



GUIDE KIT PHOTOVOLTAÏQUE AUTOCONSOMMATION PLUG & PLAY





SOMMAIRE

4	AVANT-PROPOS ET CONTEXTE
6	OBJECTIFS ET CADRAGE DU GUIDE
7	CONTEXTE NORMATIF ET RÉGLEMENTAIRE
7	CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DES KITS PHOTOVOLTAÏQUES D'AUTOCONSUMMATION PLUG & PLAY
7	• Définition technique du kit photovoltaïque plug & play
8	• Composition du kit photovoltaïque plug & play
9	• Exigences techniques relatives aux composants du kit photovoltaïque plug & play
10	• Mise en œuvre et dimensionnement électrique du kit photovoltaïque plug & play
12	RACCORDEMENT AU CIRCUIT ÉLECTRIQUE DU FOYER



ENERPLAN et SER ont fait appel à SGS France, Division Industrial pour l'étude et l'analyse technique du guide* :

« Nous sommes SGS, le leader mondial du testing, de l'inspection et de la certification. Reconnue comme la référence en termes de qualité et d'intégrité, SGS exploite un réseau de plus de 2 600 bureaux et laboratoires à travers le monde et emploie plus de 96 000 collaborateurs travaillant ensemble pour permettre un monde meilleur, plus sûr et plus interconnecté. »

¹ Référence : 2022-DRI-00015/5122.20.100/ML/Rev 2





Avec plus qu'un doublement des puissances installées en 2 ans, l'autoconsommation d'origine photovoltaïque connaît une excellente croissance en France. Au second trimestre 2022, on dénombre ainsi plus d'1 GW cumulé d'installations en fonctionnement. Individuelles ou collectives, en consommation partielle ou totale, l'autoconsommation photovoltaïque sera un contributeur important aux objectifs de déploiement des énergies renouvelables et permettra de réduire la vulnérabilité des ménages équipés vis-à-vis de la hausse des prix de l'énergie.

Les kits photovoltaïques « Plug & Play » sans injection sur le réseau sont une des solutions à la portée des particuliers. De puissance limitée, leur fonction est de couvrir en journée, une part du « talon » des consommations permanentes de la maison (consommation VMC, réfrigérateur, congélateur...). Particulièrement simples à mettre en œuvre, se branchant directement à une prise électrique, accessibles dans plusieurs enseignes de la grande distribution ou commercialisés en ligne et bénéficiant de démarches administratives simplifiées, ils sont un moyen simple d'auto-apprentissage de l'autoconsommation individuelle de l'énergie solaire photovoltaïque.

Cette simplicité de mise en œuvre nécessite toutefois une attention particulière concernant la sécurité électrique intrinsèque des kits solaires. Effectivement, les particuliers ne faisant pas appel à un électricien pour l'installation doivent impérativement disposer de solutions sûres. Nous saluons ainsi la publication de ce guide, développé par les professionnels de la filière et validé par un laboratoire de contrôle qui répond à cette préoccupation. A destination des développeurs de kits PV « Plug & Play » il doit permettre d'atteindre le niveau de sécurité électrique intrinsèque nécessaire au développement attendu pour cette solution.

David MARCHAL
Directeur exécutif adjoint de l'expertise
et des programmes à l'Ademe



Soutenu par :



À l'ADEME - l'Agence de la transition écologique - nous sommes résolument engagés dans la lutte contre le réchauffement climatique et la dégradation des ressources.

Sur tous les fronts, nous mobilisons les citoyens, les acteurs économiques et les territoires, leur donnons les moyens de progresser vers une société économe en ressources, plus sobre en carbone, plus juste et harmonieuse. Dans tous les domaines - énergie, économie circulaire, alimentation, mobilité, qualité de l'air, adaptation au changement climatique, sols... - nous conseillons, facilitons et aidons au financement de nombreux projets, de la recherche jusqu'au partage des solutions. À tous les niveaux, nous mettons nos capacités d'expertise et de prospective au service des politiques publiques.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, du ministère de la Transition énergétique et du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.

Plus d'infos sur : www.ademe.fr



1. AVANT-PROPOS ET CONTEXTE

Dans le cadre de la transition énergétique et écologique en cours et de la prise de conscience croissante de la population de la nécessité de faire évoluer leur pratique de consommation électrique, l'utilisation de l'énergie solaire comme source complémentaire pour la consommation électrique du foyer apparaît comme une réponse qui séduit une part croissante des consommateurs.

Dans le panel des solutions solaires proposées sur le marché, les kits photovoltaïques plug & play, caractérisés par une facilité de mise en œuvre, un coût d'acquisition abordable et un branchement simple dans une prise domestique, sont des solutions qui permettent de faire un premier pas dans le solaire et faire évoluer les habitudes de consommation électrique.

