



Office franco-allemand pour les énergies renouvelables
Deutsch-französisches Büro für erneuerbare Energien



Différences entre les exigences des directives de raccordement pour les onduleurs photovol- taïques en France et en Allemagne

MÉMO

Mai 2015

Auteur : Bernd Kreitmeier, Lab Manager Solar Energy LVD,
Bureau Veritas Consumer Products Services Germany
GmbH

bernd.kreitmeier@de.bureauveritas.com

Contact : Nils Eckardt, chargé de mission solaire, OFAEnR
nils.eckardt.extern@bmwi.bund.de

Soutenu par:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Soutenu par:



Ministère
de l'Écologie,
du Développement
durable
et de l'Énergie

Disclaimer

Le présent texte a été rédigé par un expert externe pour l'Office franco-allemand pour les énergies renouvelables (OFAEnR). Cette contribution est diffusée via la plateforme proposée par l'OFAEnR. Les points de vue énoncés dans la note représentent exclusivement ceux de l'auteur. La rédaction a été effectuée avec le plus grand soin. L'OFAEnR décline toute responsabilité quant à l'exactitude et l'exhaustivité des informations contenues dans ce document.

Tous les éléments de texte et les éléments graphiques sont soumis à la loi sur le droit d'auteur et/ou d'autres droits de protection. Ces éléments ne peuvent être reproduits, en partie ou entièrement, que suite à l'autorisation écrite de l'auteur ou de l'éditeur. Ceci vaut en particulier pour la reproduction, l'édition, la traduction, le traitement, l'enregistrement et la lecture au sein de banques de données ou autres médias et systèmes électroniques.

L'OFAEnR n'a aucun contrôle sur les sites vers lesquels les liens qui se trouvent dans ce document peuvent vous mener. Un lien vers un site externe ne peut engager la responsabilité de l'OFAEnR concernant le contenu du site, son utilisation ou ses effets.

Introduction

L'onduleur transforme la tension continue des cellules photovoltaïques en tension alternative, laquelle est ensuite injectée dans le réseau public. Dans les premiers temps, les onduleurs utilisés pour cette fin étaient relativement simples sur le plan technique et présentaient un taux de rendement assez faible. Les seules exigences pour la compatibilité-réseau concernaient les perturbations sur les courants harmoniques. À partir de 2005, le taux de rendement est devenu un argument de vente de plus en plus important et la concurrence parmi les fabricants d'onduleurs photovoltaïques a gagné en intensité.

Ce n'est que depuis l'introduction de la directive moyenne tension BDEW de 2008 et de la norme VDE-AR-N 4105 de 2011 que des exigences plus étendues relatives au soutien au réseau ont été mises en place. Leur apparition a contraint de nombreux fabricants à développer de nouveaux appareils ou à modifier de façon significative les onduleurs existants.

Les fabricants distribuent fréquemment leurs onduleurs par le biais de fournisseurs de systèmes qui livrent les appareils dans différents pays. Par conséquent, il est important que ces derniers respectent les exigences de tous les pays européens et que les paramétrages spécifiques exigés dans chaque pays puissent être effectués lors de l'installation.

I. Développement des exigences pour le raccordement au réseau basse tension en Allemagne depuis 2006

C'est avec la publication en février 2006 de la norme DIN V VDE V 0126-1-1 qu'est apparue pour la première fois en Allemagne une exigence normative concernant les onduleurs photovoltaïques. La norme comprend aussi bien des obligations relatives à la protection des personnes qu'à la protection du réseau.

Les exigences concernant la protection des personnes se rapportent aux onduleurs photovoltaïques sans séparation galvanique. Leur but est d'éviter les courants dangereux pour les personnes lors de défauts d'isolation sur l'installation photovoltaïque. Sur un onduleur sans séparation galvanique, la tension continue de l'installation est couplée au réseau grâce à l'électronique de puissance. Ceci signifie que le potentiel électrique de l'installation photovoltaïque reste toujours égal au potentiel de terre. Ainsi, si des dommages sur l'isolation des cellules photovoltaïques ou sur les câbles se produisent, les courants dangereux peuvent se décharger vers la terre. Sur un onduleur avec séparation galvanique, le potentiel de l'installation photovoltaïque n'est pas en rapport avec la tension du réseau et l'existence d'un défaut d'isolation unique de l'installation ne générerait pas de courants dangereux. Dans ce cas, les mécanismes de surveillance requis consistent en un contrôle de l'isolation avant la synchronisation de réseau, c'est-à-dire du couplage de l'onduleur au réseau, et une surveillance du courant de fuite pendant le fonctionnement. Comme cette dernière revêt une importance cruciale pour la protection des personnes, cette surveillance doit se conformer aux exigences relatives à la sécurité de défaut unique. La sécurité de défaut unique signifie que l'apparition d'un seul défaut ne doit pas entraîner la perte de la fonction de sécurité.

