

## **Note Technique**

# **Aspects de sécurité électrique relatifs aux kits photovoltaïques en autoconsommation**

### **Contexte**

Les kits photovoltaïques à installer soi-même permettent à ceux qui le souhaitent de devenir autoconsommateurs de manière abordable et démocratise ainsi l'accès à l'énergie photovoltaïque. Leur objectif n'est donc pas de maximiser la puissance installée mais plutôt de couvrir une partie de la base de la consommation d'un foyer avec une énergie renouvelable et locale.

Ces kits photovoltaïques, par leurs puissances modestes, ont vocation à compléter la gamme des installations solaires et peuvent constituer un premier pas vers des installations solaires en toitures de puissances plus importantes typiquement de 3 à 9 kWc.

La commercialisation de kits photovoltaïques d'autoconsommation se développe rapidement en France et encore davantage à l'étranger. La plupart de ces kits est constitué de quelques panneaux solaires connectés sur micro-onduleur avec raccordement sur une prise de courant standard.

En France, aucun document normatif ne traite de ce type de produit sur le plan de la sécurité électrique, bien que l'ensemble des composants le constituant répondent à une norme produit.

L'objet de cette note est d'identifier les caractéristiques et les conditions de mise en œuvre de ces kits pour assurer la protection des personnes et des biens.

### **Définition d'un kit photovoltaïque en autoconsommation**

Un kit photovoltaïque en autoconsommation est un ensemble de composants électriques composé d'un ou plusieurs panneaux solaires, un ou plusieurs micro-onduleurs et éventuellement un boîtier de mesure électrique, pouvant se brancher directement dans un socle de prise domestique 230V afin d'injecter l'électricité solaire produite dans le circuit électrique interne du bâtiment.

Un kit bien conçu est caractérisé par les points techniques suivants :

- Les composants du kit (modules, micro-onduleur et dispositifs de protection) répondent aux exigences des normes :

Pour les modules : NF EN 61215 et NF EN 61730-1et 2

Pour le micro-onduleur : VDE0126-1-1, NF EN 62109 et EN61000-6

Pour le coffret AC: NF EN 61439 ; NF EN 60947-1et 2

- Le raccordement sur le réseau électrique du bâtiment se fait sans modification de l'installation électrique existante
- La partie DC située en amont du ou des micro-onduleur(s) est en **TBTS** (en général à des tensions inférieures à 60 V)
- Le micro-onduleur est conçu pour fonctionner uniquement en **générateur de courant** et dispose d'une protection de découplage intégrée (type VDE 0126-1-1) reconnue par le gestionnaire de réseau. Dans ce cas, il ne peut pas fonctionner en mode ilotage.
- Le kit est dimensionné à une puissance d'injection limitée, afin de satisfaire une **autoconsommation maximale** de la production.
- Le kit photovoltaïque est fourni avec un ensemble de composants répondant chacun à une norme produit

### **Analyse des risques électriques**

A l'heure actuelle, sur le plan normatif au niveau français, le cas des kits photovoltaïques n'est pas explicitement abordé.

En effet, le guide UTE C15-712-1 de juillet 2013 ne s'applique pas aux kits PV (module photovoltaïque avec micro-onduleur associé) comme indiqué dans son domaine d'application (page 6) :

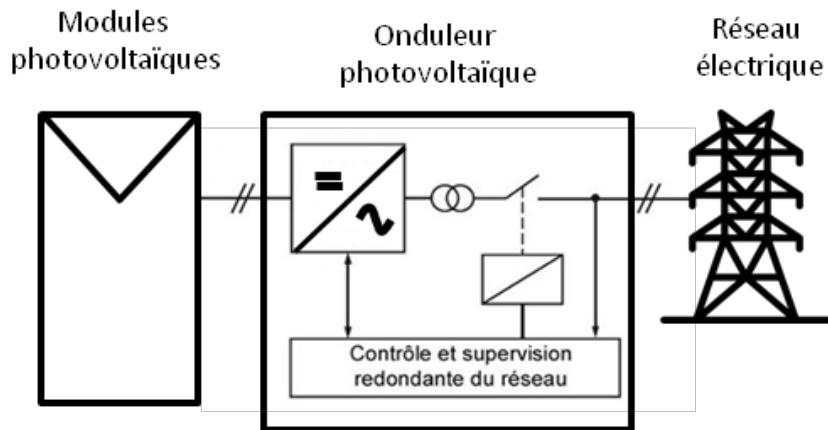
Les modules a.c. (module PV et onduleur associé) ne sont pas pris en compte dans le présent guide. Leur installation est soumise aux règles de la NF C 15-100.

