

Formation sur les bases du photovoltaïque



Introduction

- La planification des systèmes photovoltaïques est une étape importante dans la conception de l'énergie solaire. Cela implique l'analyse de nombreux facteurs tels que les besoins en énergie, les conditions environnementales et les caractéristiques des équipements. Une planification précise est essentielle pour assurer la performance et l'efficacité énergétique du système.



Objectifs du module

- Aborder les bases des différents systèmes solaire photovoltaïque
- Connaître les différents composants d'une installation photovoltaïque
- Réaliser le montage d'une installation type.

Programme

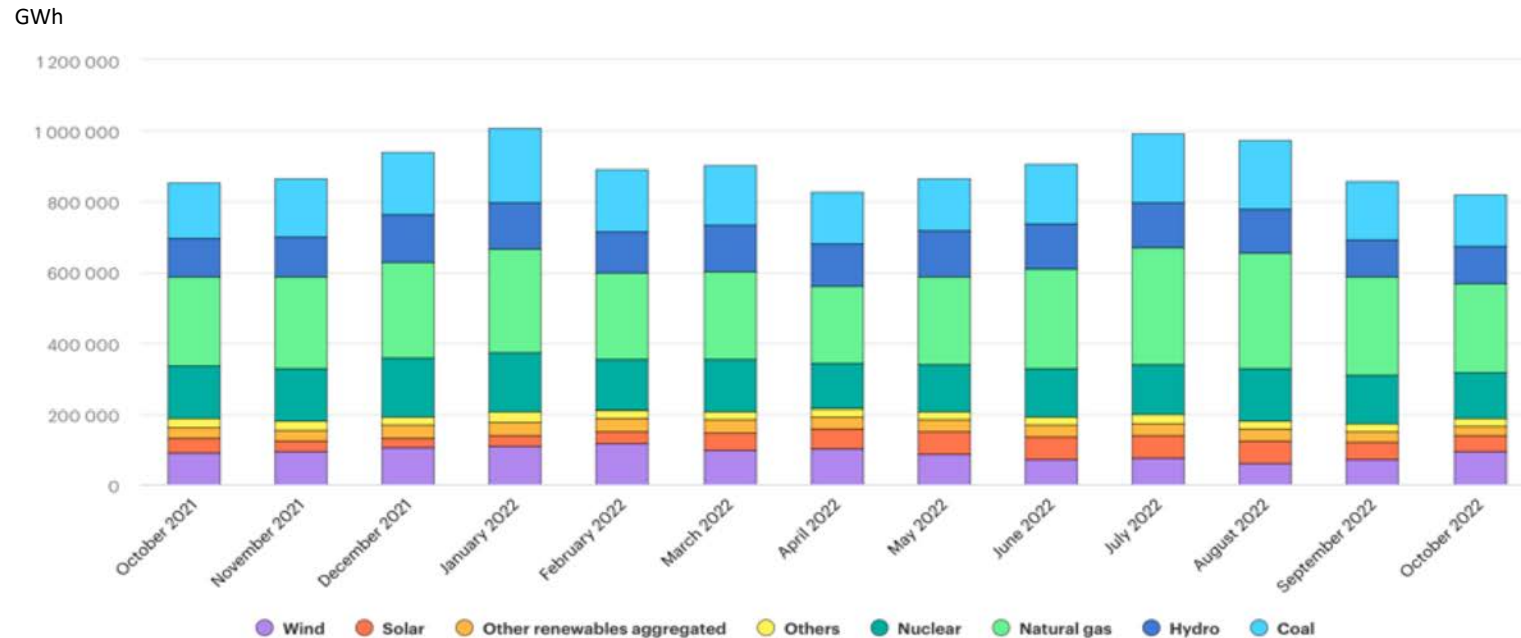
- L'état des lieux
- Le fonctionnement d'un module photovoltaïque
- Les différents types de cellules solaires
- Les caractéristiques des modules photovoltaïques
- Les différentes systèmes de montage photovoltaïque
- Les différents type de connections des modules photovoltaïques
- Les composants d'un système photovoltaïque

L'état des lieux

Électricité renouvelable

- Le besoin d'électricité est évident: éclairage, chauffage, réfrigération pour les alimentaires frais, les appareils ménagers et l'électronique grand public.
- Les éoliennes, les turbines hydrauliques, les installations de biogaz, les centrales au bois, les panneaux photovoltaïques et les centrales géothermiques sont des centrales d'électriques respectueuses de l'environnement et économes en ressources.
- L'électricité produit par des panneaux photovoltaïques est une transformation de l'énergie solaire en électricité verte. De plus, le soleil est une source inépuisable et disponible partout (en différent quantité) sur la terre.

Production d'énergie



IEA. All rights reserved.

- L'électricité divisé dans leur type de production des pays dans l'OECD.

Puissance des installations photovoltaïques UE

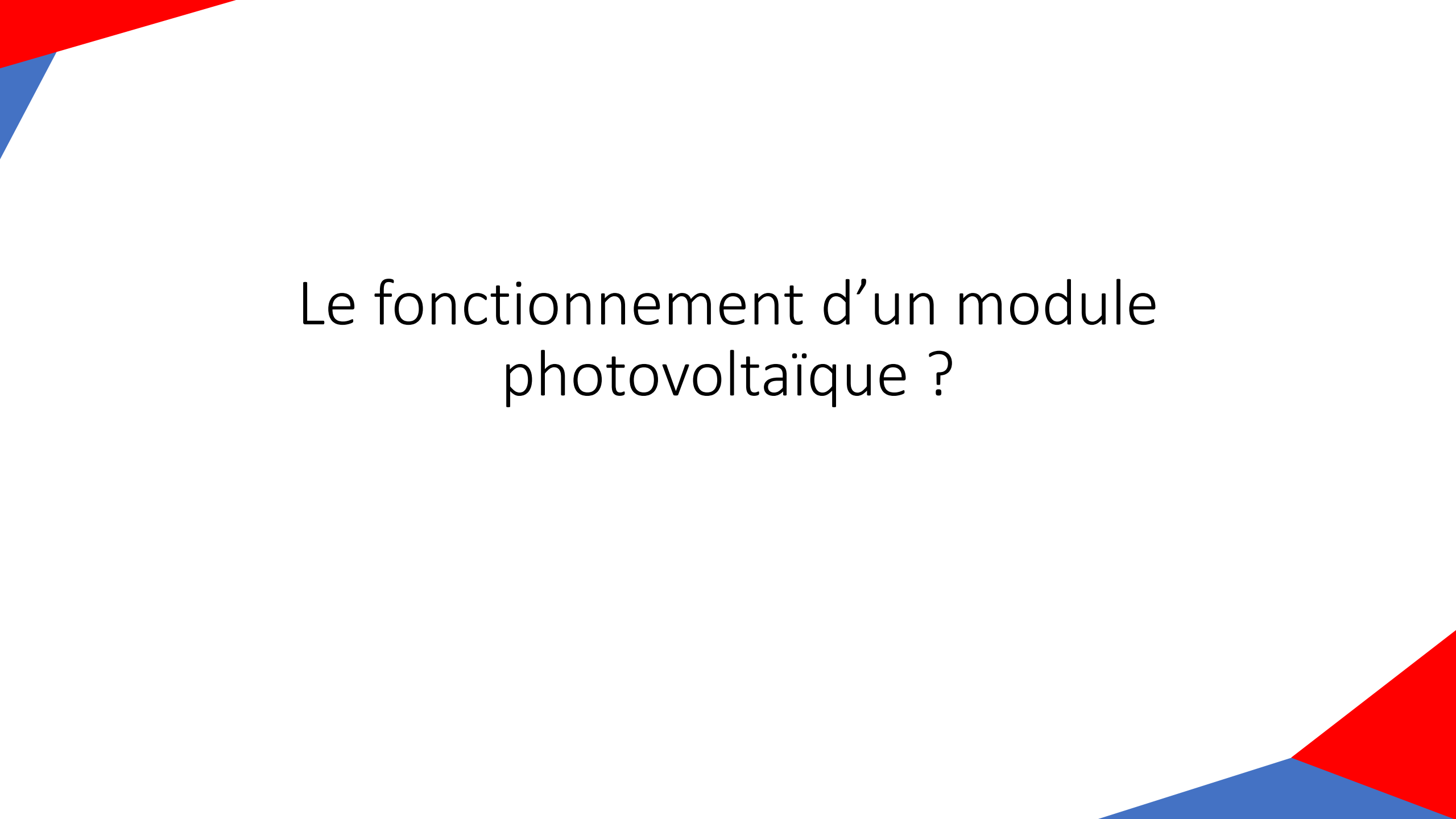
Puissance solaire photovoltaïque* installée et cumulée
dans l'Union européenne fin 2021** (en MW)

	2020 cumulée	2021 cumulée	Installée durant l'année 2021
Allemagne	53 721,0	58 728,0	5 015,0
Italie	21 650,0	22 600,0	950,0
France	12 022,2	14 780,1	2 792,2
Pays-Bas	10 949,7	14 249,0	3 299,3
Espagne	10 285,5	13 104,9	2 820,5
Pologne	3 955,0	7 670,0	3 715,0
Belgique	5 574,8	6 300,0	725,2
Grèce	3 287,7	3 961,9	674,2
Autriche	2 042,9	2 809,4	766,5
Hongrie	2 131,0	2 131,0	0,0
République tchèque	2 122,7	2 119,0	0,0
Portugal	1 071,0	1 648,0	577,0
Suède	1 107,0	1 604,5	497,5
Danemark	1 340,0	1 597,0	257,0
Roumanie	1 382,5	1 398,0	15,5
Bulgarie	1 097,4	1 186,0	88,6
Slovaquie	535,0	535,0	0,0
Estonie	207,7	414,0	206,3
Finlande	318,0	404,0	86,0
Slovénie	369,8	367,0	0,0
Chypre	229,1	316,0	86,9
Luxembourg	186,6	276,3	89,7
Lituanie	164,0	255,0	91,0
Malte	187,9	204,9	18,1
Irlande	92,8	136,0	43,2
Croatie	108,5	108,5	0,0
Lettonie	5,1	8,0	2,9
Total UE	136 145,0	158 911,4	22 817,6

* Puissance électrique maximale nette, hors réseau inclus. ** Estimation. Note: 34,4 MW démantelés en France, 8,0 MW en Allemagne, 3,7 MW en République tchèque, 2,8 MW en Slovénie, 1,1 MW en Espagne, 1,1 MW à Malte. Source: EurObserv'ER 2022

- La puissance des systèmes solaires devient de plus en plus important en comparant avec les autres méthodes de productions.
- Dans l'union européenne on a augmenté de 16,75% pendant l'année 2021.