FIG.1 : Exemples de kits photovoltaïques d'autoconsommation plug & play

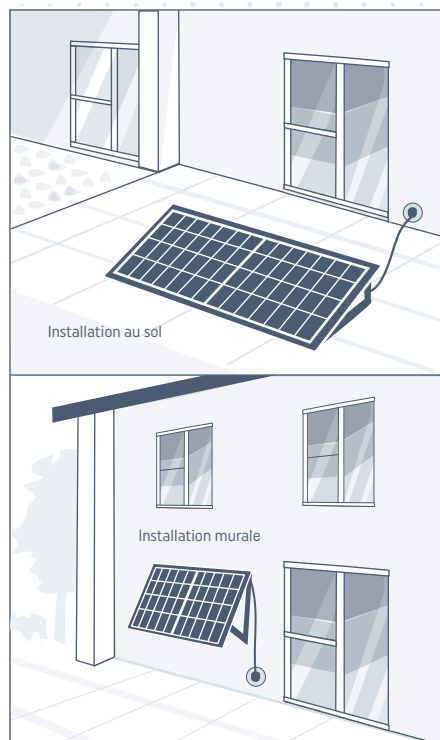
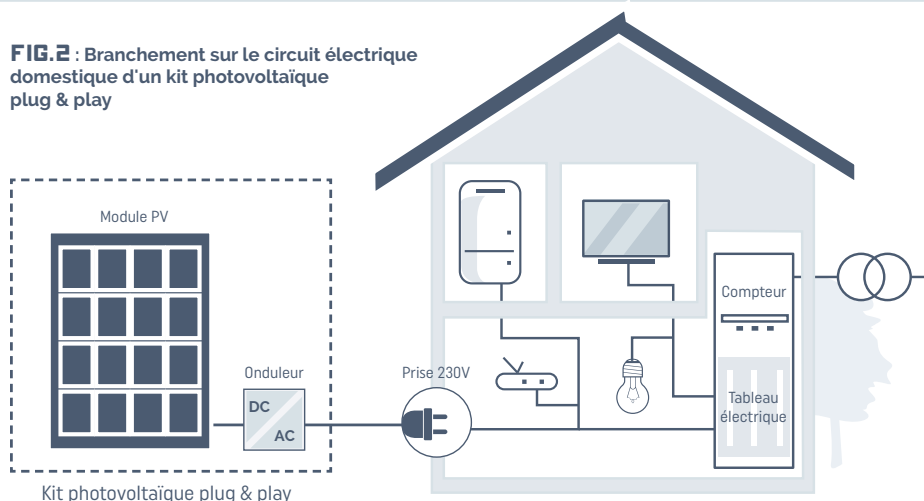


FIG.2 : Branchement sur le circuit électrique domestique d'un kit photovoltaïque plug & play



L'autoconsommation solaire consiste à produire une partie de son électricité grâce à des modules photovoltaïques et la consommer directement pour son propre foyer (figure 2). Cette démarche permet aux consommateurs de s'approprier les enjeux de la transition énergétique à leur échelle grâce à la production d'une électricité verte et locale, et incite à une évolution des habitudes pour tendre vers une consommation d'énergie plus responsable. Sa vertu est donc autant pédagogique qu'énergétique.

FIG.3 : Talon de consommation électrique d'un foyer



Les kits photovoltaïques plug & play sont des solutions solaires directement accessibles aux particuliers et facilement déployables, un avantage pour un premier pas abordable pour ceux désireux de produire une partie de leur électricité grâce au soleil. Ils sont facilement déplaçables pour s'adapter au meilleur emplacement et peuvent suivre leur propriétaire lors d'un déménagement.

La puissance solaire est adaptée pour maximiser l'autoconsommation de la production solaire par le talon de consommation du foyer, défini comme la puissance moyenne totale des équipements électriques qui sont branchés et consomment de manière continue tout au long de la journée.



2. OBJECTIFS ET CADRAGE DU GUIDE

Ce guide a été élaboré par les professionnels de la filière solaire afin que les particuliers disposent d'une solution solaire d'autoconsommation plug & play permettant de justifier d'un niveau de sécurité électrique intrinsèque suffisant sous réserve que les exigences formulées dans ce guide soient respectées.

Il permet de pallier le manque de référentiel normatif¹ et se base sur une analyse des risques électriques en cohérence avec les normes afférentes au périmètre technique et aux interfaces de raccordements électriques existants.