En conséquence, il convient de vérifier que les kits photovoltaïques soient conçus et installés selon les règles de la norme NFC 15-100.

### **Protection de découplage :**

Comme indiqué dans la norme NFC 15-400, le raccordement d'un générateur d'énergie électrique ou d'un appareil pouvant se comporter comme tel dans une installation électrique alimentée par un réseau public de distribution nécessite la mise en œuvre d'une protection de découplage.

La protection de découplage est un dispositif de déconnexion automatique installé comme interface entre un générateur et le réseau public de distribution.



Pour un générateur photovoltaïque, ce dispositif est généralement intégré dans l'onduleur photovoltaïque et déconnecte automatiquement le générateur photovoltaïque du circuit AC :

- Si la tension du réseau est hors tolérance
- Si la fréquence du réseau est hors tolérance
- En cas de risque d'ilotage (alimentation inopinée du générateur PV dans un sous réseau séparé)

Par conception, un onduleur photovoltaïque est un convertisseur qui convertit une tension continue en tension alternative avec une protection de découplage intégrée. Cela signifie qu'une coupure électromécanique est présente entre le convertisseur et la sortie alternative.

A la différence des onduleurs autonomes qui délivrent une tension alternative à partir d'une batterie d'accumulateurs, l'onduleur photovoltaïque fonctionne uniquement en générateur de courant. Il est topologiquement nécessaire de fournir une tension AC de référence externe à l'onduleur pour que celui-ci puisse injecter un courant. Dès que la tension AC disparaît ou se trouve hors tolérance en tension ou fréquence, le relais de découplage s'ouvre et aucune tension n'apparaît en sortie d'onduleur.

Enedis, en tant que gestionnaire du réseau public de distribution, accepte les dispositifs de protection de découplage qui satisfont à la norme VDE0126-1-1. Un certificat de conformité est exigé lors de la déclaration de votre kit photovoltaïque d'autoconsommation auprès d'Enedis.

### Protection contre les contacts directs

#### En courant continu (DC) :

Les kits photovoltaïques sont équipés de micro-onduleurs (module AC) alimentés par les panneaux photovoltaïques dont la tension maximale de tension DC est **inférieure à 60V**.

Le circuit courant relève du domaine de la **TBTS** dans la mesure où le micro-onduleur dispose d'une séparation galvanique entre l'entrée DC et la sortie AC.

De plus, côté DC les modules photovoltaïques et câbles sont de classe II et équipés de connecteurs IP2X ne permettant pas de contacts directs.

En conséquence, il n'y a pas de risque d'électrisation par contact direct sur la partie DC.

## En courant alternatif :

En fonctionnement, les kits photovoltaïques peuvent être raccordés au réseau en sortie de micro-onduleur via un câble type H07RNF de 3 conducteurs, équipé d'une fiche standard elle-même connectée à une prise de courant.

Aucun contact direct n'est possible sur le circuit alternatif, lorsque le kit est branché sur une prise de courant standard.

Dans le cas de micro-onduleur ayant une protection de découplage intégrée répondant à la norme VDE0126-1-1, comme vu précédemment, une fiche mâle avec conducteurs non protégés en sortie du micro-onduleur ne présente de risque électrique pour les personnes en cas de contact direct, y compris lorsque les modules sont ensoleillés.