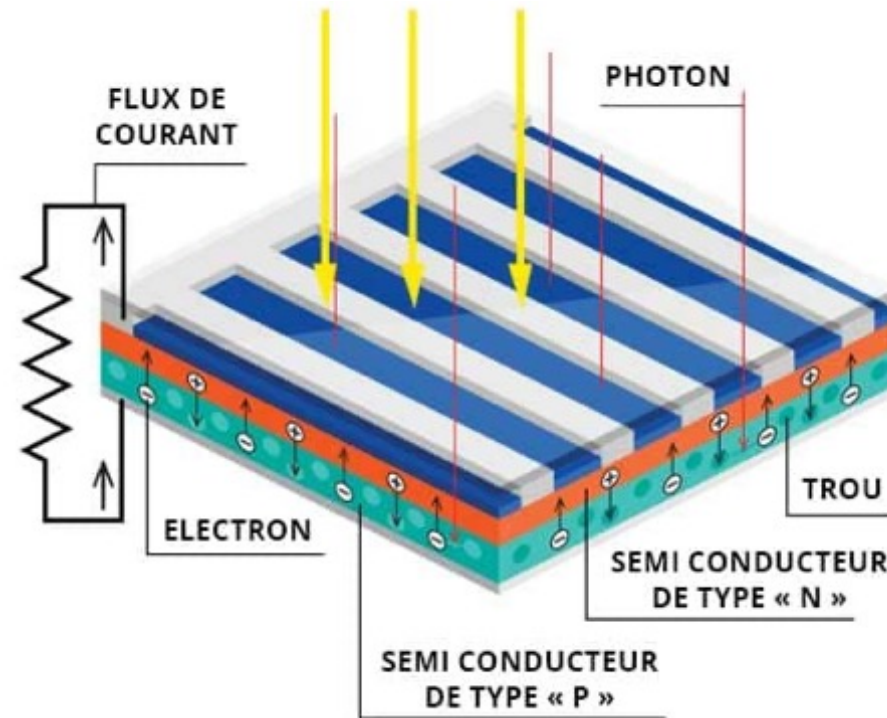




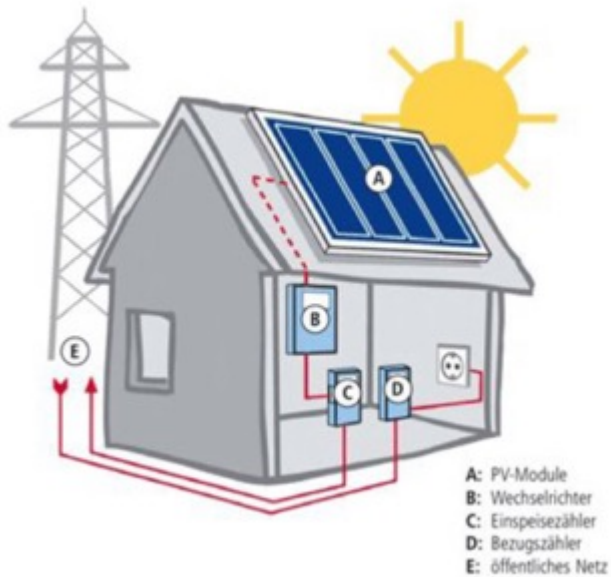
Le fonctionnement d'un module
photovoltaïque ?

Principe du module photovoltaïque

- Les rayons du soleil (photon) atteignent la cellule solaire.
- Les cellules d'un module solaire sont composées de semi-conducteurs qui, sous l'influence de la lumière du soleil, génèrent une tension électrique en leur sein.
- Lorsque les électrons se déplacent entre les deux couches du semi-conducteur, un courant électrique d'origine solaire est généré.
- Un semi-conducteur est un cristallin en silicium, qui est doté positif ou négatif avec des atomes phosphores, aluminium,.....

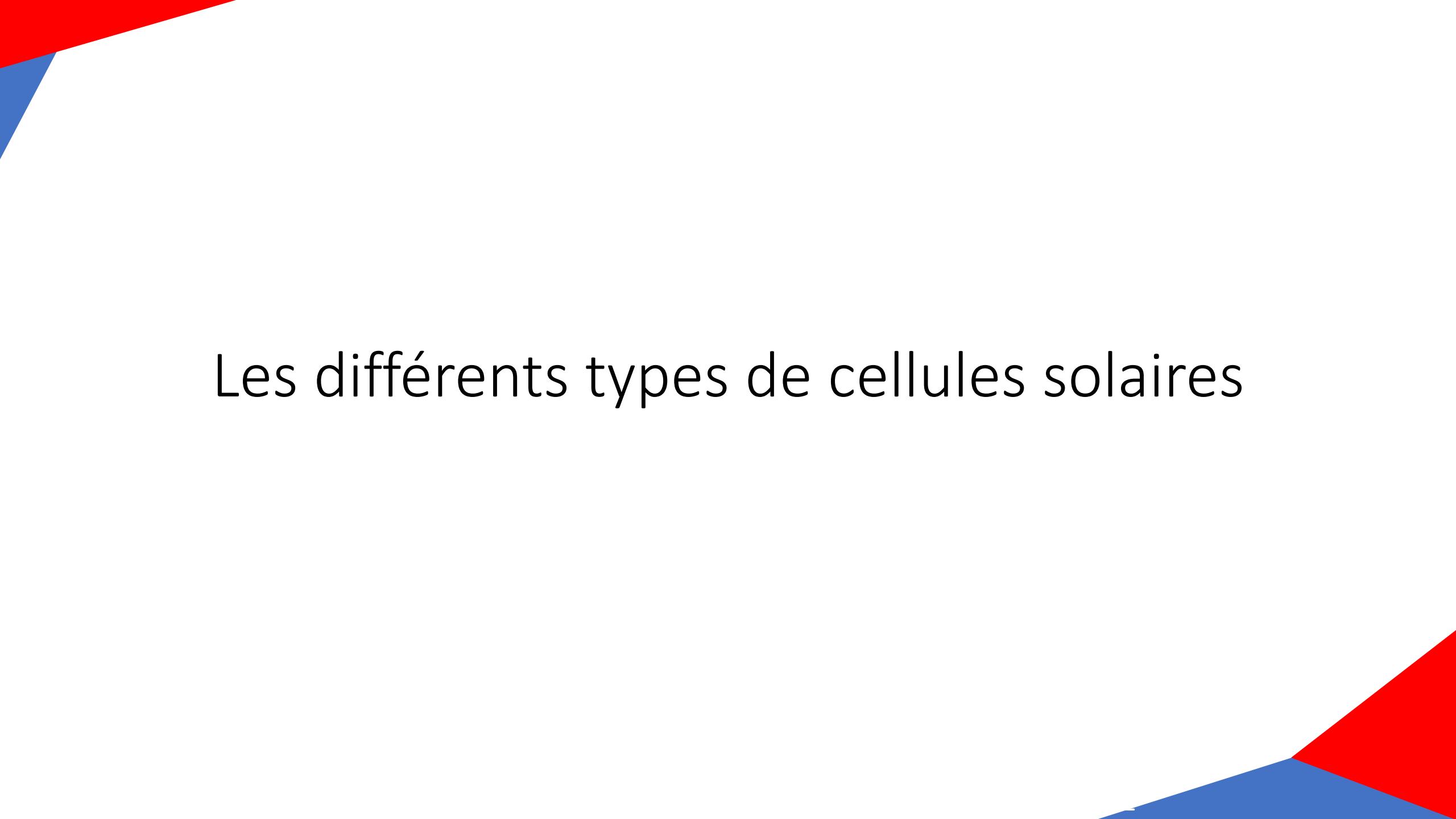


Bases d'une installation photovoltaïque



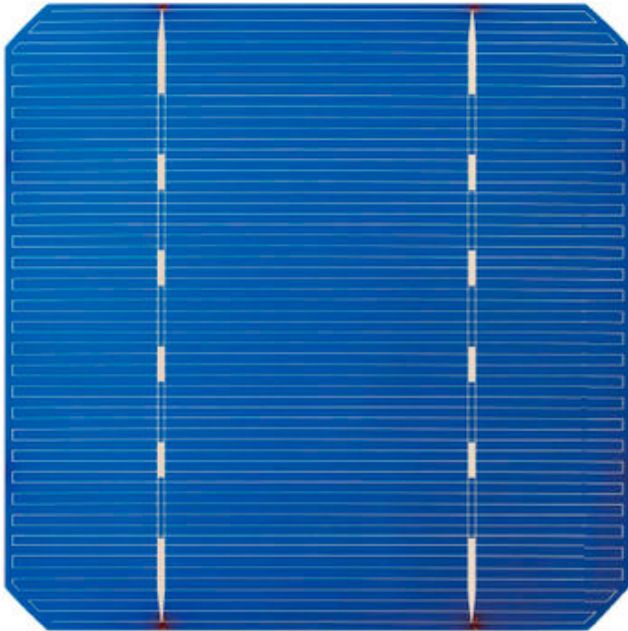
- Les modules PV (A) transforment les rayons solaires en énergie électrique, et produisent du courant continu.
- L'onduleur (B) convertit le courant continu en courant alternatif pour le rééditer dans le réseau.
- Le compteur de alimentation (C) compte le courant produit qui est injecté dans le réseau public (E).
- Le compteur de référence (D) compte l'électricité qui est produite par le réseau public.