- Ce guide ne traite que des aspects liés à la sécurité électrique, il exclut donc le dimensionnement des modules photovoltaïques et des supports et le type d'implantation du kit photovoltaïque dont les préconisations de montage sont spécifiques à chaque solution et à la charge du fabricant.
- Ce guide ne traite que du raccordement électrique sur le circuit électrique basse tension domestique des kits photovoltaïques plug & play via une fiche et un socle de prise de courant.
- Ce guide est valable sous réserve que le circuit électrique domestique sur lequel est raccordé le ou les kit(s) photovoltaïque(s) plug & play soit conforme aux exigences réglementaires de l'arrêté du 3 août 2016 portant réglementation des installations électriques des bâtiments d'habitation.



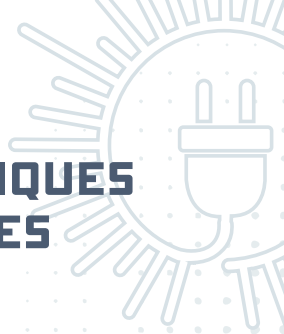
3. CONTEXTE NORMATIF ET RÉGLEMENTAIRE

Ce guide a été écrit en cohérence avec le corpus réglementaire rappelé en annexe A et s'est appuyé sur les normes listées en annexe B.

¹ La limite du champ d'application de la NFC15-100 s'arrête au socle de la prise de courant et le guide C 15-712-1 exclut les solutions sur micro-onduleurs de son périmètre technique.



4. CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DES KITS PHOTOVOLTAÏQUES PLUG & PLAY

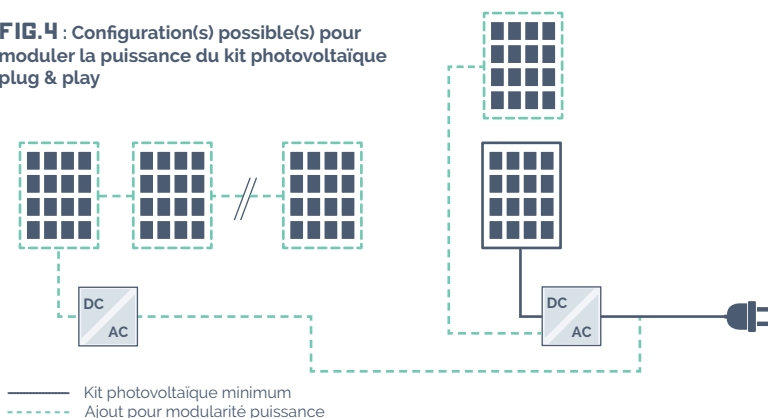


4.1 Définition technique du kit photovoltaïque plug & play

Ce guide ne traite que des kits photovoltaïques plug & play répondant aux caractéristiques techniques suivantes :

- **Tension DC module(s) photovoltaïque(s)** : la tension DC en circuit ouvert (U_{oc}) du module ou des modules en série **est inférieure à 120V DC** qui correspond à la limite haute de la TBT (Très Basse Tension).
- **Micro-onduleur générateur de courant avec système de protection anti-ilottage intégré** : le micro-onduleur doit se synchroniser avec la tension AC du réseau basse tension afin de pouvoir injecter du courant dans le réseau domestique du foyer. Le kit photovoltaïque d'autoconsommation plug & play n'est pas conçu pour fonctionner en mode ilottage, c'est-à-dire générer une tension électrique 230V 50Hz locale et indépendante du réseau national basse tension.
- **Câble de branchement AC avec prise mâle 2P+T 230V 16A** : le branchement au réseau du kit photovoltaïque plug & play s'effectue via une prise domestique 230V 16A standard, sans ajout de canalisations fixes.
- **Modularité de puissance possible** : possibilité d'ajouter et de combiner plusieurs kits photovoltaïques en parallèle sur le réseau AC 230V en aval de la prise de courant, dans les limites de puissance et des règles de branchement définies figure 4.

FIG.4 : Configuration(s) possible(s) pour moduler la puissance du kit photovoltaïque plug & play