Une surveillance de tension et de fréquence est définie pour la protection du réseau. Une surveillance de la composante continue du courant alternatif est requise pour la protection contre des composantes continues trop élevées dans le réseau public. Une composante continue trop élevée du courant alternatif peut entraîner une saturation et, par suite, une surchauffe des transformateurs des réseaux locaux. Cette exigence est supprimée lorsque la sortie de l'onduleur photovoltaïque est équipée d'un transformateur basse fréquence. La mesure de la tension et de la fréquence doit être exécutée en tenant compte de la sécurité de défaut unique.

L'exigence relative au dispositif de découplage avec sécurité de défaut unique et à l'identification de réseaux en îlotage sert aussi bien à la protection du réseau qu'à celle des personnes. Lors du découplage de l'installation de production du réseau public, il faut veiller à ce que l'onduleur photovoltaïque se coupe et qu'une séparation galvanique sûre avec l'installation photovoltaïque soit bien assurée. L'exploitation en îlotage, comme pour des alimentations sans coupure, est interdite sans dispositifs de protection supplémentaires. Un fonctionnement en îlotage pourrait avoir pour conséquence que certaines parties de l'installation ou du réseau électrique public restent sous tension alors qu'elles devraient être coupées. Une surveillance de tension triphasée peut servir de détection d'îlotage lorsque l'onduleur n'injecte que du courant monophasé ou lorsque chaque phase est régulée indépendamment des autres, de sorte que différentes positions de phase peuvent apparaître entre les courants injectés. Une autre possibilité est une détection de réseau en îlotage vérifiée par un circuit oscillant. Ce dernier doit simuler un incident de gravité maximum sur un réseau en îlotage. Habituellement, on utilise à cet effet un procédé de décalage de fréquence par lequel l'onduleur tente activement de décaler la fréquence du réseau afin d'obtenir une séparation du fait de ses propres limites de fréquence, ce qui déclenche un découplage. Une troisième possibilité consiste à effectuer une mesure d'impédance. Pour certaines méthodes de mesure dans ce sens, une impulsion de courant est imprimée au réseau public. L'impédance du réseau est mesurée à l'aide de cette impulsion. En présence d'un réseau en îlotage, l'impédance de réseau se modifie brusquement. Cette modification est détectée et entraîne le découplage. Cette méthode n'est aujourd'hui plus autorisée pour la détection des réseaux en îlotage car elle générerait des signaux parasites sur le réseau.

Du fait de l'augmentation importante du nombre d'onduleurs photovoltaïques installés pour la basse et la moyenne tension, les quantités d'énergie injectées sont devenues critiques pour le système. Une nouvelle problématique a alors émergée sous le nom du « problème 50,2 Hz ».

I.a Le problème 50,2 Hz

La norme VDE 0126-1-1 de 2006 exige une limite de découplage de surfréquence pour 50,2 Hz. Cette exigence résulte de l'exploitation avec des systèmes d'alimentation de secours. Ces derniers sont des générateurs garantissant l'alimentation et qui sont utilisés lors de la maintenance sur les réseaux publics lorsque le transformateur du réseau local est coupé du réseau moyenne tension par exemple. Ils font passer la fréquence à plus de 50,2 Hz, déclenchant ainsi un découplage des installations photovoltaïques. Ceci permet de vérifier que les installations d'autoproduction n'injectent pas de courant dans les systèmes d'alimentation de secours.

Toutefois, du fait de la production volatile des énergies renouvelables, les variations de fréquence sur le réseau se font plus importantes. Si la fréquence du réseau dépassait 50,2 Hz, plusieurs gigawatts d'énergie photovoltaïque auraient été coupés simultanément, compromettant ainsi la stabilité du réseau d'interconnexion européen.

Afin de prévenir ce risque, le FNN (Forum Netztechnik / Netzbetrieb im VDE) a publié un document intitulé « Conditions-cadres pour un régime transitoire en vue du contrôle de la puissance réelle d'installations photovoltaïques en fonction de la fréquence sur le réseau basse tension » (*Rahmenbedingungen für eine Übergangsregelung zur frequenzabhängigen Wirkleistungssteuerung von PV-Anlagen am NS-Netz*). Ce document, publié en mars 2011, réclamait soit un découplage avec équirépartition dans la plage de 50,2 à 51,5 Hz, soit une « réduction de la puissance réelle en fonction de la fréquence », conformément à la directive moyenne tension BDEW. L'augmentation de la fréquence du réseau est le fait d'un excédent de puissance réelle produite sur le réseau interconnecté européen vis-à-vis de la puissance soutirée. La réduction automatique de la puissance réelle en fonction de la surfréquence permet de contrer automatiquement cet excédent de puissance réelle.

