

Roger Cadiergues

MémoCad nW03.a

LE PHOTOVOLTAÏQUE

SOMMAIRE

- nW03.1.** Le photovoltaïque
- nW03.2.** Les montages photovoltaïques
- nW03.3.** Les cellules photovoltaïques
- nW03.4.** La norme de référence
- nW03.5.** Les paramètres climatiques
- nW03.6.** Les paramètres technologiques
- nW03.7.** L'électricité photovoltaïque
- nW03.8.** Les circuits électriques de distribution
- nW03.9.** Le classement des installations
- nW03.10.** Les tarifs
- nW03.11.** Le texte officiel de référence



La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part que les «copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective», et d'autre part que les analyses et courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration «toute reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite».

nW03.1. LE PHOTOVOLTAÏQUE

LE PASSÉ DU PHOTOVOLTAÏQUE

Les installations photovoltaïques sont à base de cellules convertissant directement le rayonnement solaire reçu en électricité. Ce n'est pas un processus nouveau : c'est un processus connu depuis plus de 50 ans, utilisé par exemple - plus récemment - pour les explorations spatiales. La technique est, désormais, de plus en plus souvent envisagée pour la production courante d'électricité. Et ce sous trois formes.

L'EXPRESSION DES PUISSANCES

Les puissances électriques produites, en cause dans notre domaine, sont dites «**puiſſances crêtes**», parce qu'elles correspondent à des conditions standards relativement très favorables :

- . un flux surfacique solaire (irradiation) reçu de 1000 [W/m²],
- . et une ambiance à 25 [°C].

Quand on parle de puissance des installations, c'est toujours - implicitement - de puissance-crête qu'il s'agit, et non pas de puissance moyenne.

LES TROIS MARCHÉS

Il existe, schématiquement et pour le domaine qui nous concerne, trois manières d'utiliser le photovoltaïque.

1. Le premier domaine est celui des installations totalement **locales**, fournissant l'électricité uniquement pour un bâtiment ou un groupe de bâtiments.
2. Le deuxième domaine est celui des installations **mixtes**, l'électricité fournie étant :

- pour une partie renvoyée au réseau public,
- une autre partie (éventuelle) étant réservée aux usages locaux du site en cause.

3. Le troisième domaine est celui des installations **centralisées**, conçues, réalisées et gérées par un producteur-fournisseur classique d'électricité, EdF par exemple, ces centrales étant souvent d'assez forte puissance : 10 à 60 [MW], mais également des puissances plus importantes.

L'essentiel des installations actuelles (de l'ordre de 90 % probablement) est de type *mixte*, celles de type *local* étant extrêmement rares dans nos régions. Le reste (environ 10 % à l'échelle mondiale) est de type *centralisé*.

LE MARCHÉ GLOBAL

Le photovoltaïque bénéficie actuellement d'une excellente réputation, le marché doublant environ tous les ans - sans qu'on puisse garantir qu'il en sera toujours ainsi par suite des coûts relativement élevés. Fin 2009 les installations mondiales réalisées atteignent probablement une puissance électrique de l'ordre de 30 000 [MW].

LE RACHAT DU COURANT

L'une des raisons de ce succès apparent est la possibilité offerte à chaque propriétaire d'installation mixte, de revendre du courant (excédentaire ou non) au réseau public. En France, où le tarif en cause est le plus élevé d'Europe, les conditions sont les suivantes.

1. Jusque fin 2009, les tarifs ont été fixés aux valeurs suivantes (valeurs datant de juillet 2006) le **tarif d'achat** de l'électricité solaire a été de 0,3 [€/kWh] en métropole continentale, de 0,40 [€/kWh] en Corse, dans les DOM, à Saint-Pierre-et-Miquelon et Mayotte. Il fallait y rajouter une prime d'**intégration au bâti** de 0,25 [€/kWh] en métropole continentale, et de 0,15 [€/kWh] en Corse, dans les DOM, à Saint-Pierre-et-Miquelon et Mayotte. Tout ceci sans compter les *subventions* nationales et européennes éventuelles et les *crédits d'impôt*.

2. Début 2010, face à un déferlement brutal fin 2009 (3000 demandes par jour !), le tarif a été modifié, en particulier pour éviter la mise en place sur constructions sommaires et sans autre utilité. Le tarif (complet) de rachat du kWh est ainsi devenu :

- . 0,58 [€ / kWh] pour les installations intégrées au bâti dans les établissements d'habitation, d'enseignement et de santé (pas de modifications pour le moment),
- . 0,50 [€ / kWh] pour les installations intégrées au bâti des bâtiments de bureau, industriels ou agricoles existants (nouveau tarif),
- . 0,34 à 0,37 [€ / kWh] pour les installations au sol (selon région et puissance, sans changement).

nW03.2. LES MONTAGES PHOTOVOLTAÏQUES

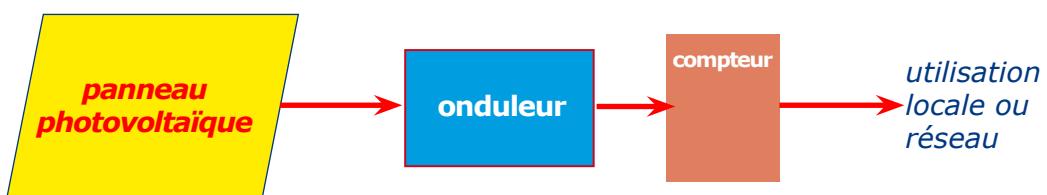
CELLULES, MODULES ET PANNEAUX

Bien qu'il existe plusieurs solutions possibles, toutes les réalisations actuelles reposent sur la création de productions photovoltaïques faisant appel aux trois niveaux de composants suivants :