De même, le fait de couper l'alimentation électrique de l'habitation, entrainera un arrêt de fonctionnement du micro-onduleur et qui redémarrera automatiquement au retour de la tension du réseau

N.B. Mettre en place une prise spécifique pour le branchement d'un kit photovoltaïque pourrait engendrer un risque électrique si cette intervention était réalisée par une personne non compétente.

## Protection contre les contacts indirects

Lorsque le kit photovoltaïque est raccordé au réseau électrique interne de l'habitation via une prise de courant, il se comporte, sur le plan de la protection contre les contacts indirects, comme un récepteur électrique.

Dans le cas où le micro-onduleur est de classe I, la protection contre les contacts indirects est assurée par le dispositif différentiel au niveau du tableau électrique.

Le branchement du kit peut donc s'effectuer sur une prise domestique standard dans la mesure où **le circuit correspondant est protégé par un dispositif différentiel 30mA** tel que défini par la norme NFC 15-100.

## Risque de surcharge

L'injection de courant par une prise, en aval des protections thermiques du tableau électrique n'engendre pas de risque de surcharge des conducteurs tant que la somme du courant solaire injecté ( $I_g$ ) et de la valeur du courant assigné du dispositif de protection ( $I_n$ ) est inférieure au courant maximal admissible des conducteurs électriques ( $I_z$ ) alimentant le circuit des prises de courant.

Il est donc nécessaire de pouvoir garantir que l'équation suivante est toujours respectée :

$$I_z \geq I_n + I_g \quad (1)$$

La norme NFC-15100 définit le courant  $I_z$  pour les différents types de circuits possibles selon les conditions de pose.

Dans les installations résidentielles, on retiendra :

- $I_z = 17,5 \text{ A}$  pour un circuit de prises câblées en  $1,5 \text{ mm}^2$

- $I_z = 24 \text{ A}$  pour un circuit de prises câblées en  $2,5 \text{ mm}^2$

Par ailleurs, la NFC 15-100, précise la valeur du calibre des disjoncteurs de protection selon la section des conducteurs des circuits à protéger.

Section des conducteurs	Courant assigné maximal du disjoncteur
$1,5 \text{ mm}^2$	16 A
$2,5 \text{ mm}^2$	20 A

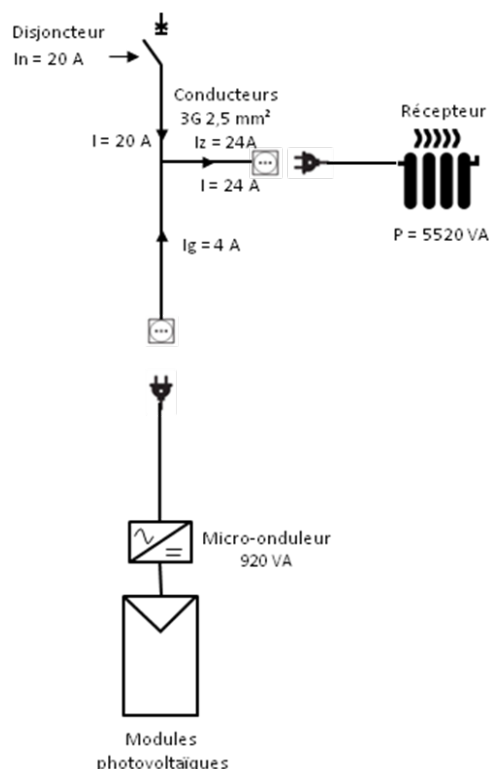
Ainsi d'après l'inégalité (1) :  $I_g \leq I_z - I_n$ , on en déduit les valeurs de puissance maximales des générateurs qu'il est possible de raccorder selon la section des conducteurs et du calibre des disjoncteurs de protection situés à l'origine du circuit.