Toutes les installations photovoltaïques en Allemagne ont dû être mises à niveau. Pour les nouvelles installations sur le réseau moyenne tension, les exigences relatives aux limites de fréquences ou à la réponse en fréquence avaient déjà été définies dans la directive moyenne tension BDEW de 2008.



Afin d'adapter la norme VDE 0126-1-1 aux exigences du document FNN, l'Annexe A1 a été publiée en février 2012.

Les exigences pour la basse tension sont définies dans la norme VDE-AR-N 4105 d'août 2011. Cette règle d'application définit les exigences des installations d'autoproduction sur le réseau basse tension, ainsi que l'observation du raccordement au réseau. Les exigences fixées par cette norme concernent entre autres l'observation des effets rétroactifs de réseau, le comportement relatif à la symétrie, la mise à disposition de puissance réactive et la protection du réseau et des installations. Le dispositif pour la protection du réseau et des installations comprend la partie de la surveillance de tension et de fréquence avec sécurité de défaut unique, ainsi qu'une règle pour le découplage ainsi que pour la détection de réseaux en îlotage avec sécurité de défaut unique. La mesure d'impédance n'est plus autorisée pour la détection de réseaux en îlotage, car les méthodes utilisées génèrent des perturbations qui sont parfois trop importantes. En outre, cette norme exige une réduction de puissance en fonction de la fréquence et définit des conditions de réenclenchement.

La conformité des unités d'autoproduction est contrôlée sur la base de la norme DIN VDE V 0124-100 publiée en juillet 2012.

Afin d'adapter la norme VDE 0126-1-1 à l'état actuel de la normalisation, la norme DIN VDE V 0126-1-1 a fait l'objet d'une nouvelle révision en août 2013. Les contenus ne sont plus en contradiction avec la norme VDE-AR-N 4105, ni avec la norme de produit pour la sécurité électrique des onduleurs photovoltaïques (EN 62109-1 /-2). Lors des contrôles, cette nouvelle version fait référence soit à la norme VDE 0124-100, soit à la norme EN 62109-2. Par rapport à la norme VDE 0126-1-1 de 2006, les exigences relatives à la surveillance d'isolation ont été adaptées à la norme EN 62109-2 aussi bien pour les onduleurs sans transformateur que pour les onduleurs avec séparation galvanique. L'unique exception reste la reconnaissance de la composante continue du courant alternatif. La question du soutien au réseau et de la tenue de la tension n'est pas considérée dans la version actuelle.

Les normes mentionnées ne se rapportent pas aux exigences liées à l'installation, comme par exemple celles qui concernent l'installation de dispositifs de protection ou le mode de pose des lignes. En Allemagne, c'est la norme VDE 0100-712 qui doit être prise en compte à cet égard.

II. Développement des exigences en France

En France, la norme VDE 0126-1-1 de 2006 a d'abord été acceptée directement et est restée en vigueur jusqu'à la publication de la norme UTE C 15-712-1 en juillet 2010. Cette dernière comprend avant tout les exigences relatives à l'installation et, à quelques différences près, fait référence à la norme VDE 0126-1-1 pour les exigences concernant l'onduleur photovoltaïque.

Ces différences concernent les exigences relatives à la surveillance de l'installation. Un onduleur photovoltaïque sans transformateur, tel que défini par la norme VDE 0126-1-1, est conforme lorsqu'il est exploité sans installation photovoltaïque mise à la terre. Une mise à la terre (fonctionnelle ou directe) n'est autorisée que lorsque l'onduleur photovoltaïque dispose d'une séparation galvanique interne. Après la version 2006 de la norme VDE 0126-1-1, la surveillance de l'isolation d'appareils avec séparation galvanique n'a plus été soumise à des exigences, puisque ces appareils restent sûrs en cas de défaut unique. En raison de la longue durée de vie prévue et de l'emplacement exposé des cellules photovoltaïques, il existe un risque élevé que plusieurs défauts se produisent sur l'isolation de l'installation. Les exigences de la norme UTE C 15-712-1 sont encore plus strictes et requièrent également une surveillance de l'isolation pour les appareils avec séparation galvanique. En cas de défaut d'isolation, l'onduleur photovoltaïque peut rester couplé au réseau, mais l'utilisateur doit signaler le défaut. Cette exigence a également été intégrée à la norme EN 62109-2.