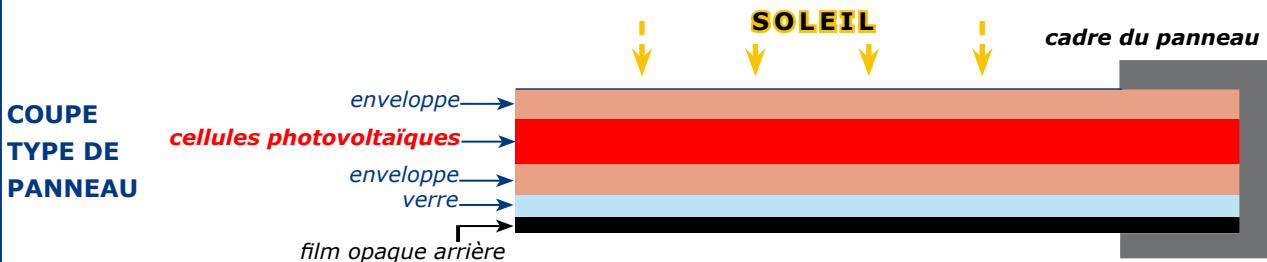
- . au niveau le plus élémentaire, les **cellules photovoltaïques**, qui sont les producteurs d'électricité de base, d'une puissance maximale de l'ordre de 1, [W] (0? [V], 3 [A]),
- . les **modules photovoltaïques**, qui regroupent en série de l'ordre aujourd'hui de 50 à 60 cellules afin d'obtenir un courant de caractéristiques suffisantes,
- . les **panneaux photovoltaïques**, chacun encadrant ces modules dans des ensembles plus complexes, avec des fonctions plus larges.

LE MONTAGE TYPE

Le courant produit par les cellules étant continu il faut le convertir, au moyen d'un **onduleur**, pour obtenir du *courant alternatif*. On aboutit finalement au montage type suivant.



Avec des panneaux sont de structures très diverses, avec par exemple la structure suivante..



LES ACCESSOIRES COMPLÉMENTAIRES

Outre les panneaux, c'est à dire les cellules proprement dites plus l'équipement électrique transformant le courant continu en courant alternatif type (220 V, 50 Hz), les composants photovoltaïques comportent souvent les composants suivants (*qui ne sont pas examinés dans ce livret*) :

- . des régulateurs de tension destinés à maximiser le courant fourni par les modules,
- . des batteries (à décharge rapide) destinées à accumuler l'électricité pendant les périodes non ensoleillées, complétées par des régulateurs de charge (afin d'éviter les surcharges pendant les périodes ensoleillées).

DONNÉES COMPLÉMENTAIRES

Les installations photovoltaïques font appel aux données suivantes, présentées aux fiches qui suivent :

- . comment sont constituées les cellules photovoltaïques elles-mêmes (fiche nW03.3),
- . quelles sont les caractéristiques du courant électrique émis (fiche nW03.7),
- . les montages électriques des panneaux (fiche nW03.8).

LA NORMALISATION

Dans beaucoup de pays développés des normes et des contrôles de qualité viennent compléter les exigences, et les conforter. En France il s'agit essentiellement, pour ce qui concerne les équipements, des normes indiquées sur les schémas présentés à la suite. En ce qui concerne l'évaluation des performances voir les normes indiquées plus loin.

nW03.3. LES CELLULES PHOTOVOLTAÏQUES

LES MODULES PHOTOVOLTAÏQUES

Les cellules photovoltaïques convertissent directement la lumière en électricité. Dans notre cas il s'agit de cellules placées *face au rayonnement solaire*. Ces cellules sont incorporées dans des modules fournissant chacun une tension (*continue*) et une intensité données. Les modules peuvent être montés en série ou en parallèle, ce qui permet de s'adapter aux caractéristiques électriques souhaitées.

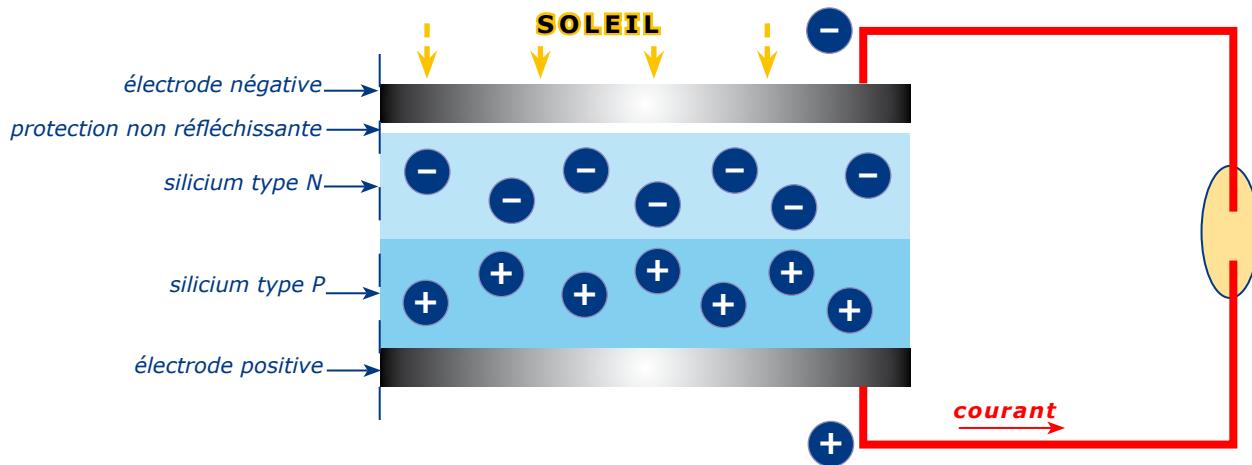
Les cellules peuvent utiliser différents matériaux, capables d'effet photovoltaïque grâce à leur structure atomique. Dans les cas courants, actuels et nous concernant, il s'agit de *silicium* (soit monocristallin, soit polycristallin, soit amorphe)). Le recours à des matériaux plus «rares» est également envisagé, avec - par exemple - les produits suivants :

- . le disélénium de cuivre-gallium-indium

- . le tellure de cadmium,

les autres matériaux (l'arséniure de gallium, le sélénium de cuivre et d'indium, tellure de cadmium, phosphure d'indium, etc.) ayant généralement été abandonnés.