Section des conducteurs	Courant max admissible ( $I_z$ )	Calibre du disjoncteur ( $I_n$ )	Courant max générateur ( $I_g \leq I_z - I_n$ )	S max générateur ( $I_g \times U_n$ )
$1,5 \text{ mm}^2$	17,5 A	16 A	1,5 A	345 VA
$1,5 \text{ mm}^2$	17,5 A	10 A	7,5 A	1725 VA
$2,5 \text{ mm}^2$	24 A	20 A	4 A	920 VA
$2,5 \text{ mm}^2$	24 A	16 A	8 A	1840 VA

#### Justification :

Prenons le cas d'un circuit de prises de courant alimentés par des conducteurs  $2,5 \text{ mm}^2$  et protégé par un disjoncteur modulaire de 20A. Si un ou plusieurs récepteurs de très forte consommation ( $> 5520 \text{ VA}$ ) étaient branchés sur le même circuit de prises qu'un kit photovoltaïque fournissant une puissance maximale de 920VA, une partie du circuit pourrait être en surcharge et serait non protégée par le disjoncteur de 20A.

En pratique, il est peu probable que sur un circuit de prises de courant, plusieurs récepteurs d'une puissance aussi élevée soient branchés dans la mesure où la plupart des récepteurs de forte puissance ( $> 2 \text{ kW}$ ) ont généralement un circuit dédié (exemples : chauffage électrique, chauffe-eau,...)



### **Détermination de la puissance maximale produite par le kit photovoltaïque :**

Le courant issu d'une production photovoltaïque n'est pas constant et est fonction de l'ensoleillement. Au niveau des modules photovoltaïques, par convention la puissance crête est une puissance théorique définie par un test en laboratoire sous des conditions idéales (1000W/m<sup>2</sup>; AM1,5; T<sub>j</sub>=25°C).

En pratique, l'orientation et l'inclinaison du/des modules par rapport à la course du soleil lors de la journée, la température des panneaux, et l'irradiation solaire sont autant de facteurs qui impactent le courant injecté à la baisse par rapport à la définition de la puissance crête nominale. En pratique, la puissance maximale injectée en sortie d'onduleur est de l'ordre de 80% de la puissance crête des panneaux.

Ainsi la puissance maximale des onduleurs choisis est généralement inférieure à la puissance-crête des panneaux solaires

En pratique, la puissance maximale d'injection à prendre en compte est la plus faible valeur de la somme des puissances crêtes des panneaux solaires et de la somme des puissances des micro-onduleurs.

### **Conclusion :**

En conclusion, le branchement d'un kit photovoltaïque sur une prise de courant standard ne présente pas de danger pour les personnes et les biens aux conditions suivantes :

- le kit est livré avec l'ensemble des composants tels que définis et testés par le fabricant et répondant aux exigences des normes en vigueur
- Une notice de montage et de sécurité est fournie précisant les conditions de mise en œuvre notamment la conformité de la norme NFC 15-100 pour l'installation électrique interne de l'habitation (pas spécifique au photovoltaïque !).

Solarcoop a fait le choix de limiter son offre de kits à des puissances inférieures à 1,5 kWc car au-delà, la mise en œuvre d'installations photovoltaïques par des non professionnels est plus risquée :

- Sur le plan électrique, nécessité d'intervenir au niveau du tableau électrique
- Sur le plan de la pose de panneaux, nécessité de disposer d'une plus grande surface que l'on retrouve plus souvent sur des toitures situées à des hauteurs supérieures à 3m (risque de chutes)
- Sur le plan économique, le surplus très probable est injecté gratuitement dans le réseau et réduit le temps de retour sur investissement.

En conséquence, pour des installations photovoltaïques de puissance supérieures à 1,5 kWc, Solarcoop accompagne les particuliers en les mettant en contact avec de professionnels partenaires ce qui présente les avantages suivants :

- Recours à un professionnel qualifié RGE (Reconnu Garanti de l'Environnement) et habilité pour les travaux en toiture
- Autoconsommation avec possibilité de vente de surplus (10c€/kWh)
- Prime d'autoconsommation dans le cadre de l'obligation d'achat (380 €/kWc si  $P \leq 3$  kWc)
- Taux de TVA de 10% (si  $P \leq 3$  kWc) au lieu de 20%
- Du matériel de qualité posé par des professionnels référencés à des prix raisonnables
- Possibilité d'associer aux onduleurs des dispositifs de pilotage pour augmenter le taux d'autoconsommation