energie solaire issue du rayonnement, resp. lumière; dépend notamment du site géographique, des conditions météorologiques, de l'orientation de la surface et de l'ombrage.
FO: Facteur d'orientation	Valeur indiquant l'écart par rapport à l'orientation optimale; orientation optimale (abrégé).
TR: Taux de rendement du module %	Capacité de conversion du module. Taux de rendement TR = puissance électrique/rayonnement.
PS: Pertes liées au système %	Pertes dues, en premier lieu, à l'influence de la température, au taux de rendement de l'onduleur, aux câbles et à la réflexion des rayons.
D: Dégradation %	Recul du taux de rendement des modules solaires (en raison, par exemple, du vieillissement).
Influence de la température	Plus la température augmente, plus la puissance diminue; un mode de montage avec aération par derrière limite le réchauffement.
Taux de rendement de l'onduleur et pertes liées aux câbles	Capacité de conversion de l'onduleur du courant continu en courant alternatif conforme au réseau, résistance des câbles.
Réflexion	Pertes par réflexion des rayons au niveau du module.