Les modules (50 à 60 cellules en général) ne comportant pratiquement aucune partie mobile, sont relativement robustes et possèdent en principe une assez longue durée de vie. Ceci dit les modules étant généralement soumis à des conditions climatiques sévères, il est essentiel de veiller aux garanties du fournisseur et de suivre ses recommandations. Pour en faciliter l'intégration les modules peuvent être fournis en feuillets ou en tuiles. Leur structure type est celle du schéma ci-dessous.



La fabrication des modules monocristallins ou polycristallins est relativement lourde et coûteuse, d'où un certain succès des cellules en couches minces, mais avec une perte d'efficacité. Les matériaux autres que le silicium présentent les mêmes défauts. Le tableau ci-dessous permet de faire les comparaisons (valeurs types).

matériau :	silicium monocristallin	silicium polycristallin	silicium amorphe	tellure Cd	tellure Cu,In (Ga)
rendement type aux conditions de base :	16-19 %	14-15 %	5-7 %	8-11 %	7-11 %

En utilisant des techniques de dépôt de vapeur il est possible, avec du **silicium amorphe**, de créer des modules très fins et flexibles, d'une épaisseur égale au centième de ce qu'elle est en silicium cristallin. La fabrication des feuilles de **silicium amorphe** étant beaucoup moins coûteuse que la fabrication des cellules cristallines, on s'est souvent orienté vers cette solution. Malheureusement, comme on peut le constater sur le tableau précédent, les performances sont nettement moindres. C'est donc à une véritable optimisation qu'il faut procéder. Le résultat est généralement clair dans les zones (sud) très ensoleillées : le temps de retour des cellules en silicium amorphe est inférieur de 30 à 40 % à celui des cellules cristallines. Ce résultat reste néanmoins à revoir, et peut assez fortement évoluer, en même temps qu'un certain nombre de caractéristiques énergétiques et environnementales des produits.

nW03.4. LA NORME DE RÉFÉRENCE

LA NORME DE RÉFÉRENCE

Il existe une norme sur la calcul des performances énergétiques des systèmes photovoltaïques, curieusement classée dans les «systèmes de chauffage» :

. NF EN 15316-4-6 (Août 2008) Systèmes de chauffage dans les bâtiments Méthode de calcul des besoins énergétiques et des rendements des systèmes Partie 4-6 : Systèmes de génération de chaleur, systèmes photovoltaïques.

Cette norme est préfacée comme suit (Introduction) : «La présente Norme européenne constitue la partie spécifique portant sur les systèmes photovoltaïques intégrés aux bâtiments d'une série de normes EN 15316 sur les méthodes de calcul des besoins énergétiques et des rendements des systèmes de chauffage locaux et des systèmes de production d'eau chaude sanitaire dans les bâtiments.

La présente Norme européenne fournit une méthode de calcul de la production d'électricité des systèmes photovoltaïques intégrés aux bâtiments. Le calcul se base sur les caractéristiques de performance des produits données dans les normes de produits, ainsi que sur d'autres caractéristiques requises pour évaluer la performance des produits comme éléments inclus dans le système».

LA FORMULE DE BASE

La norme propose que l'énergie fournie W_{pv} [kWh/an] soit donnée par la formule générale suivante :

$$W_{pv} = E_{sol} \cdot P_{cr} \cdot f_{perf}$$

Les différents facteurs intervenant dans cette formule sont les suivants :

- . E_{sol} [kWh/m² an] est l'irradiation solaire annuelle,
- . P_{cr} [kW] est la puissance de crête du capteur en cause,
- . f_{perf} est le coefficient de performance énergétique du système.

Il est fréquent que l'on ait quelques difficultés à fixer ces paramètres : dans ce cas on peut utiliser les valeurs indiquées plus loin, par la norme, en données purement informatives.

L'IRRADIATION SOLAIRE ANNUELLE

Le paramètre E_{sol} [kWh/m² an] dépend :

- . du plus ou moins fort ensoleillement annuel du site,
- . de l'orientation et de l'inclinaison du capteur.

En l'absence de données plus précises la norme (version française) propose les valeurs indiquées à la fiche nR73.5 suivante.

LA PUSSANCE DE CRÊTE

La puissance de crête du capteur photovoltaïque, P_{cr} [kW] est, normalement, indiquée par le fournisseur du panneau, les essais ayant été effectués dans des conditions normalisées. En l'absence de cette donnée on peut en faire une évaluation en utilisant la valeur indiquée à la fiche nW03.5 suivante.

Celle-ci tient compte :

- . du type de cellule photovoltaïque utilisé,
- . et de la surface du capteur.

LA PERFORMANCE DU SYSTÈME

Le facteur f_{perf} (le coefficient de performance énergétique du système) intervenant dans la formule générale ci-dessus dépend :

- . de la performance du système de conversion du courant continu issu des cellules en courant alternatif,
- . de la température (réelle, mais moyenne annuelle) à laquelle fonctionne le capteur,
- . de l'intégration de ce capteur dans le bâti.