4.2 Composition du kit photovoltaïque

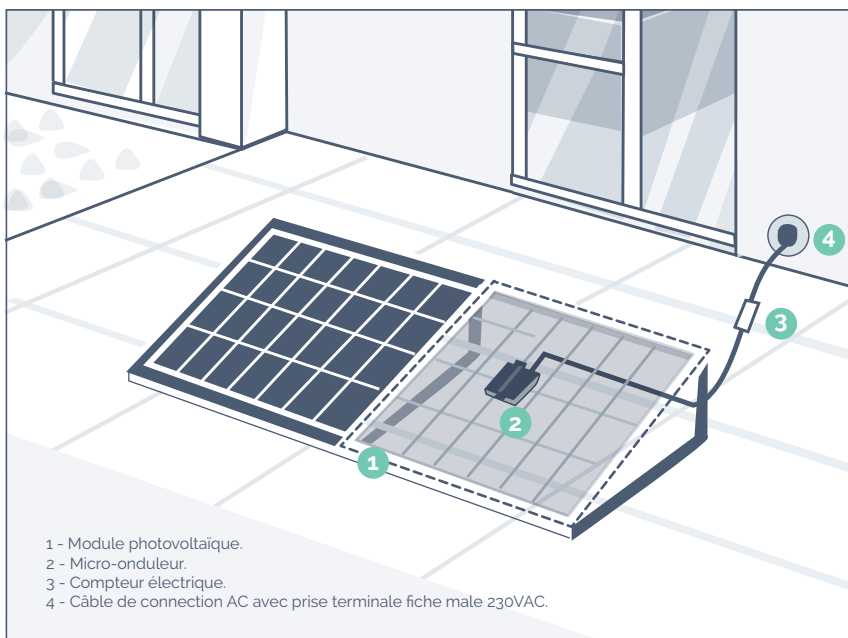
Un kit photovoltaïque plug & play se compose des éléments suivants :

- un ou plusieurs module(s) photovoltaïque(s) munis de connecteurs DC.
- un micro-onduleur monté sur un module photovoltaïque ou un des supports.
- un câble de connexion AC entre le micro-onduleur et la prise murale standard de la maison.

Il est possible de compléter le cas échéant avec les éléments suivants :

- un compteur d'énergie solaire indicatif de l'énergie produite.
- un ou des connecteurs AC permettant de relier plusieurs kits photovoltaïques plug & play entre eux.

FIG.5 : Description et composition du kit photovoltaïque plug&play



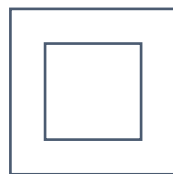
4.3 Exigences techniques relatives aux composants du kit photovoltaïque plug & play

Les différents appareils électriques composant le kit photovoltaïque plug & play doivent respecter leur(s) norme(s) produit(s) données en Annexe B et respecter les critères techniques spécifiques détaillés ci-dessous :

■ Modules photovoltaïques :

- Les modules photovoltaïques doivent être de classe de sécurité II au sens de la norme EN 61140.
- Les modules photovoltaïques doivent être compatibles avec le système de fixation choisi et leur mise en œuvre doit respecter les préconisations de montage du fabricant.

FIG. 6 : Symbole class II



■ Onduleur :

- L'onduleur doit être équipé d'une protection interne anti-ilotage conforme à la norme DIN VDE 0126-1-1, avec des réglages des seuils de déconnexion imposés par le gestionnaire de réseau².
- L'onduleur doit avoir un système de fixation prévu pour être monté à proximité d'un des modules photovoltaïques du kit, soit sur son cadre, soit sur le support de fixation.
- L'onduleur doit avoir un indice de protection à l'étanchéité au moins égal à IP44 et de préférence supérieur à IP65 pour assurer une bonne durabilité dans le temps.
- L'onduleur doit avoir des connecteurs AC de degré de protection IP2X ou IPXXB afin qu'aucune tension dangereuse ne soit accessible lorsque le kit est branché et sous tension. Dans le cas où une ou plusieurs des sorties AC de l'onduleur ne serait(en)t pas connectée(s), ces sorties doivent être protégés contre les contacts directs.
- L'onduleur doit avoir une isolation galvanique entre les parties AC et DC.
- L'onduleur peut avoir plusieurs circuits DC en entrée, afin de gérer plusieurs modules photovoltaïques indépendamment et tirer le maximum de la puissance du système.

² Ces exigences sont disponibles dans les formulaires de convention d'autoconsommation établis par le gestionnaire de réseau.

■ Câblage et connecteurs :

- Les connecteurs DC doivent être IP2X.
- La fiche AC doit être de type 2P+T 16A avec IP44 minimum.
- Le type de câble AC doit être compatible avec une exposition à un environnement extérieur permanent.
- La section des 3 conducteurs du câble AC doit être compatible avec la puissance maximale autorisée par le guide d'utilisation du kit photovoltaïque plug & play et doivent respecter les sections minimales suivantes :

Courant photovoltaïque maximal autorisé [A]	Section minimale requise par conducteur [mm²]
< 6A	0.75mm² cuivre
> 6A et < 8A ³	1mm² cuivre

4.4 Mise en œuvre et dimensionnement électrique du kit photovoltaïque plug & play

■ Définitions utiles :

- **STC** : conditions normalisées⁴ des tests des caractéristiques électriques d'un module photovoltaïque
- **Uoc-stc** : Tension DC en boucle ouverte nominale de la chaîne de modules photovoltaïques en condition STC
- **Uoc_max** : Tension DC maximale en boucle ouverte. Dans la pratique on prendra $U_{oc_max} = 1,2 \times U_{oc_stc}$, afin de prendre en compte l'augmentation de la tension en boucle ouverte à basse température (-10°C en référence de dimensionnement).
- **Umpp-stc** : Tension DC à la puissance maximale en condition STC
- **Isc-stc** : Courant DC de court-circuit nominal de la chaîne de modules photovoltaïques en condition STC
- **Impp-stc** : Courant DC à la puissance maximale en condition STC

³ En cohérence avec les travaux réalisés pour les IRVE (Infrastructure de Recharge des Véhicules Electriques) et synthétisés dans la norme NF 61-314 Mai 2017, il n'est pas recommandé de faire circuler plus de 8A RMS en continu dans une fiche et un socle de prise.