Source: enconsulting.at



Les différents types de cellules solaires

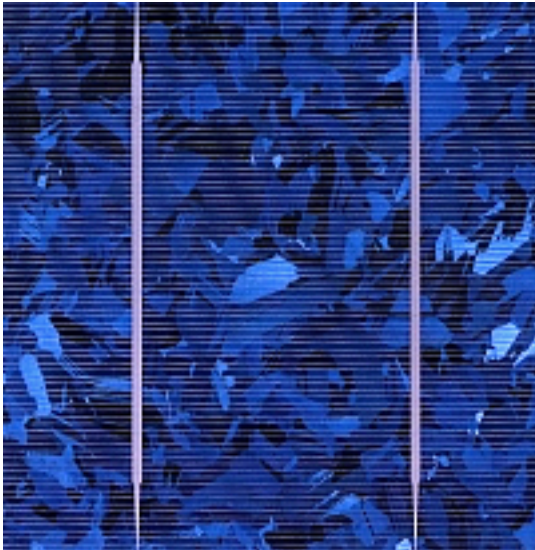
Cellules solaires monocristallines



- + Rendement très élevé ($\pm 175\text{wp/m}^2$)
- + Très longue durée de vie (± 30 ans)
- + Meilleure esthétique
- + Couleur variante, noir et uniforme
- + rendement 17-21%
- Coût de production plus élevé

Applications: installations photovoltaïques, applications architecturales

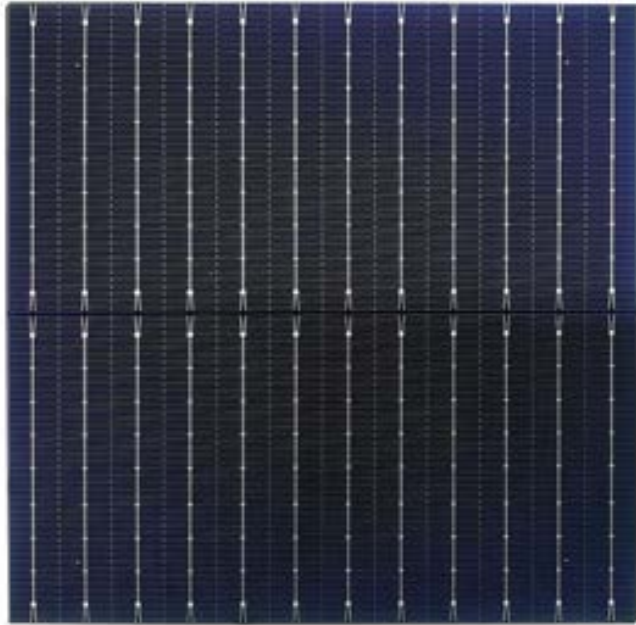
Cellules solaires polycristallines



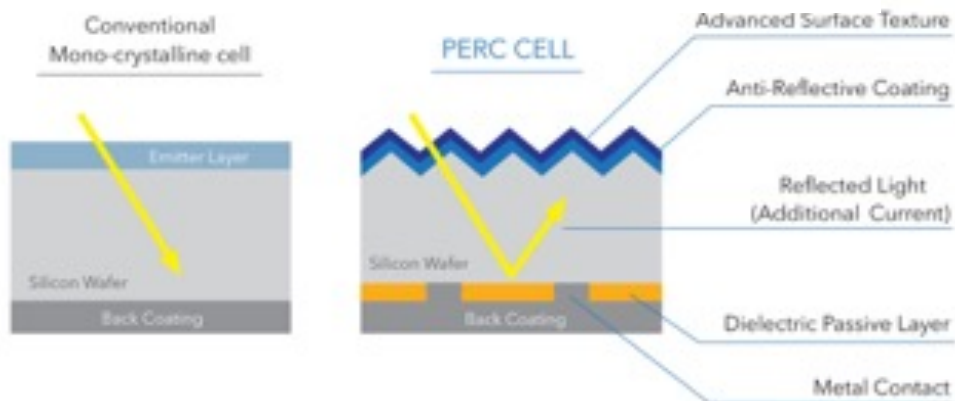
- + Rendement élevé ($\pm 160 \text{ wp/m}^2$)
- + Très longue durée de vie (± 30 ans)
- + meilleur rapport qualité-prix
- + rendement 15-20%
- Coût de production moins élevé
- Fortes réflexions

Applications: installations photovoltaïques, transport routier, etc.

Cellules solaires PERC



- + Rendement très élevé ($\pm 200 \text{ Wp/m}^2$)
- + Longue durée de vie (± 25 ans)
- + Meilleure rapport qualité-prix
- + rendement 20 - 24 %
- + Production comme non-PERC
- Bandes métalliques, mauvais esthétique pour certain application



Applications : installations photovoltaïques, applications architecturales

Comparaison des systèmes courants

Polycristalline
Efficacité: standard
Prix: standard



Monocristalline
Efficacité: standard
Prix: standard



Monocristalline-PERC
Rendement: très élevé
Prix: élevé

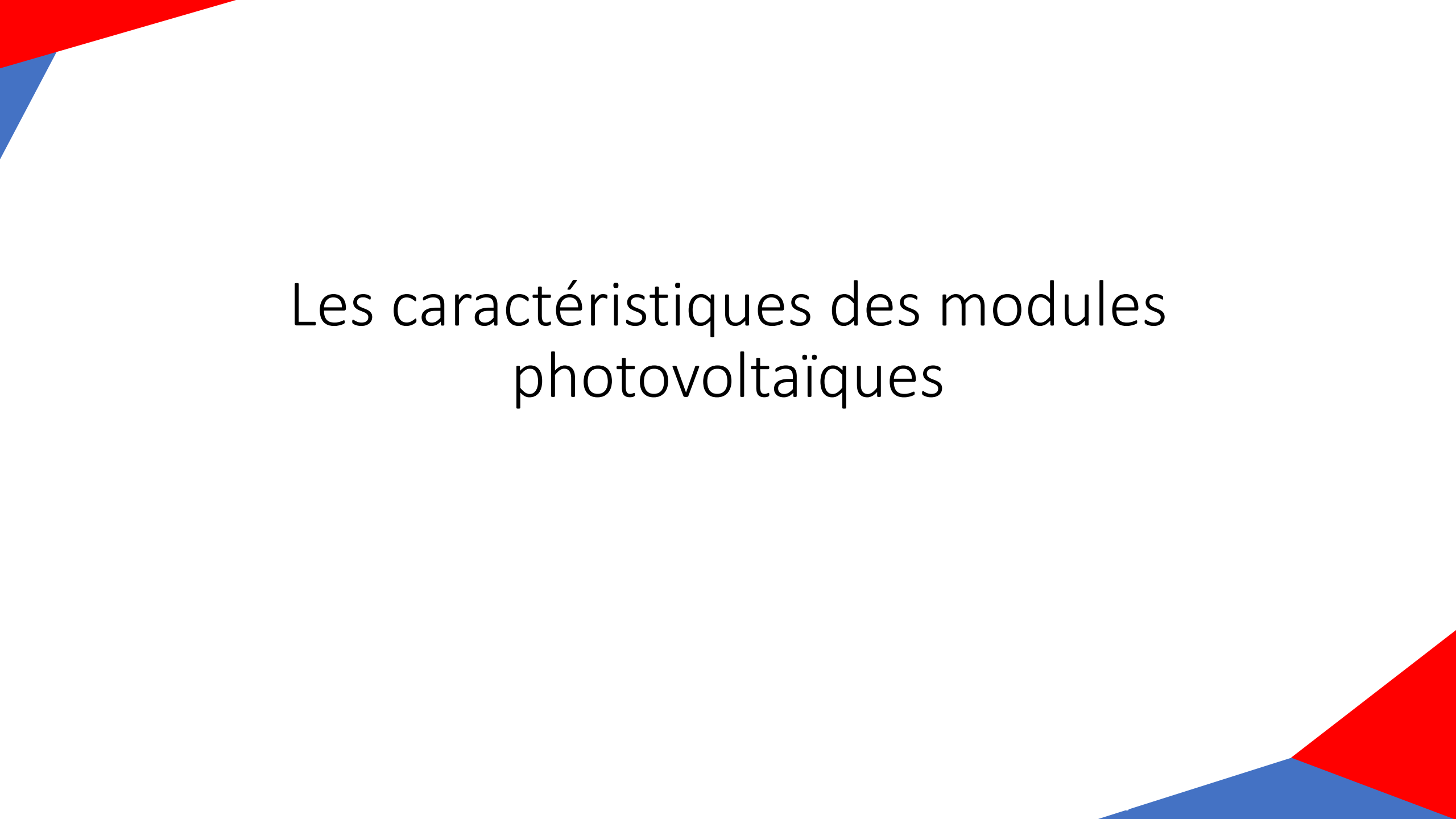


Back-contact
Efficacité: élevé
Prix: élevé



Full Black
Efficacité: standard
Prix: élevé



The slide features a white background with decorative geometric shapes in the corners. In the top-left corner, there is a red triangle pointing downwards and a blue triangle pointing upwards. In the bottom-right corner, there is a red triangle pointing upwards and a blue triangle pointing downwards.

Les caractéristiques des modules photovoltaïques

Modules photovoltaïques et les demi-cellules



- Les demi-cellules sont des cellules solaires normales qui sont coupées en deux après la production. Un module de semi-cellules a donc généralement 120 cellules par module au lieu des 60 habituels, mais il est en principe composé des mêmes matériaux. Les modules semi-cellulaires sont souvent appelés modules half-cut ou modules HC.

Interconnexion des cellules: configuration série/parallèle des cellules solaires

- Le tension courant continue est de l'ordre de 0,5 Volt (selon la technologie).
- L'assemblage de plusieurs cellules en série est appelé chaîne, la disposition parallèle de plusieurs chaînes est un module.
- Objectif de l'interconnexion des cellules solaires:
 - Grâce au circuit série/série de chaque cellule, dont la tension est inférieure à 1 Volt (selon la technologie), on obtient une tension suffisante.
 - Protection des cellules et de leurs contacts métalliques contre les conditions ambiantes, en particulier contre l'humidité.

Interconnexion des cellules: configuration série/parallèle des cellules solaires

- Protection mécanique des cellules très sensibles.
- Dans des conditions standard, la puissance d'une cellule (mono- ou polycristalline) de 10x10 cm (100 cm²) est d'une valeur de 1,25 Watt.
- Cette cellule forme donc un groupe électrogène à très faible puissance, non conforme à l'usage domestique. Le circuit de série/parallèle permet d'obtenir la tension et l'intensité souhaitées en respectant certains critères techniques, en fonction des déséquilibres existant dans un réseau cellulaire. Le circuit de série de plusieurs cellules augmente la tension à intensité de courant égal, le circuit parallèle augmente l'intensité du courant à la même tension.