En l'absence de données plus précises on peut en faire une évaluation en utilisant la valeur indiquée à la fiche nW073.5 suivante.

ATTENTION : les symboles de grandeur adoptés dans ce livret ne sont pas ceux de la norme.

nW03.5. LES PARAMÈTRES CLIMATIQUES

LES ZONES SOLAIRES

L'énergie solaire reçue annuellement par le capteur dépend de la région. Pour le calcul la France est découpée en cinq zones (table ci-dessous).

Zone	Régions administratives
PV1	Provence Alpes Côte d'Azur, Languedoc Roussillon
PV2	Roussillon
PV3	Roussillon
PV4	Roussillon
PV5	Nord Pas de Calais, Hte Normandie, Picardie, Ile de France, Champagne Ardenne, Lorraine, Alsace

L'IRRADIATION SOLAIRE

L'énergie surfacique reçue annuellement par le capteur E [kWh/m² an] dépend :

- . de la zone solaire,
- . de l'orientation et de l'inclinaison du capteur,

la formule de calcul étant le suivante : $E = f_c E_0$

E_0 [kWh/m² an] étant l'irradiation horizontale et f_c un facteur dépendant de l'orientation et de l'inclinaison.

L'IRRADIATION HORIZONTALE

L'irradiation horizontale E_0 [kWh/m² an] dépend de la zone (voir table ci-dessous).

Zone :	PV1	PV2	PV3	PV4	PV5
E_0 [kWh/m ² an]	1500	1350	1250	1150	1050

LE FACTEUR D'INCLINAISON ET D'ORIENTATION

Ce coefficient f_c possède les valeurs indiquées au tableau suivant, selon la zone

Valeurs de f_c pour PV1						Valeurs de f_c pour PV2					
Inclinai- son	Orientation					Inclinai- son	Orientation				
	Ouest	Sud-Ouest	Sud	Sud-Est	Est		Ouest	Sud-Ouest	Sud	Sud-Est	Est
0 deg	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0 deg	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30 deg	0,93	1,09	1,15	1,09	0,93	30 deg	0,93	1,09	1,15	1,09	0,93
45 deg	0,87	1,06	1,13	1,06	0,87	45 deg	0,87	1,06	1,13	1,06	0,87
60 deg	0,79	0,99	1,06	0,99	0,79	60 deg	0,79	0,99	1,06	0,99	0,79
90 deg	0,59	0,74	0,77	0,74	0,59	90 deg	0,59	0,74	0,77	0,74	0,59

Valeurs de f_c pour PV3						Valeurs de f_c pour PV4					
Inclinai- son	Orientation					Inclinai- son	Orientation				
	Ouest	Sud-Ouest	Sud	Sud-Est	Est		Ouest	Sud-Ouest	Sud	Sud-Est	Est
0 deg	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0 deg	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30 deg	0,93	1,09	1,15	1,09	0,93	30 deg	0,93	1,09	1,15	1,09	0,93
45 deg	0,87	1,06	1,13	1,06	0,87	45 deg	0,87	1,06	1,13	1,06	0,87
60 deg	0,79	0,99	1,06	0,99	0,79	60 deg	0,79	0,99	1,06	0,99	0,79
90 deg	0,59	0,74	0,77	0,74	0,59	90 deg	0,59	0,74	0,77	0,74	0,59

Valeurs de f_c pour PV5					
Inclinai- son	Orientation				
	Ouest	Sud-Ouest	Sud	Sud-Est	Est
0 deg	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30 deg	0,93	1,09	1,15	1,09	0,93
45 deg	0,87	1,06	1,13	1,06	0,87
60 deg	0,79	0,99	1,06	0,99	0,79
90 deg	0,59	0,74	0,77	0,74	0,59

nW03.6. LES DONNÉES TECHNOLOGIQUES

LES TROIS LIGNES DE PRODUITS

Les firmes cherchant à répondre aux demandes (ex. Amhelios) disposent généralement de trois lignes de produits :

- . celle des **toitures photovoltaïques**, pour lesquelles les qualités de résistance, d'étanchéité, et même d'isolation thermique sont essentielles ;
- . celle des **centrales solaires au sol**, pour lesquelles la tenue mécanique et la résistance à l'arrachement sont essentiels ;
- . et celle des «**ombrières photovoltaïques**» posées à l'extérieur sur des structures en acier, pour lesquelles également la tenue mécanique et la résistance à l'arrachement sont essentiels.

Dans tous les cas la recherche de performances aussi élevées que possibles est une des exigences fondamentales. Voici quelques données à ce sujet.

L'ÉVALUATION DE LA PUISSANCE DE CRÊTE

Pour évaluer, en l'absence de données certifiées, la **puissance de crête** d'un panneau photovoltaïque vous pouvez utiliser les données informatives retenues par la norme NF EN 15316-4-6, données regroupées dans le tableau suivant et basées sur la formule :

$$P_{cr} = K_{cr} A$$

- . P_{cr} [kW] étant la puissance de crête estimée,
- . K_{cr} [kW/m²] le coefficient de puissance de crête fourni par la table ci-dessous,
- . A [m²] étant la surface du capteur.

Coefficients de puissance de crête (K_{cr})	
Matériau de base des cellules	K_{cr} [kW/m ²]
silicium monocristallin (1)	0,12 à 0,18
silicium polycristallin (1)	0,10 à 0,16
silicium amorphe (couche mince)	0,04 à 0,08
autres couches minces	0,035
couche mince de disélénium de cuivre-gallium-indium	0,105
couche mince de tellure de cadmium	0,095
(1) avec densité de cellules photovoltaïques d'au moins 80 %	

L'ÉVALUATION DU FACTEUR DE PERFORMANCE

En l'absence de données mieux justifiées, le facteur de performance du système peut être pris égal aux valeurs indiquées dans la table ci-dessous.