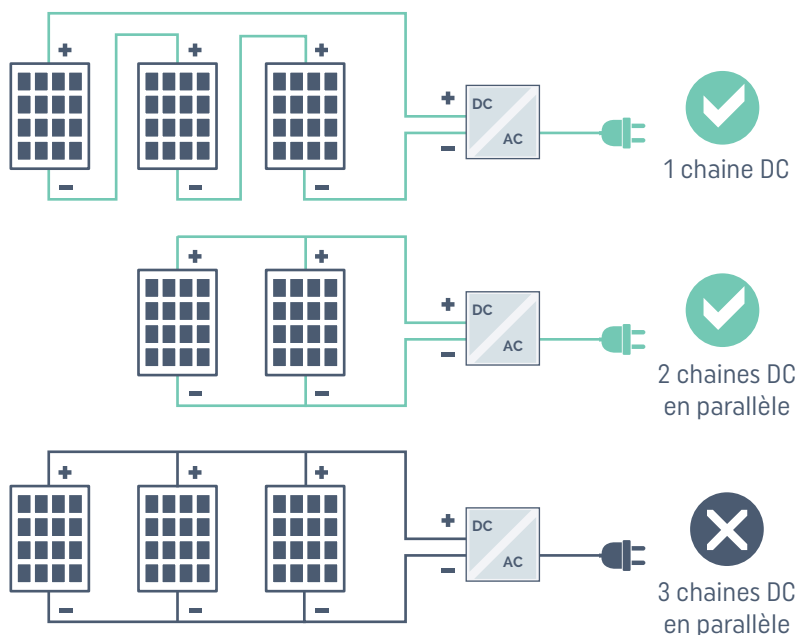
⁴ Norme NF EN 61215 (1000W/m² – 25°C – AM1.5)

Afin de constituer un ensemble cohérent, correctement dimensionné et parfaitement sécuritaire, la conception du kit photovoltaïque plug & play doit respecter les exigences de dimensionnement et de mise en œuvre décrites ci-dessous :

■ Dimensionnement électrique :

- Le kit photovoltaïque plug & play ne doit comporter qu'une ou deux chaînes identiques de modules photovoltaïques par entrée DC micro-onduleur. Cette prescription technique permet d'éviter l'ajout de systèmes de protection contre les surintensités DC.

FIG. 7 : Schéma électrique simple qui montre la différence entre 1 seule et plusieurs chaînes PV



- La tension DC maximale admissible à l'entrée de l'onduleur doit être compatible à la tension en circuit ouvert maximale de la chaîne de modules photovoltaïques (U_{oc_max}).
- Aucune tension DC supérieure à 120V DC dans le système entre deux parties actives du kit photovoltaïque ou entre une partie active et la terre.

- La section de tous les câbles DC des modules photovoltaïques d'une même chaîne doit être identique.
- Les sections des éventuelles rallonges DC entre deux modules photovoltaïques ou entre un module photovoltaïque et le micro-onduleur doivent être supérieures ou égales à la section des câbles DC du ou des modules photovoltaïques de la chaîne.
- La longueur maximale de la chaîne de câble DC doit être compatible avec une chute de tension DC maximale de 3% de la tension $U_{mpp-stc}$ calculée avec un courant $I_{mpp-stc}$ à la température maximale de l'âme du câble en condition de service.
- Le guide d'utilisation du kit photovoltaïque plug & play doit indiquer la puissance AC totale maximale autorisée en aval de la fiche AC.

■ Protection contre les surtensions d'origine atmosphérique

La longueur des câbles DC et AC du kit photovoltaïque étant petite devant la longueur critique⁵, il n'est pas nécessaire de prévoir de protection spécifique contre les effets induits de la foudre.

Pour la protection des effets de la foudre sur la partie AC en provenance du réseau, on pourra se référer aux dispositions de la Partie 4-44 – Protection contre les perturbations de tension et les perturbations électromagnétiques, ainsi que ceux de la Partie 5-53 – Appareillage de la NFC 15-100.