En juillet 2013, la norme UTE C 15-712-1 a fait l'objet d'une révision. Désormais, la référence à la norme VDE 0126-1-1 comprend également l'Annexe A1. En France, le « problème 50,2 Hz » a été traité dans le document intitulé « Protections des installations de production raccordées au réseau public de distribution - ERDF-NOI-RES_13E ». Ce document inclut les normes VFR 2013 et VFR 2014. Celles-ci prévoyaient que toutes les nouvelles installations photovoltaïques se découplent à 50,4 Hz, en 2013 et à 50,6 Hz en 2014. De cette manière, un découplage avec équirépartition devait être obtenu en cas de surfréquence pour la masse des installations.

II.a Formation d'îlotages

La décision visant à établir la solution décrite ci-supra s'appuie sur le risque de la formation d'îlotages sur des systèmes avec réduction de la puissance en fonction de la fréquence. Sur le réseau public, il existe deux facteurs permettant de déterminer l'équilibre énergétique. À cet égard, il est préférable de considérer la tension localement. Dans le cas d'une augmentation de fréquence, on peut considérer qu'il s'agit d'une offre excédentaire de puissance. Dans le cas d'un découplage du réseau moyenne tension, des installations d'autoproduction dispersées peuvent constituer un réseau en îlotage sur une grande zone, qui pourrait ne pas être perçu par la détection d'îlotage intégrée. Dans ce cas, une réduction de puissance liée à la fréquence aurait pour effet d'augmenter la stabilité de ce réseau en îlotage, apparu de façon non intentionnelle. À l'inverse, un découplage direct pour cause de surfréquence entraînerait un effondrement relativement rapide d'un tel réseau en îlotage.

La norme UTE C 15-712-1 soumet également les onduleurs photovoltaïques à un contrôle mécanique qui ne représente a priori pas un obstacle pour un appareil conforme à la norme EN 62109-1.

En ce qui concerne les exigences pour onduleurs photovoltaïques sans transformateurs, la norme VDE 0126-1-1:2006, avec l'A1:2012, est en contradiction avec la norme EN 62109-2 quant aux exigences relatives à la surveillance de l'isolation avant le démarrage de l'appareil. Par conséquent, la norme UTE C 15-712-1 se trouve également en contradiction avec la norme EN 62109-2. Afin de résoudre ce conflit, la nouvelle révision de la norme UTE C 15-712-1 renvoie à la norme VDE 0126-1-1 de 2013. (Informations datant de décembre 2014)

Les appareils développés pour le marché allemand sont toujours en conformité avec le marché français en ce qui concerne les exigences relatives à la sécurité électrique et à la protection du réseau. Les exigences particulières pour les installations photovoltaïques mises à la terre sont des exceptions qui doivent être prises en compte. Comme la plupart des nouveaux développements concernent des appareils sans séparation galvanique, cette question n'est que rarement pertinente. Pour le certificat de conformité de la réglementation VFR, une déclaration établissant que les limites de fréquence peuvent être réglées en conséquence est requise.

III. Développements futurs des normes

L'harmonisation en Europe concerne également les directives de raccordement au réseau. Depuis la publication de la norme EN 50438:2007, il existe des exigences européennes pour le raccordement au réseau d'appareils jusqu'à 16 A par phase. Tout comme la norme qui lui a fait suite et qui a été publiée en 2013, celle-ci contient une dérogation pour de nombreux pays, comme par exemple la VDE 0126-1-1, puis la VDE-AR-N 4105 pour l'Allemagne.

Le document « *Requirements for Generators* » de l'association européenne des gestionnaires de réseaux de transport électriques interconnectés (ENTSO-E), constitue une autre approche pour l'harmonisation. Il définit des exigences minimales pour tous les types d'installations de production d'électricité raccordées au réseau. Ces exigences sont

mises en oeuvre par la TS EN 50549. Toutefois, cette norme est une spécification technique et ne revêt donc pas un caractère obligatoire.

L'objectif de la normalisation européenne est l'établissement de documents qui peuvent être appliqués à tous les types d'unités de production, indépendamment de la source d'énergie primaire. Sur la base des normes, on procède à un contrôle des paramètres maximums, afin de déterminer si les appareils sont conformes à toutes les exigences dans les pays européens. À l'avenir, il ne sera pas possible d'éviter que les appareils requièrent des réglages différents en fonction du pays, puisque les installations en place doivent être adaptées aux compréhensions de la protection variant parfois de façon importante selon le gestionnaire de réseau.

L'avantage de la normalisation réside dans une définition claire des exigences auxquelles un producteur d'électricité doit se conformer. Elle simplifie le développement des appareils et permet leur vente dans toute l'Europe. Seule une sélection du jeu de paramètres spécifique au pays est alors nécessaire lors de l'installation.