Diode bypass

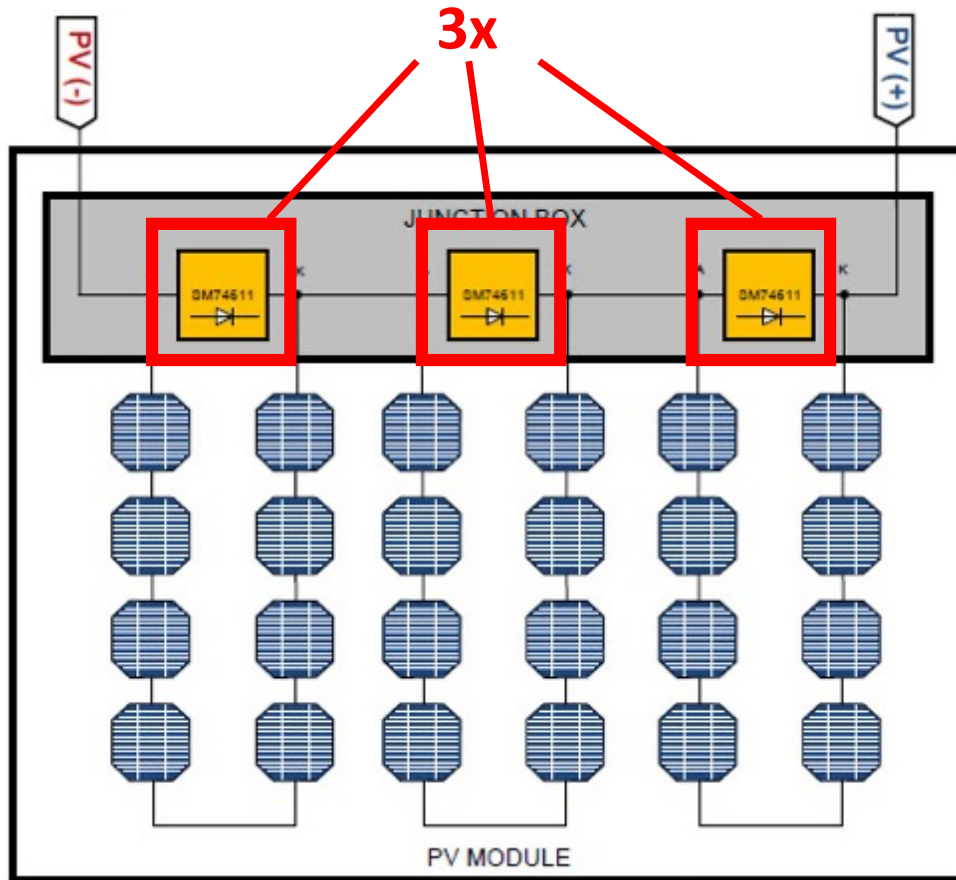
- La diode de bypass est l'une des solutions pour protéger les cellules contre tout dommage ou ombrage.
- Cette diode de bypass est généralement disposée en parallèle dans une chaîne. Si toutes les cellules de cette chaîne fonctionnent correctement, cette diode est ohmique et ne laisse donc pas passer le courant.
- En revanche, la résistance de la cellule augmente quand une cellule d'une chaîne est endommagée ou ombragée. Ceci provoque une chute de tension et une augmentation de la température dans la cellule.
- Cela provoque inévitablement une chute du flux de courant dans la chaîne affectée et risque de endommager les chaînes intactes.
- En conséquence, la résistance de la cellule endommagée ou mate dépasse celle de la diode, qui laisse alors passer le courant et permet ainsi de contourner la zone endommagée.

Les modules photovoltaïques sont généralement équipés de diodes de bypass 1, 2 ou 3, qui sont intégrées dans la prise de raccordement à l'arrière du module photovoltaïque.

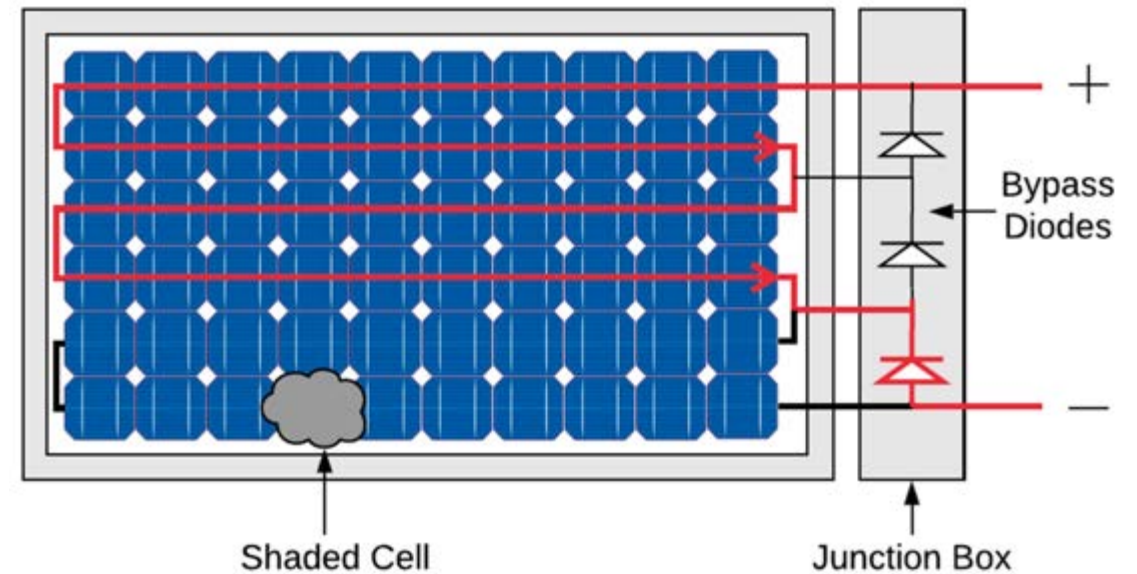
Attention:

- Sensibilité de la diode bypass en fonction de la chute de tension / résistance
- Sélection des propriétés de la diode bypass

Diode bypass



Source: elektronikpraxis.de



Source: MDPI

Puissance et efficacité

- Les modules photovoltaïques se distinguent par leur puissance de pointe et leur efficacité.
- Puissance de crête: La performance de pointe est la performance d'un module photovoltaïque. Ce n'est qu'un point de comparaison. Elle représente la puissance fournie par le module au point d'alimentation maximum (MPP / point de service) et pour un faisceau de 1000W/m^2 , mesurée perpendiculairement au panneau, dans les conditions STC.
- Conditions de test standard (température du module à 25°C , masse d'air astronomique de 1,5 et un rayonnement de 1000 W/m^2)
- La puissance nette est en pratique inférieure à la valeur théorique de la puissance de crête et diminue dans de mauvaises conditions.
- En outre, le module est généralement fixe et il n'y a que quelques minutes par jour où il est parfaitement ajourné au soleil (rayonnement vertical).
- Au Luxembourg, 1kWp (kilowatt peak) donne environ 850 à 910 kWh/an. En Espagne, 1kWp (kilowatt peak) peut fournir jusqu'à 1400/1500 kWh/an.
- Le rendement d'un module est égal à la puissance de crête par m^2 (W/m^2), divisée par 1000 W/m^2 .

Garantie et certification des modules

La certification des modules est un élément important pour choisir le bon module. Les certificats confirment certaines caractéristiques des modules qui sont importantes pour l'application.

← EN 61215:2005

EN 61730-1:2007 →



Garantie et certification des modules

SGS
100 Kennedy Drive, Steingate 11, 201107, Kurort Hartha

To:
SOLUXTEC S.A.,
Mr. Tobias Völz
74 route de Luxembourg,
L-6633 Wasserbillig
Grand Duché de Luxembourg

Dipl. Ing. (FH) Ralf Hesse
t+49 3503 380 - 121
f+49 3503 380 - 940
ralf.hesse@sgs.com
Consumer Testing Services
Microelectronics & Photovoltaics

SGS Germany GmbH
Seier Test House
Zeilweg 13
D-01737 Kurort Hartha

Kurort Hartha, 23/03/2013

FACTORY INSPECTION CONFIRMATION

Applicant • Main License Holder:
SOLUXTEC S.A.,
74 route de Luxembourg,
L-6633 Wasserbillig
Grand Duché de Luxembourg

Manufacturer:
SOLUXTEC GmbH
Werner von Siemens Straße 25,
54634 Bitburg,
Germany

Products:
PowerSlate Mono Serie Dark Blue xxx
60 cells, xxx = 210 – 250 in steps of 5W
40 cells, xxx = 140 – 175 in steps of 5W
36 cells, xxx = 125 – 155 in steps of 5W
24 cells, xxx = 85 – 105 in steps of 5W
ECCoslate Mono Serie 36, 125 - 155 in steps of 5W
ECCoslate Mono Serie 36, 105 - 130 in steps of 5W
ECCoslate Mono Serie 24, 85 - 105 in steps of 5W
ECCoslate Mono Serie 20, 70 - 85 in steps of 5W

The above mentioned manufacturing plant has been assessed during an inspection. The manufacturing plant is under a periodic factory surveillance program in the frame of SGS type approval certification acc. to IEC 61215:2005 and IEC 61730:2004

SGS confirms that main production steps:
• Cell testing
• Lamination/assembly
• Final inspection/electrical tests
of the above stated products are performed by the above-mentioned manufacturing plant, which is situated in the European Union.

Remarks:
This confirmation is based on the inspection report FI_02452633.A issued on 12/18/2012.

Kind regards,

J.A. Dr. Peter Reing
Lab Manager


i. A. Dipl. Ing. (FH) Ralf Hesse
Test Engineer / Project Manager

Steingate 13 D-20450 Hamburg t+49 40 35031-0 f+49 40 35031 www.sgs.com

The following information is not part of the standard contract. It is provided for information only and does not constitute a warranty. The information is provided for information only and does not constitute a warranty. The information is provided for information only and does not constitute a warranty. The information is provided for information only and does not constitute a warranty.