Facteur de performance (f_{perf})	
Conditions d'installation	f_{perf} [-]
modules non ventilés	0,70
modules ventilés ou faiblement ventilés	0,75
modules très ventilés ou à ventilation forcée	0,80

nW03.7. L'ÉLECTRICITÉ PHOTOVOLTAÏQUE

LE FONCTIONNEMENT ÉLECTRIQUE

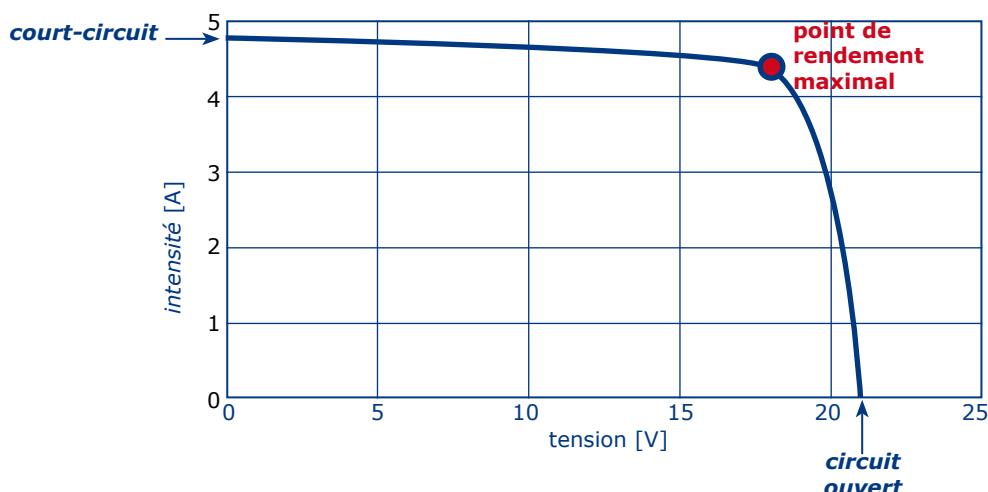
Il est possible de représenter le fonctionnement électrique d'un module au moyen des deux *courbes caractéristiques* présentées sur un même diagramme (voir illustration ci-dessous) fournissant en fonction de la *tension* en volt [V] :

- . l'*intensité* mesurée en ampère [A],
- . la *puissance* mesurée en watt [W].

Cette représentation fait apparaître, sur chacune de ces courbes caractéristiques, trois points particuliers de fonctionnement :

- . le point le plus à gauche, où la tension est nulle (court-circuit), l'intensité [A] étant alors maximale (I_{cc}) et la puissance nulle,
- . le point «médian», où la puissance [W] est maximale (P_{max}), la tension et l'intensité valant alors V_{max} et I_{max} ,
- . le point le plus à droite, où la puissance (P_o) et l'intensité (I_o) sont nulles (circuit ouvert), la tension étant alors maximale (V_{co}).

Les caractéristiques de chaque module doivent être fournies par le fabricant, lequel doit en particulier indiquer la tension maximale supportable, et d'une manière générale les dispositions prises en matière de sécurité électrique.



LES ÉQUIPEMENTS ANNEXES

Dans le cas (aujourd'hui rare en France) où le réseau public n'est pas accessible localement il faut prévoir le stockage de l'électricité, normalement au travers de **batteries**.

Presque toujours il est nécessaire de prévoir un, ou des circuits de protection, dont la technologie peut varier selon les cas :

- . soit par des diodes d'arrêt protégeant le module contre l'inversion des circuits,
- . soit par des diodes de bypass permettant d'éviter la surchauffe du module,
- . soit par tout autre dispositif interrupteur, en particulier de protection contre les orages.

Le constructeur de ces modules doit soigneusement veiller à la fiabilité des montages.

LES ASPECTS ÉNERGÉTIQUES

Les dispositifs précédents, tout comme les onduleurs sont sources de consommations d'énergie parasite, à minimiser par un bon choix de ces équipements. C'est la responsabilité du constructeur de ces modules que de veiller à leur efficacité énergétique.

nW03.8. LES CIRCUITS DE DISTRIBUTION

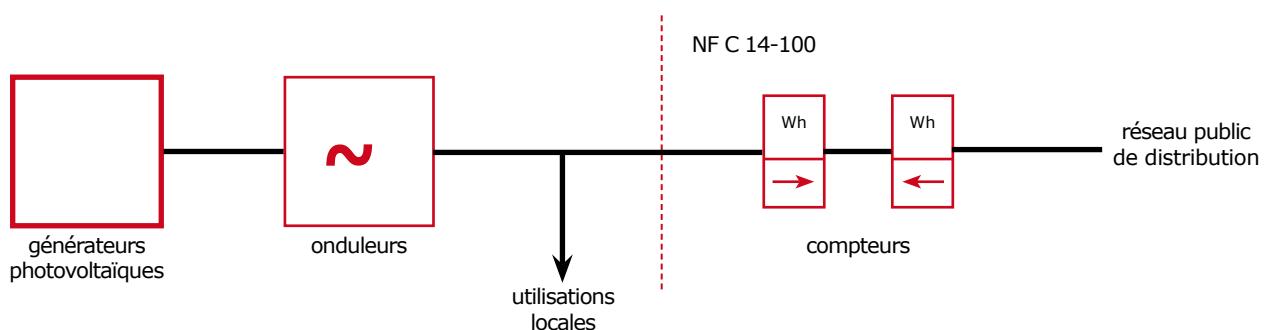
LES DEUX TYPES D'INSTALLATIONS

Pour les circuits aval de distribution deux montages sont possibles :

- . ou bien le courant produit et le courant utilisé partagent un tronc commun, on dit alors que c'est un raccordement «en un point»,
- . ou bien le courant produit est en partie utilisé sur place et le courant restant rejeté sur le réseau public, on dit alors que c'est un raccordement «en deux points».