On notera que la présence ou non d'un kit photovoltaïque plug & play est indépendant des stratégies de protection contre les surtensions d'origine atmosphérique pour le réseau électrique domestique.



5. RACCORDEMENT AU CIRCUIT ÉLECTRIQUE DU FOYER

Afin de raccorder le kit photovoltaïque plug & play en toute sécurité il est nécessaire de respecter l'ensemble des règles suivantes :

⁵ Telle que définie dans le C15 712-1 au §13, la longueur minimale critique en France pour une installation dans des locaux d'habitation individuel est de 26m.



- Le kit photovoltaïque doit être branché sur un réseau électrique avec un schéma de liaison à la terre de type TT uniquement⁶.
- Le branchement doit se faire sur un socle de prise murale 230V AC 16A 2P+T, de degré de protection IP44 minimum si celle-ci est soumise aux intempéries.
- La prise murale 230V AC 16A doit être reliée à la terre principale de la maison.
- Le circuit électrique sur lequel la prise murale 230V 16A est reliée doit être protégé en amont dans le tableau électrique par un interrupteur différentiel 30mA et un disjoncteur ou par un disjoncteur différentiel 30mA.
- Le branchement sur une multiprise mobile est à exclure.
- Les modules photovoltaïques sont de classe II, la mise à la terre dans un circuit TBTS ne se justifie pas dans les environnements sécurisés⁷.
- Le courant maximum solaire injecté dans un circuit électrique, par une ou plusieurs prises électriques d'un même circuit électrique, doit respecter la limitation suivante :

$$I_g + I_n \leq I_z$$

Avec pour définitions :

I_g : Courant solaire maximal

I_n : Courant assigné du dispositif de protection du circuit terminal

I_z : Courant admissible des conducteurs du circuit terminal

Dans la pratique, pour les circuits électriques d'alimentation de prises de courant dimensionnés et câblés suivant la norme d'installation électrique NFC15-100⁸, la puissance électrique photovoltaïque injectée au maximum par circuit électrique est donnée par le tableau ci-dessous :

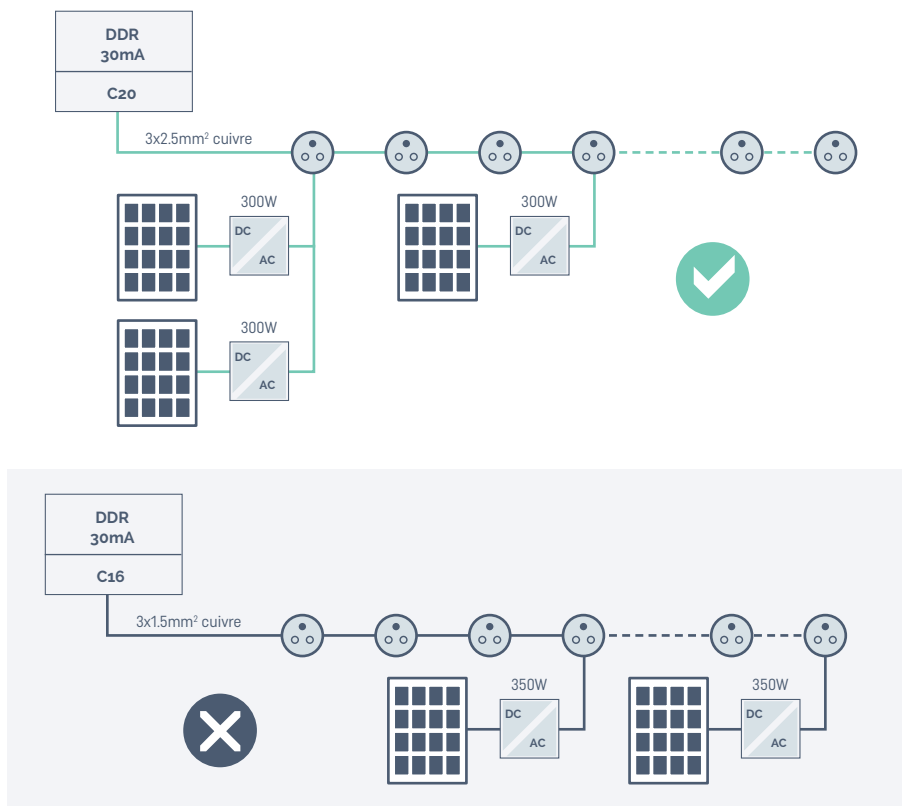
Type câblage circuit alimentation prise(s) courant 230V	Calibre disjoncteur protection amont circuit [A] I_n	Courant max. admissible conducteurs [A] I_z	Courant photovoltaïque max. [A] $I_g = I_z - I_n$	Puissance solaire max. par circuit [VA]
Conducteur cuivre 1,5mm ²	16 A	17,5 A	1,5 A	350 VA
Conducteur cuivre 2,5mm ²	20 A	24 A	4 A	900 VA

⁶ C'est le schéma de liaison à la terre obligatoire chez les particuliers en France. ⁷ Le fabricant du kit photovoltaïque est invité à réaliser une analyse dédiée aux risques atmosphériques en cohérence avec les instructions de montage (mise en œuvre matériel, lieux d'implantation possibles et conditions environnementales) du kit photovoltaïque, afin de déterminer si une mise à la terre spécifique des modules est nécessaire. ⁸ Selon les tableaux 10-1F dans le titre 10 et 52H dans le titre 5 de la Norme NFC15-100/A5 : 2015.