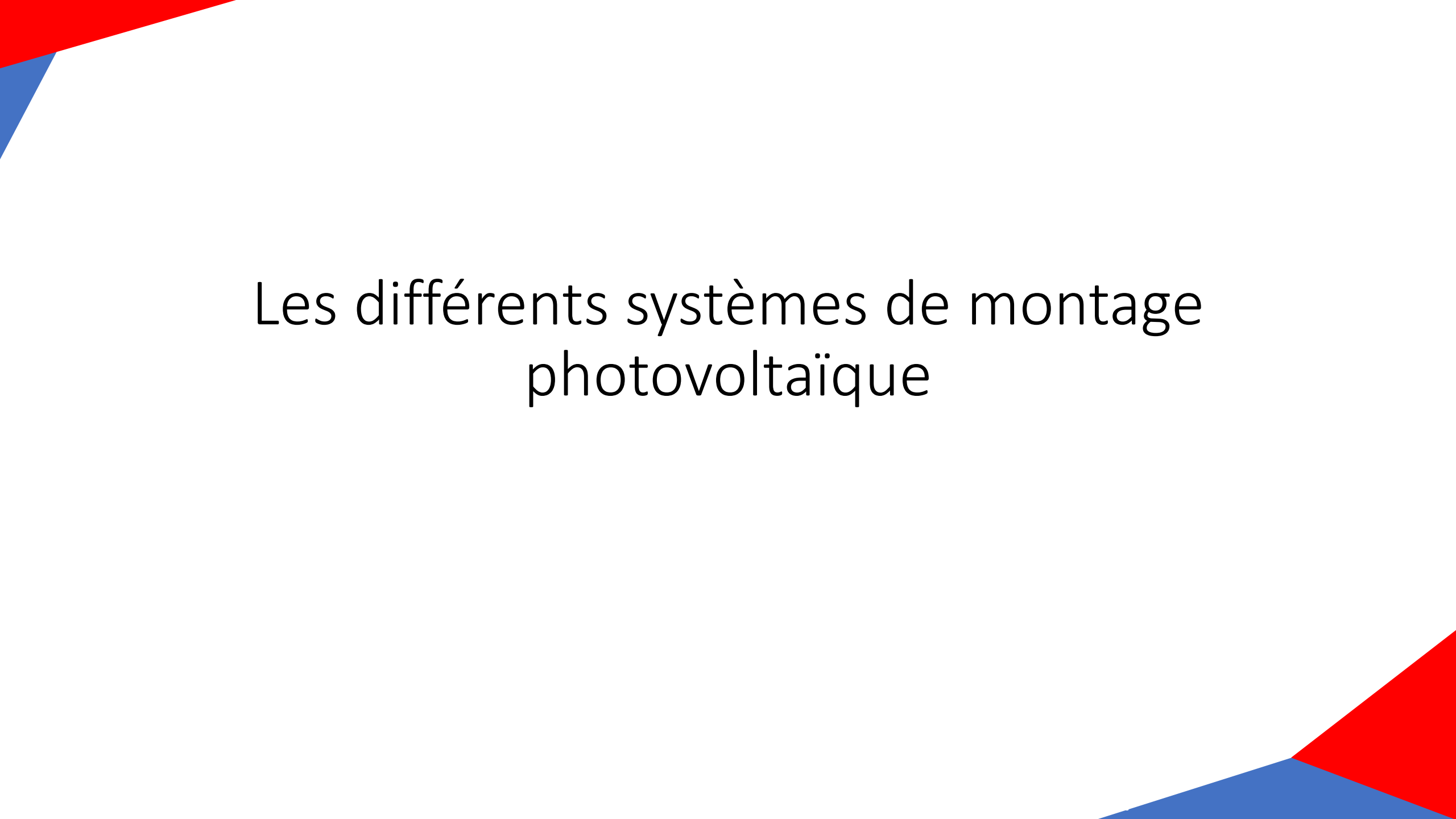
Certification 'Factory inspection'
(contrôle de l'usine)



Attention: Distinguer le lieu de
fabrication des cellules et le lieu
d'assemblage des panneaux
solaires

Garantie habituelle du fabricant

- Garantie du matériel: minimum 10 ans
 - Remplacement ou réparation de modules photovoltaïques défectueux
 - Coûts de transport et de main d'œuvre ne sont pas garanties
- Garantie de rendement:
 - Au moins 10 ans, encore 90% de rendement
 - Au moins 25 ans, encore 80% de rendement
- Essai dans les conditions d'essai standard (STC)