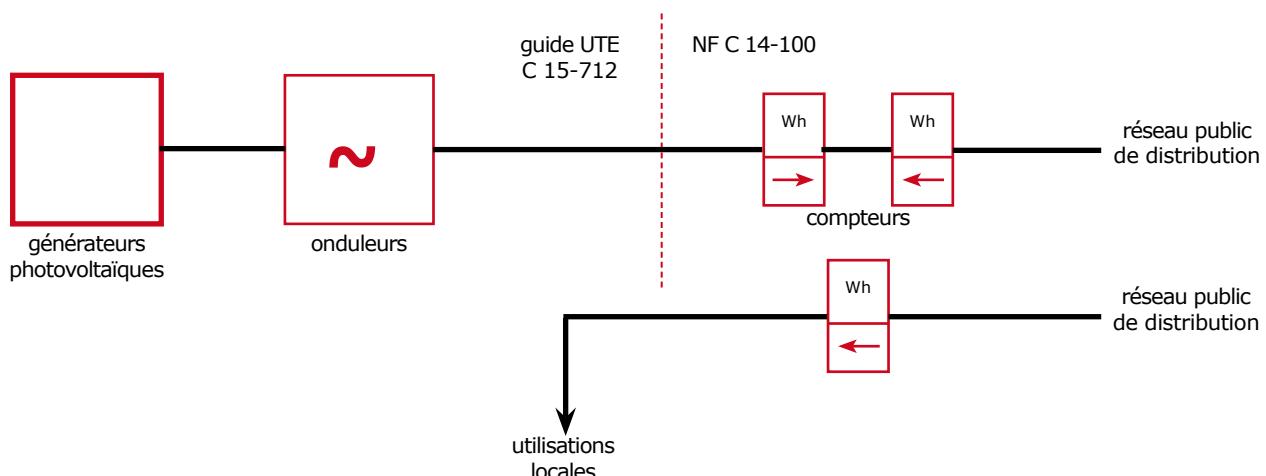
LE RACCORDEMENT EN UN POINT

L'électricité utilisée localement et celle renvoyée au réseau sont sur un circuit commun :



LE RACCORDEMENT EN DEUX POINTS

L'électricité utilisée localement et celle renvoyée au réseau sont sur deux circuits séparés :



nW03.9. LE CLASSEMENT DES INSTALLATIONS

A. LES INSTALLATIONS INTÉGRÉES AU BÂTI

Ne peuvent être considérées comme «parfaitement» intégrées au bâti (tarif maximum) que les installations respectant la totalité des règles suivantes.

1. Le système photovoltaïque ne peut être installé :

- . que sur un bâtiment clos, clos en particulier sur les faces latérales, ce bâtiment pouvant abriter des personnes, des animaux, des biens ou servir à des activités réelles,
- . ce bâtiment existant depuis au moins deux ans (sauf pour les bâtiments d'habitation).

2. Le système photovoltaïque doit :

- . ou bien être installé sur le plan de la toiture, ou (sur demande expresse) parallèle à ce plan, les modules faisant alors partie intégrante du système d'étanchéité et en constituant même l'élément principal dans le cas de modules rigides,
- . ou bien être installé en mur rideau, en allège, en bardage, en brise-soleil, ou en garde-corps (de fenêtre, de balcon ou de terrasse).

3. Point important : dans cette catégorie d'installations le système photovoltaïque remplace littéralement des éléments constructifs : le démontage du module photovoltaïque (ou du film) ne peut se faire sans nuire à la fonction d'étanchéité ni aux fonctionnalités fondamentales du bâtiment. C'est donc une intervention exigeant de sérieux travaux.

B. LES INSTALLATIONS D'INTÉGRATION SIMPLIFIÉE

Ne peuvent bénéficier du tarif ci-dessus, mais bénéficient d'un tarif un peu plus faible, les installations dites d'intégration simplifiée au bâti, dont la définition réglementaire - très délicate - peut donner lieu à des litiges.

Schématiquement la différence essentielle avec la catégorie A tient aux conséquences du démontage, lequel n'entraîne pas alors, obligatoirement, la perte d'étanchéité ou de fonctionnalité du bâtiment. Ce type de situation est particulièrement adapté aux bâtiments commerciaux, industriels ou agricoles, bâtiments pour lesquels l'intégration totale (A) n'est pas toujours possible.

C. LES INSTALLATIONS NON INTÉGRÉES

Il s'agit des installations ne bénéficiant pas des avantages précédents, n'en respectant pas les obligations. Ce type de réalisation est souvent dit «d'**installations au sol**», bien que ce ne soit pas rigoureusement exact dans l'optique réglementaire actuelle, moins contraignante mais qui fait la distinction entre deux situations géographiques :

- . les *installations métropolitaines continentales*, classées en deux catégories tarifaires selon la puissance (voir fiche suivante),
- . et les installations réalisées en *Corse et outre-mer*.

nW03.10. LES TARIFS (*attention : susceptible d'évoluer*)

Le choix des solutions photovoltaïques dépend fortement du tarif d'achat de l'électricité produite.