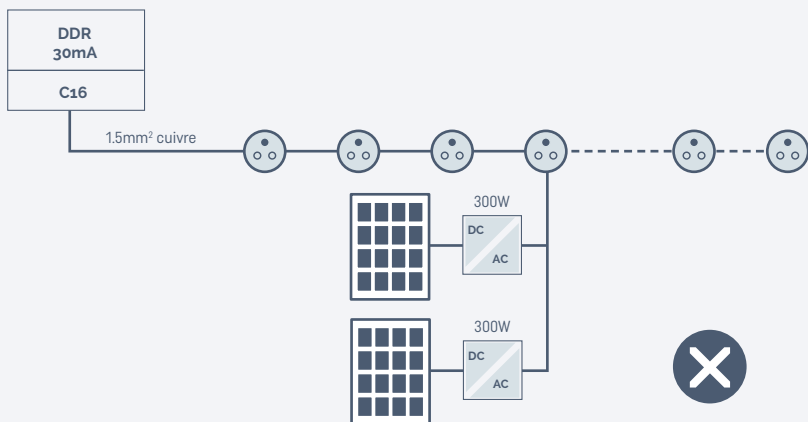
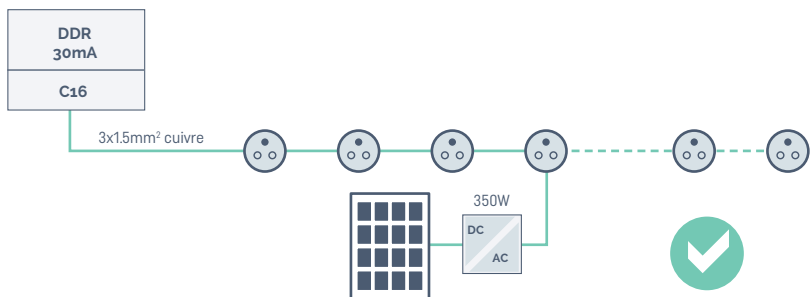
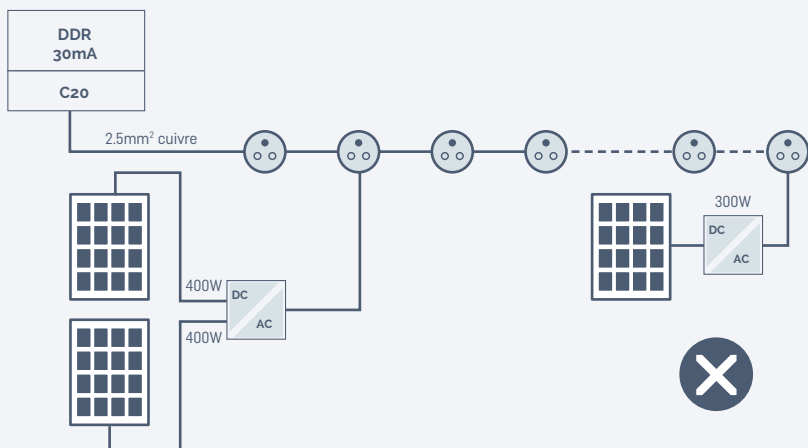
Il est important de noter les points suivants :

- La puissance photovoltaïque maximale est la valeur minimale entre la puissance crête totale des modules photovoltaïques et la somme des puissances nominales des onduleurs.
- Plusieurs socles de prises 230V 16A peuvent être alimentés sur le même circuit. Le tableau ci-dessus est donné pour un circuit et non pas pour une seule prise 230V.
- Une prise de courant 230V 16A 2P+T n'est pas dimensionnée pour faire transiter un courant AC de plus de 8A de manière continue⁹.
- Toutes autres combinaisons de type de câbles ou conducteurs associées à un dispositif de protection thermique d'un circuit électrique nécessitent de faire un dimensionnement électrique selon les règles prescrites par la norme NFC15-100, afin de déterminer le courant solaire maximum pouvant être injecté sur un circuit électrique.