Les différents systèmes de montage photovoltaïque

- Installation sur le toit



Quelle: mein-eigenheim.de

- Installation d'insensage



Quelle: baulinks.de

- Installation en plein air



Quelle: enbw.com

- Floating PV



Quelle: ArcelorMittal Luxembourg

- Solartracker



Quelle: steelroots.de

- Installation en facade



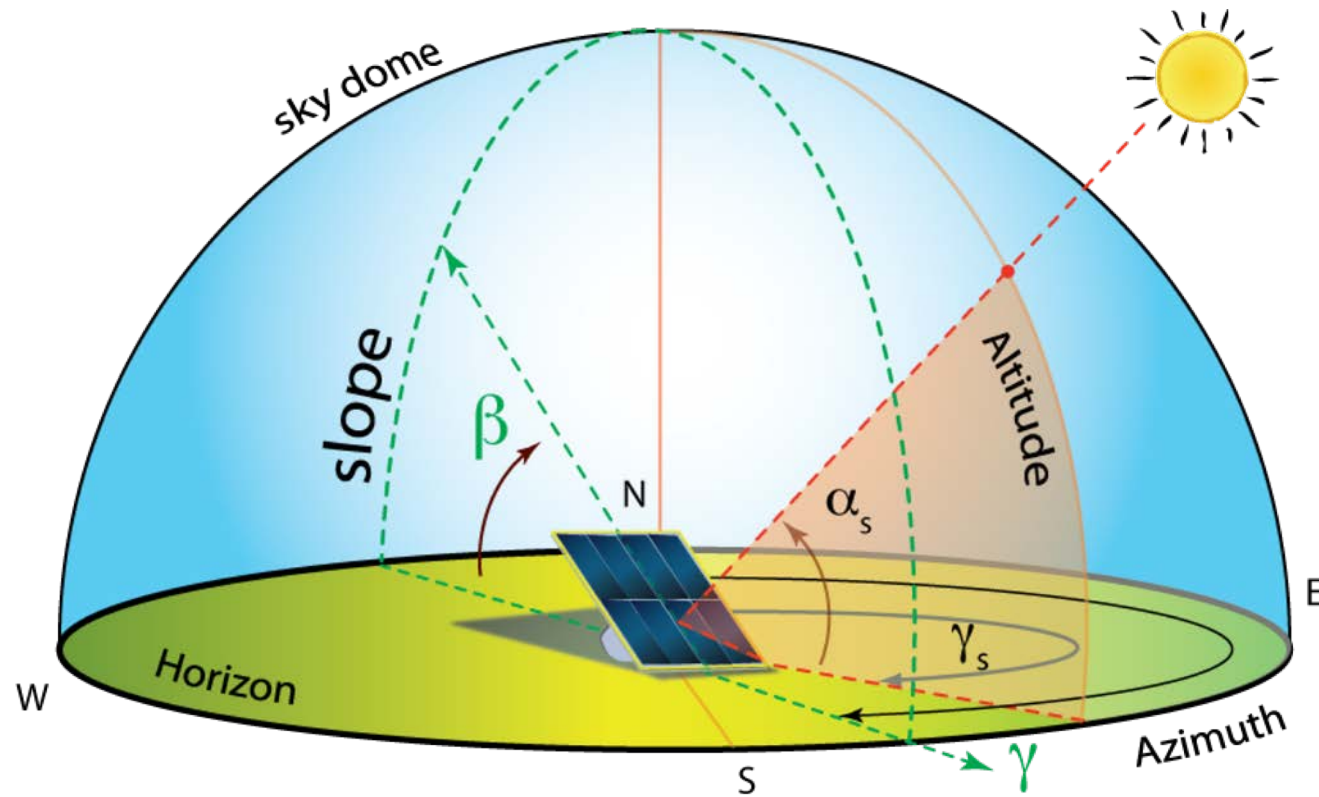
Quelle: energie-experten.org

- Installation sur balcon

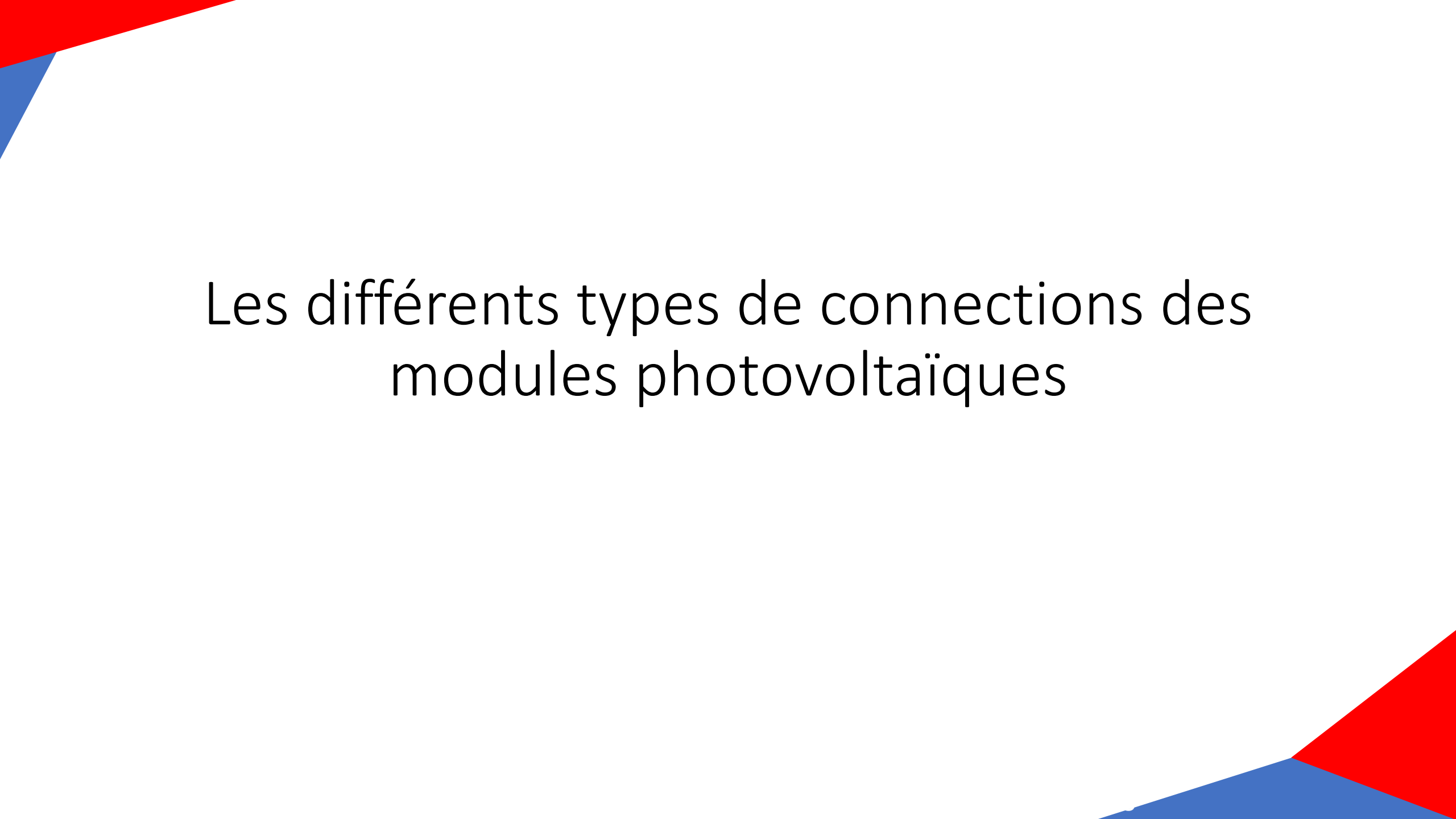


Quelle: pv-magazine.de

Orientation de montage

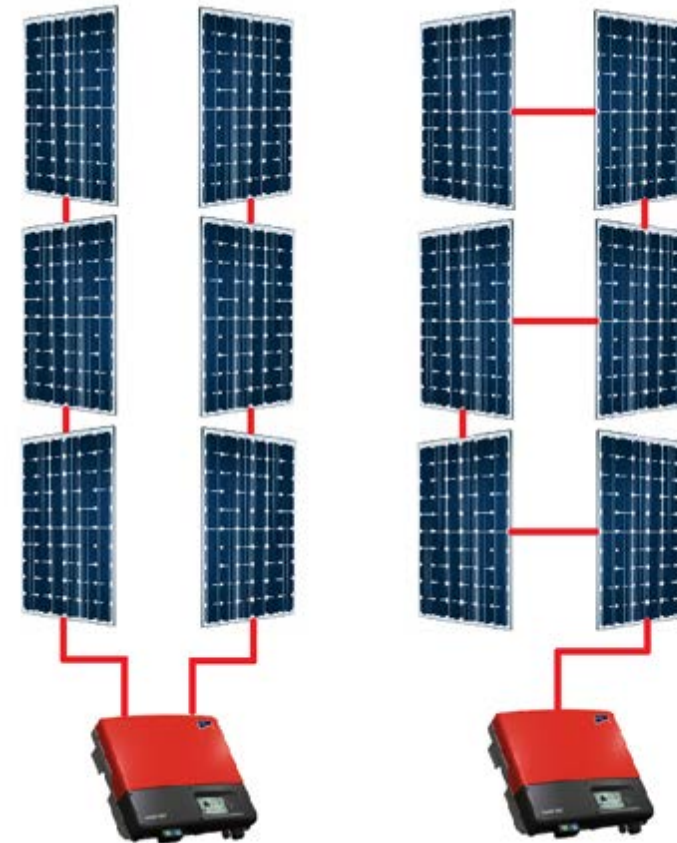
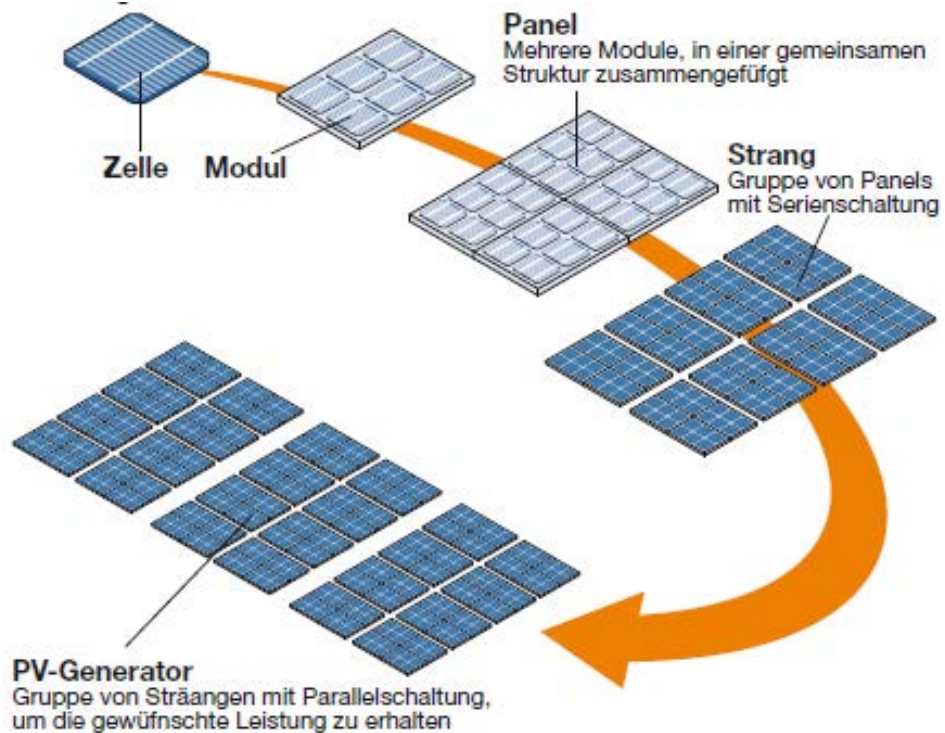


Quelle: Jeffrey R. S. Brownson © Penn State University



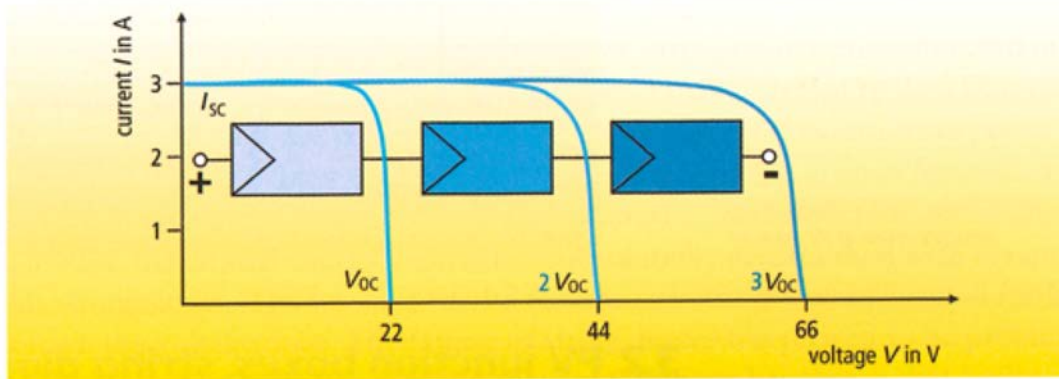
Les différents types de connections des modules photovoltaïques

Interconnexion d'une installation photovoltaïque



Interconnexion d'une installation photovoltaïque en série

- Le montage en série permet d'augmenter la tension, mais le courant reste le même. (batterie montage en série)



Source: DGS Berlin

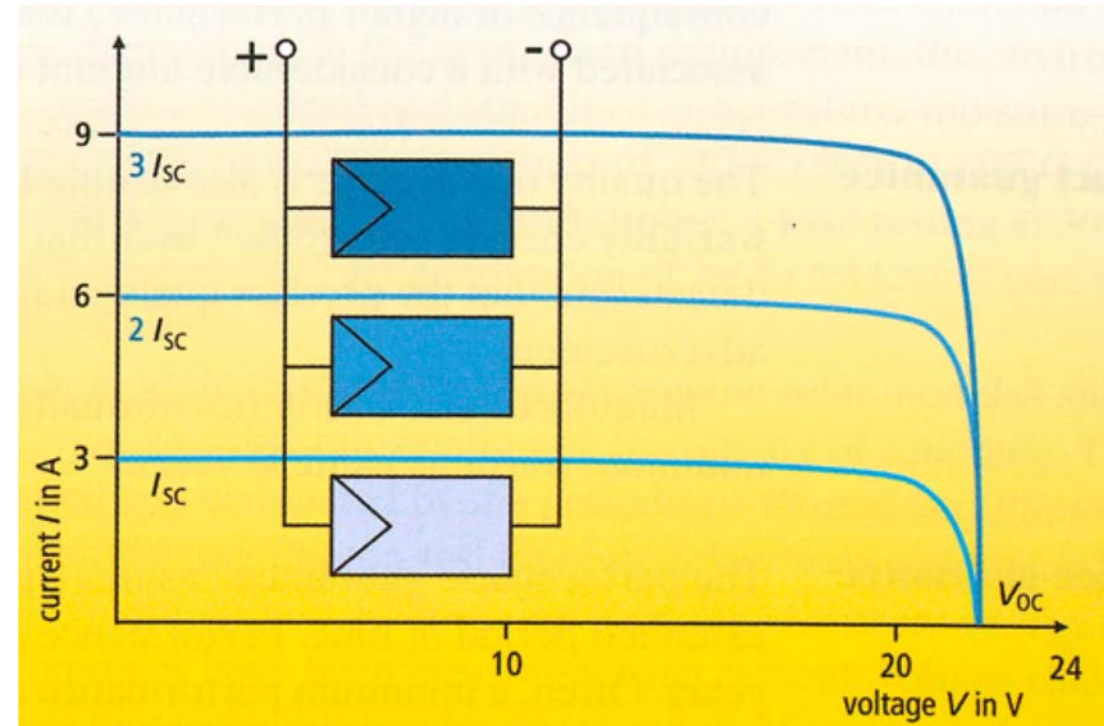
- Un panneau : 22V – 3A
- Deux Panneaux : 2*22V – 3A
- Trois Panneaux : 3*22V – 3A
- Quatre Panneaux : 4*22V – 3A