1. Pour les installations dites «*intégrées au bâti*» :

- . 0,58 €/kWh pour les bâtiments d'habitation, d'enseignement ou de santé,
- . 0,50 €/kWh pour les autres types de bâtiments.

2. Pour les installations dites «*d'intégration simplifiée*» :

- . 0,42 €/kWh.

3. Pour les autres installations (dites «*non intégrées*») :

- . en Corse et dans les territoires d'outre-mer 0,40 €/kWh,
- . ailleurs (en France continentale)
 - 0,314 €/kWh pour les installations ≤ 250 kW,
 - un régime plus compliqué pour les autres (> 250 kW).

N.B. Pour le classement des installations voir la fiche précédente.

nW03.11. LE TEXTE OFFICIEL DE RÉFÉRENCE

11A. Arrêté du 12 janvier 2010 (modifié par l'arrêté du 15) **Conditions d'achat de l'électricité produite** **dans les installations utilisant l'énergie radiative du soleil**

Article 1. Le présent arrêté fixe les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations utilisant l'énergie radiative du soleil moyennant des technologies photovoltaïques ou thermodynamiques ... (*suite non reproduite*)

Article 2. L'installation du producteur est décrite dans le contrat d'achat, qui précise ses caractéristiques principales

1. Lieu ...

2. Nature de l'installation :

- . installation bénéficiant de la prime d'intégration au bâti, installation bénéficiant de la prime d'installation simplifiée au bâti ou autre installation ;
- . pour les installations au sol : installation fixe ou pivotante sur un ou deux axes permettant le suivi de la course du soleil ;

3. Nature de l'exploitation : vente en surplus ou vente en totalité ;

4. Puissance crête totale installée pour les générateurs photovoltaïques telle que définie par les normes NF EN 61215 et NF EN 61646 ou puissance électrique maximale installée dans les autres cas. La puissance crête totale installée ne peut être inférieure à la puissance installée telle que définie dans l'article 1 du décret ... du 7 septembre 2000 ;

5. Tension de livraison.

Article 3. La date de demande complète de raccordement au réseau public par le producteur détermine les tarifs applicables à une installation. La demande complète doit comporter les éléments définis à l'article 2 ainsi que les éléments précisés dans la documentation technique de référence du gestionnaire de réseau public auquel l'installation est raccordée. Les tarifs applicables sont définis à l'annexe 1 du présent arrêté. Pour les installations utilisant des techniques photovoltaïques, les tarifs peuvent inclure une prime d'intégration au bâti ou une prime d'intégration simplifiée au bâti. Les règles d'éligibilité à ces primes sont définies à l'annexe 2 du présent arrêté. Les définitions relatives à une installation photovoltaïque pour l'application des règles d'éligibilité sont à l'annexe 4 du présent arrêté.

Article 4. L'énergie annuelle susceptible d'être achetée, calculée à partir de la date anniversaire de prise d'effet du contrat d'achat, est plafonnée. Le plafond est défini comme le produit de la puissance crête installée par une durée de 2200 heures si l'installation est située en métropole continentale ou de 2600 heures dans les autres cas. Ce plafonnement ne s'applique pas aux installations solaires thermodynamiques.

L'énergie produite au-delà des plafonds définis à l'alinéa précédent est rémunérée à 0,05 €/kWh... (*suite non reproduite*)

Article 5.. (*début d'article non reproduit : signature de contrats «anciens»*)

La date de mise en service de l'installation correspond à la date de mise en service de son raccordement au réseau public. Le contrat d'achat est conclu pour une durée de vingt ans à compter de la mise en service de l'installation. Cette mise en service doit avoir lieu dans un délai de vingt-quatre mois à compter de la date complète de raccordement au réseau public par le producteur. En cas de dépassement de ce délai, la durée du contrat d'achat est réduite d'autant.

Articles 6 et 7 ... (articles non reproduits : contrats «anciens»)

Article 8 ... (article non reproduit : indexation des tarifs)

Article 9 ... (article non reproduit : chargé de l'exécution)

ANNEXE 1. Tarifs d'achat

1. L'énergie active fournie par le producteur est facturée à l'acheteur sur la base des tarifs définis ci-dessous. Il sont exprimés en c€/kWh hors TVA.

2. Pour les installations bénéficiant de la prime d'intégration au bâti situées sur un bâtiment à usage principal d'habitation ... (*partie de texte non reproduite*), d'enseignement ou de santé, le tarif applicable à l'énergie active fournie est égal à 50 c€/kWh.

3. Pour les installations bénéficiant de la prime d'intégration simplifiée au bâti, le tarif applicable à l'énergie active fournie est égal à 42 c€/kWh.

4. Pour les autres installations le tarif applicable à l'énergie active fournie est égal à :

4.1. En Corse, dans les départements d'outre-mer et dans la collectivité territoriale de Saint-Pierre-et-Miquelon et à Mayotte : 40 c€/kWh ;

4.2. En métropole continentale : $(T * R)$, formule dans laquelle :

4.2.1. $T = 31,4$ c€/kWh ;

4.2.2. Pour les installations d'une puissance crête inférieure ou égale à 250 kilowatts crête, la valeur de R est égale à 1 ;

4.2.3. Pour les installations d'une puissance crête supérieure à 250 kilowatts crête, la valeur de R est définie à l'annexe 3 du présent arrêté.

5. Pour les demandes complètes de raccordement au réseau public ... déposées après le 31 décembre 2011, les tarifs mentionnés aux paragraphes 2, 3 et 4 de cette annexe seront indexés au 1er janvier 2012, puis au 1er janvier de chaque année suivante par multiplication de la valeur du tarif de la période précédente avec le coefficient $(1 - D)$, où D est égal à 10 %.