FIG.8 : Exemples de branchements et détails de ce qu'il est possible de faire et de ne pas faire.



⁹ En cohérence avec les travaux réalisés pour les IRVE (Infrastructure de Recharge des Véhicules Electriques) et synthétisé dans la norme NF 61-314 Mai 2017. ¹⁰ Partie 5-52 pour le dimensionnement du courant admissible dans les conducteurs d'un circuit et §433 pour le dimensionnement des protections thermiques.



Il est important de rappeler qu'en plus des règles de sécurité évoquées précédemment, il faut que le dimensionnement de la puissance totale solaire soit cohérente avec le talon de consommation du foyer afin que l'autoconsommation soit maximale.



ANNEXES

ANNEXE A : CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE AFFÉRENT AU RACCORDEMENT D'UN KIT PHOTOVOLTAÏQUE PLUG & PLAY SUR LE RÉSEAU BASSE TENSION

- **Code de l'Energie** : Livre III - Chapitre V : L'autoconsommation (Articles L315-1 à L315-8),
- **Arrêté du 3 août 2016** portant réglementation des installations électriques des bâtiments d'habitation,
- **Directives UE** pour le marquage CE des équipements électriques mis en œuvre. A minima les directives Basse Tension (2014/35/UE) et CEM (2014/30/UE), chaque fabricant est responsable de la conformité du matériel mis sur le marché au regard des directives EU et de leur déclinaison dans la réglementation française.

ANNEXE B : CORPUS NORMATIF AFFÉRENT AUX MATÉRIELS COMPOSANT UN KIT PHOTOVOLTAÏQUE PLUG & PLAY

MODULES PV :

- **NF EN 61215-1** : Modules photovoltaïques (PV) pour applications terrestres - Qualification de la conception et homologation - Partie 1 : exigences d'essai,
- **NF EN 61215-2** : Modules photovoltaïques (PV) pour applications terrestres - Qualification de la conception et homologation - Partie 2 : procédures d'essai,
- **NF EN 61730-1** : Qualification pour la sûreté de fonctionnement des modules photovoltaïques (PV) - Partie 1 : exigences pour la construction,
- **NF EN 61730-2** : Qualification pour la sûreté de fonctionnement des modules photovoltaïques (PV) - Partie 2 : exigences pour les essais.

ONDULEUR :

- **NF EN 62109-1** : Sécurité des convertisseurs de puissance utilisés dans les systèmes photovoltaïques - Partie 1 : exigences générales,
- **NF EN 62109-2** : Sécurité des convertisseurs de puissance utilisés dans les systèmes photovoltaïques - Partie 2 : exigences particulières pour les onduleurs,

LE CÂBLAGE ET LES CONNECTEURS DC :

- **NF EN 50618** : Câbles électriques pour systèmes photovoltaïques.
- **EN NF 62852** : Connecteurs pour applications en courant continu pour systèmes photovoltaïques - Exigences de sécurité et essais.

ANNEXE C : DÉMARCHES ADMINISTRATIVES LIÉES AU RACCORDEMENT D'UN KIT PHOTOVOLTAÏQUE D'AUTOCONSUMMATION SOLAIRE

(Informative en date de la parution du guide)

L'installation d'un kit photovoltaïque plug & play nécessite de remplir les formalités administratives décrites ci-dessous :

GESTIONNAIRE DE RÉSEAU :

Il est nécessaire de déclarer le branchement d'un kit photovoltaïque plug & play comme étant une installation d'autoconsommation sans injection. Une convention devra donc être établie entre le propriétaire du kit photovoltaïque et le gestionnaire du réseau¹¹. Les démarches sont à réaliser directement en ligne sur le portail du gestionnaire de réseau.

Le branchement ne nécessitant pas de modification du circuit électrique de l'installation, il n'est pas nécessaire d'obtenir une attestation de conformité CONSUEL. Il est nécessaire de fournir le certificat de conformité de l'onduleur à la norme réseau DIN VDE 0126-1-1 lors de l'établissement de la convention d'autoconsommation.

URBANISME :

Le montage du kit photovoltaïque au sol en dessous d'une hauteur de 1,8m ne nécessite pas d'autorisation particulière pour les installations solaires inférieures à 3kWc excepté dans les périmètres soumis aux architectes des bâtiments de France. Dans les autres cas, il est nécessaire de réaliser une demande préalable de travaux¹² auprès des services urbanisme de la mairie.



GUIDE KIT PHOTOVOLTAÏQUE AUTOCONSUMMATION PLUG & PLAY

¹¹ Code de l'Energie Article L342-4 ¹² Code de l'urbanisme : articles R*421-2 à R*421-8-2 et R421-11 et Décret du 19 novembre 2009 relatif aux procédures administratives applicables à certains ouvrages de production d'électricité.