·
·
·

Interconnexion d'une installation photovoltaïque en parallèle

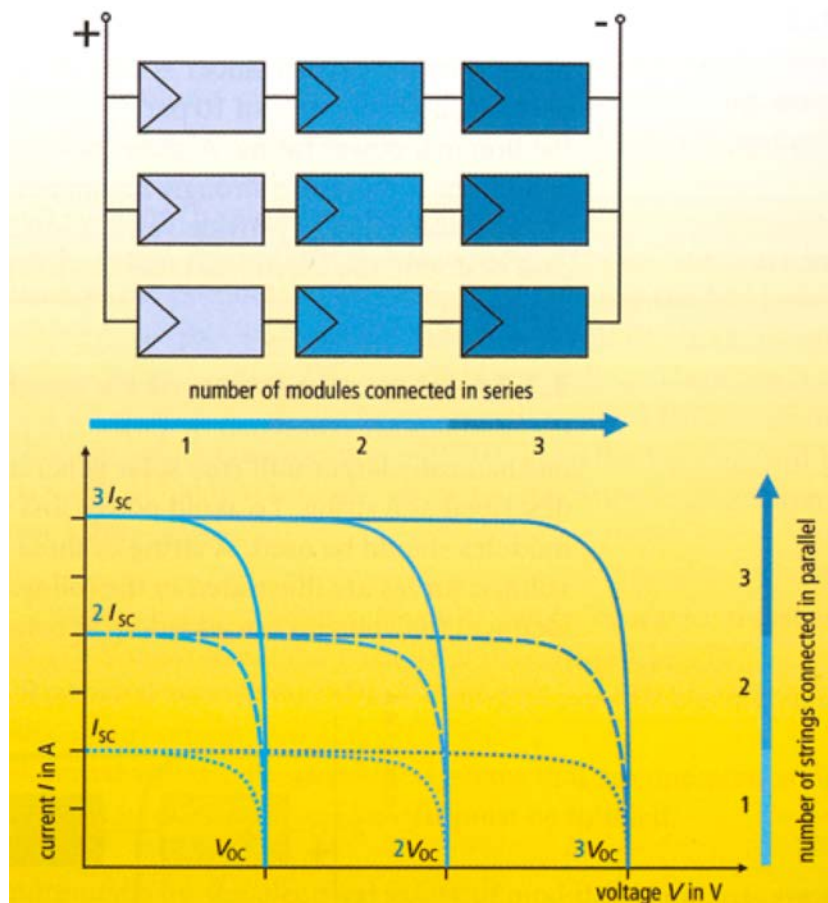
- Le montage en série permet d'augmenter le courant, mais la tension reste le même. (batterie montage en parallèle)
- Un panneau : 22V – 3A
- Deux Panneaux : 22V – 2*3A
- Trois Panneaux : 22V – 3*3A
- Quatre Panneaux : 22V – 4*3A

•
•
•



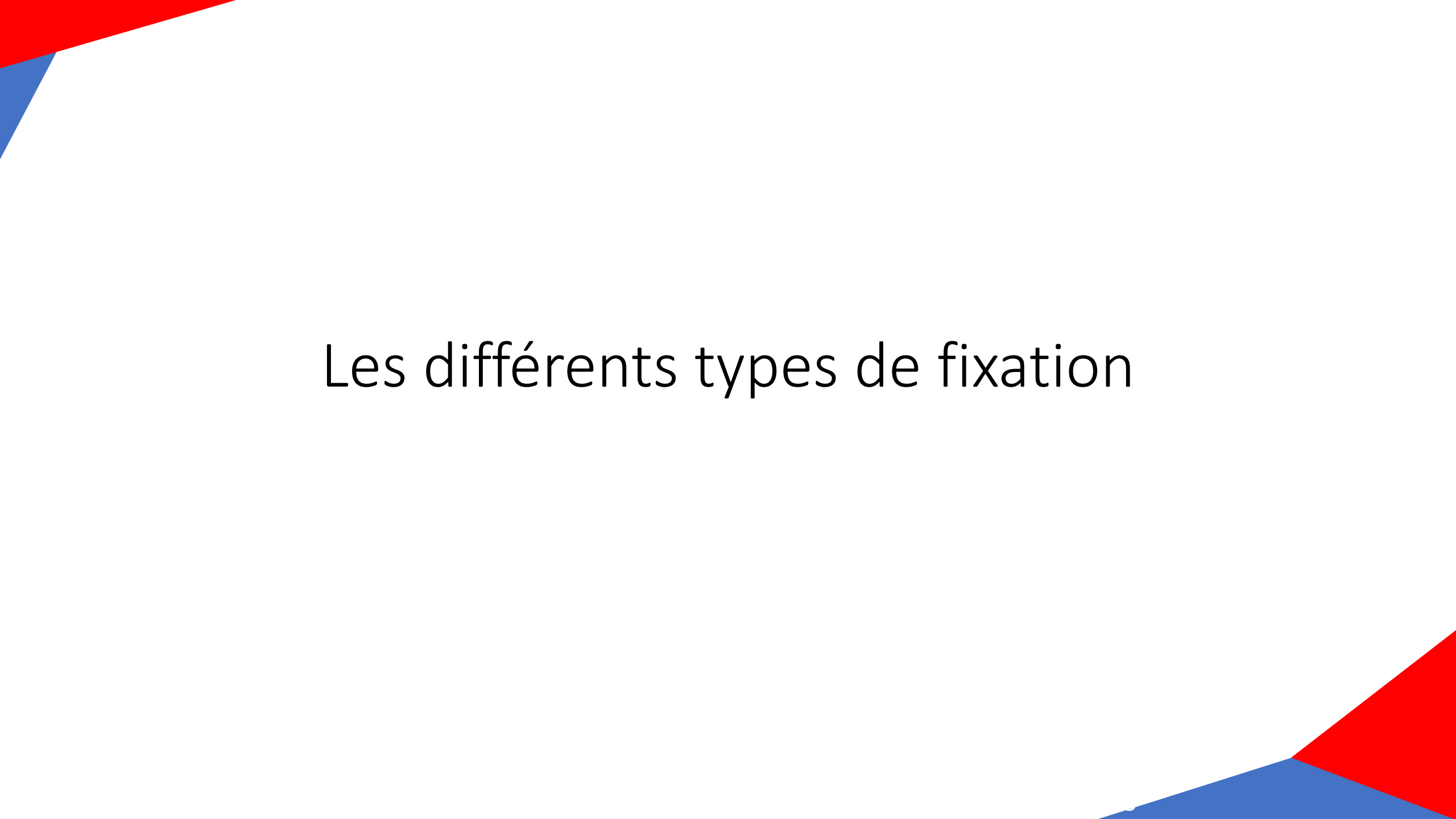
Source: DGS Berlin

Interconnexion d'une installation photovoltaïque en parallèle et sériele



Source: DGS Berlin

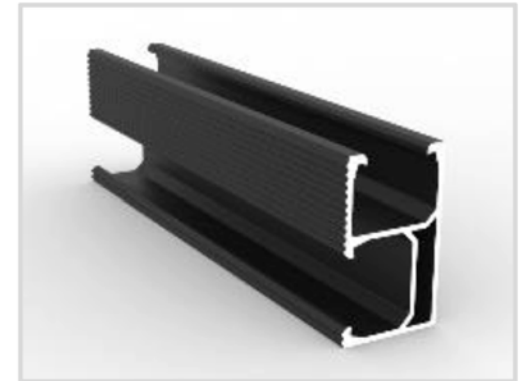
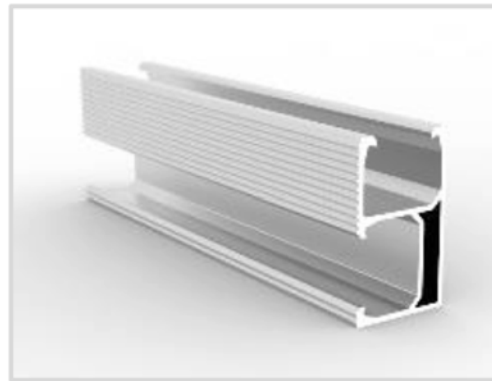
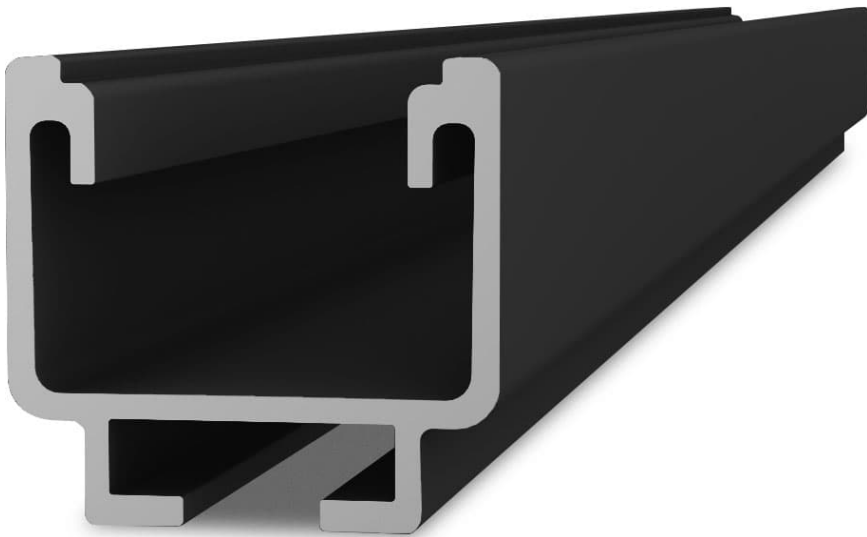
- Le montage en série et parallèle permet d'augmenter la tension et le courant.
- Le module de cellules solaires est une unité de réseau dans le générateur PV. Il se compose de cellules solaires connectées en série pour créer la force motrice et en parallèle pour fournir le courant nécessaire. Un groupe de cellules connectées en série s'appelle une chaîne de cellules solaires.



Les différents types de fixation

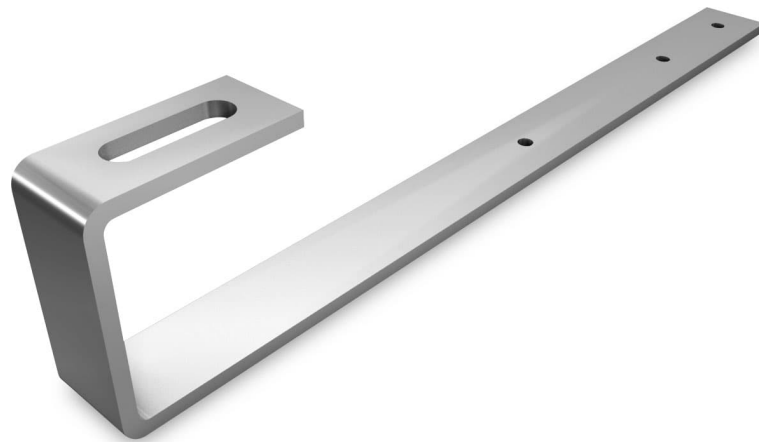
Les rails de fixation

- Les profils de fixation en aluminium pour modules photovoltaïques sont des structures légères et solides fabriquées en aluminium. Ils permettent un montage sûr et efficace des panneaux solaires sur différentes surfaces. Leur capacité d'adaptation à différents types de toits et d'inclinaisons les rend polyvalents. De plus, ils sont durables et résistants à la corrosion, garantissant une production d'énergie fiable à long terme.