ANNEXE 2. Règles d'éligibilité à la prime d'intégration au bâti et à la prime d'intégration simplifiée

1. Une installation photovoltaïque est éligible à la prime d'intégration au bâti si et seulement si elle remplit toutes les conditions suivantes :

1.1. Le système photovoltaïque est installé sur la toiture d'un bâtiment clos (sur toutes les faces latérales) et couvert, assurant la protection des personnes, des animaux, des biens ou des activités. A l'exception des bâtiments à usage principal d'habitation, le système photovoltaïque est installé au moins deux ans après la date d'achèvement du bâtiment. Les système photovoltaïque est installé dans le plan de ladite toiture.

1.2. Le système photovoltaïque remplace les éléments du bâtiment qui assurent le clos et couvert, et assure la fonction d'étanchéité. Après installation, le démontage du module photovoltaïque ou du film photovoltaïque ne peut se faire sans nuire à la fonction d'étanchéité assurée par le système photovoltaïque ou rendre le bâtiment impropre à l'usage.

1.3. Pour les systèmes photovoltaïques composés de modules rigides, les modules constituent l'élément principal d'étanchéité du système.

1.4. Pour les systèmes photovoltaïques composés de films souples, l'assemblage est effectué en usine ou sur site. L'assemblage sur site est effectué dans le cadre d'un contrat de travaux uniques.

2. Par exception aux dispositions du paragraphe 1, une installation photovoltaïque qui est composée de modules rigides et pour laquelle le producteur fait la demande complète de raccordement ... (*texte supprimé*) avant le 1er janvier 2011 est éligible à la prime d'intégration au bâti si le système photovoltaïque remplit les conditions des paragraphes 1.1, première et deuxième phrase, et 1.2, première phase, et est parallèle au plan de la toiture.

3. Par exception aux dispositions du paragraphe 1, une installation photovoltaïque est éligible à la prime d'intégration au bâti si le système photovoltaïque est installé sur un bâtiment et remplit, outre les conditions du paragraphe 1.1, première et deuxième phrase, au moins l'une des fonctions suivantes :

3.1. Allège ;

3.2. Bardage ;

3.3. Brise-soleil ;

3.4. Garde-corps de fenêtre, de balcon ou de terrasse ;

3.5. Mur-rideau.

4. Une installation photovoltaïque est éligible à la prime d'intégration simplifiée si et si seulement si elle remplit toutes les conditions suivantes :

4.1. Le système photovoltaïque est installé sur la toiture d'un bâtiment assurant la protection des personnes, des animaux, des biens ou des activités. Il est parallèle au plan de ladite toiture.

4.2. Le système photovoltaïque remplace des éléments du bâtiment qui assurent le clos et couvert, et assure la fonction d'étanchéité.

5. Par exception aux dispositions du paragraphe 4, à compter du 1er janvier 2011, une installation photovoltaïque d'une puissance crête inférieure ou égale à 3 kilowatts crête est éligible à la prime d'intégration simplifiée au bâti si le système photovoltaïque remplit les conditions des paragraphes 1.1 et 1.2, première phrase.

6. Par exception aux dispositions du paragraphe 4, à compter du 1er janvier 2011, une installation photovoltaïque est éligible à la prime d'intégration simplifiée au bâti si le système photovoltaïque est installé sur un bâtiment assurant la protection des personnes, des animaux, des biens ou des activités et remplit au moins l'une des fonctions suivantes :

6.1. Allège ;

6.2. Bardage ;

6.3. Brise-soleil ;

6.4. Garde-corps de fenêtre, de balcon ou de terrasse ;

6.5. Mur-rideau.

7. Pour bénéficier de la prime d'intégration au bâti ou de la prime d'intégration simplifiée au bâti, le producteur fournit à l'acheteur une attestation sur l'honneur certifiant que :

- l'intégration au bâti ou l'intégration simplifiée au bâti ont été réalisées dans le respect des règles d'éligibilité citées ci-dessus ;

- ... (*partie de texte de rédaction douteuse, inutile*) les ouvrages exécutés pour incorporer l'installation photovoltaïque dans le bâtiment ont été conçus et réalisés de manière à satisfaire l'ensemble des exigences auxquelles ils sont soumis, notamment les règles de conception et de réalisation visées par des normes NF DTU, des règles professionnelles ou des évaluations techniques (avis technique, dossier technique d'application, agrément technique européen, appréciation technique expérimentale, Pass'Innovation, enquête de technique nouvelle), ou toutes autres règles équivalentes d'autres pays membres de l'Espace économique européen. ... (*suite non reproduite*).

ANNEXE 3. Valeurs du coefficient R

(*non reproduite, voir fiche mc32.5*)

ANNEXE 4. Définitions

. Système photovoltaïque :

Un système photovoltaïque est un procédé ou une solution technique de construction, rigide ou souple, composé d'un module ou d'un film photovoltaïque et d'éléments non productifs assurant des fonctions de fixation aux éléments mitoyens de résistance mécanique ou d'étanchéité. L'ensemble est conçu spécifiquement pour la production d'électricité d'origine photovoltaïque.

. Installation photovoltaïque :

L'installation photovoltaïque est un ensemble composé du système photovoltaïque et des éléments assurant la transmission et la transformation du courant électrique (câblage, onduleurs, etc.).

. Installation solaire thermodynamique :

Une installation solaire thermodynamique est un ensemble d'éléments techniques permettant de transformer, à l'aide de capteurs, l'énergie rayonnée par le soleil en chaleur, puis celle-ci en énergie mécanique et électrique à travers un cycle thermodynamique.