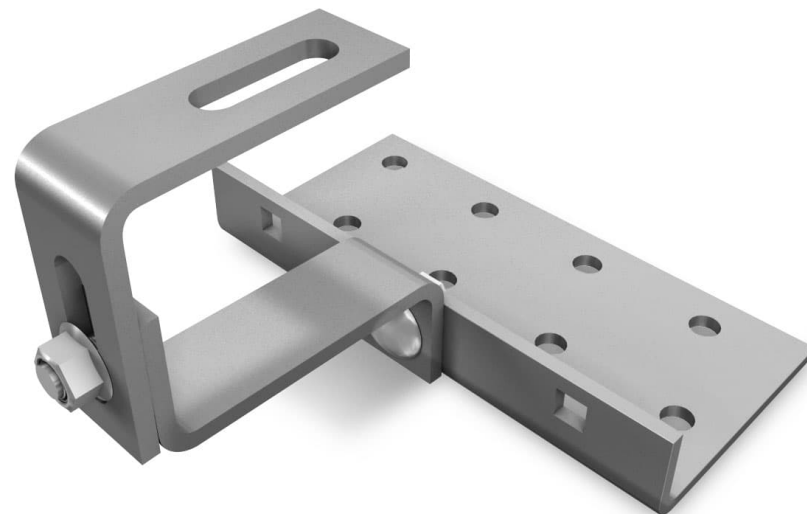
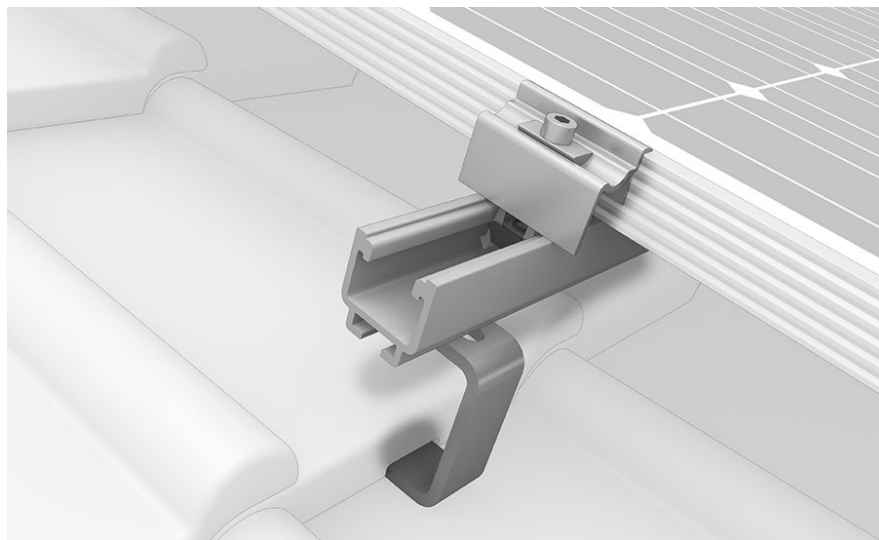
Fixation toiture ardoise

- Les fixations pour ardoises revêtent une importance cruciale dans l'intégration de panneaux photovoltaïques sur des toits en ardoise, car elles permettent de préserver l'intégrité architecturale et la fonctionnalité structurelle tout en garantissant une fixation sécurisée. Il est impératif de souligner la nécessité d'une attention méticuleuse portée à l'étanchéité, étant donné que cette opération peut s'avérer plus complexe du fait des spécificités inhérentes aux toitures en ardoise.



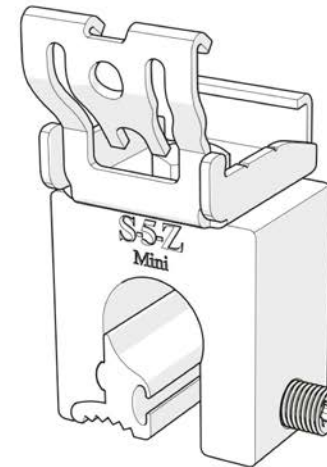
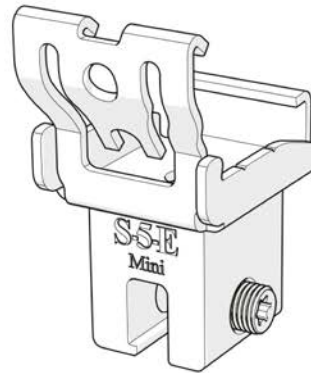
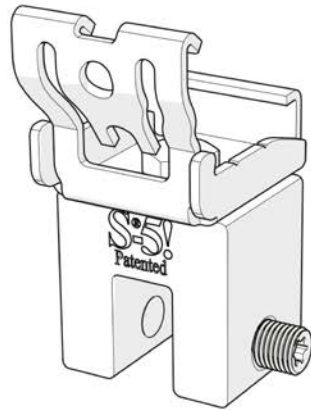
Fixation toiture tuile

- Les différents ensembles de fixation se composent d'un profil de base et d'une équerre. Ces ensembles de crochets de toit peuvent être parfaitement adaptés à n'importe quel toit en tuiles. Ainsi, ils permettent de créer un champ de modules homogène, même sur des toits irréguliers.



Fixation toiture métallique - Zinc

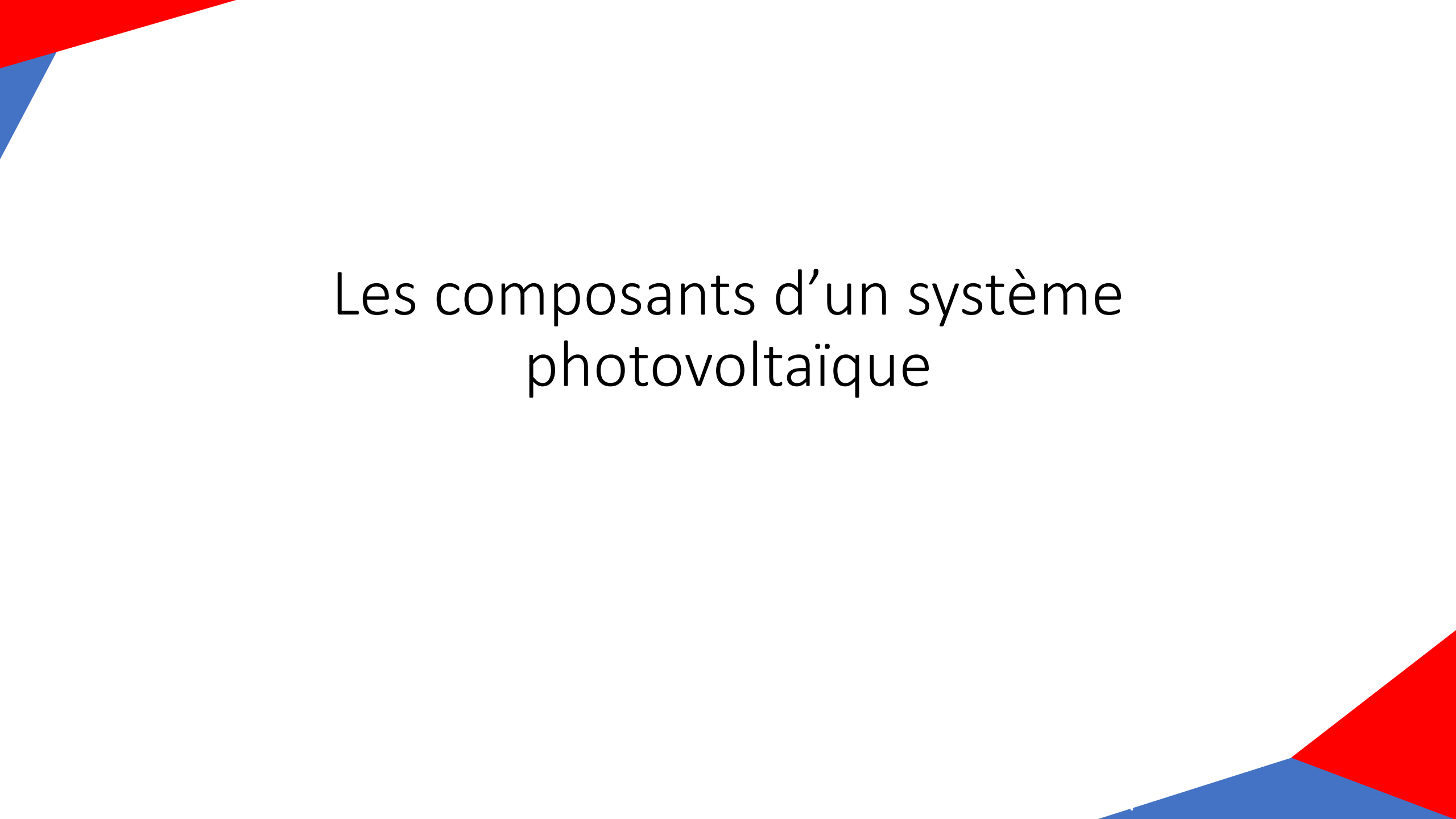
- Que ce soit pour une toiture à joint debout, une toiture à joint rond ou une toiture en tôle profilée, le principe de fonctionnement de la pince reste toujours le même. Il s'agit d'une pince qui serre le pli avec une vis sans fin.



Fixation toiture métallique - Tôle trapézoïdale/ Panneaux sandwichs

- La fixation est montée sur la toiture en tôle trapézoïdale et constitue une base solide pour les panneaux solaires. Elle est généralement fabriquée à partir de matériaux robustes tels que l'aluminium ou l'acier inoxydable, afin de résister aux intempéries. Sa forme spécifique est conçue pour s'adapter au profil de la tôle trapézoïdale et permettre une fixation stable.





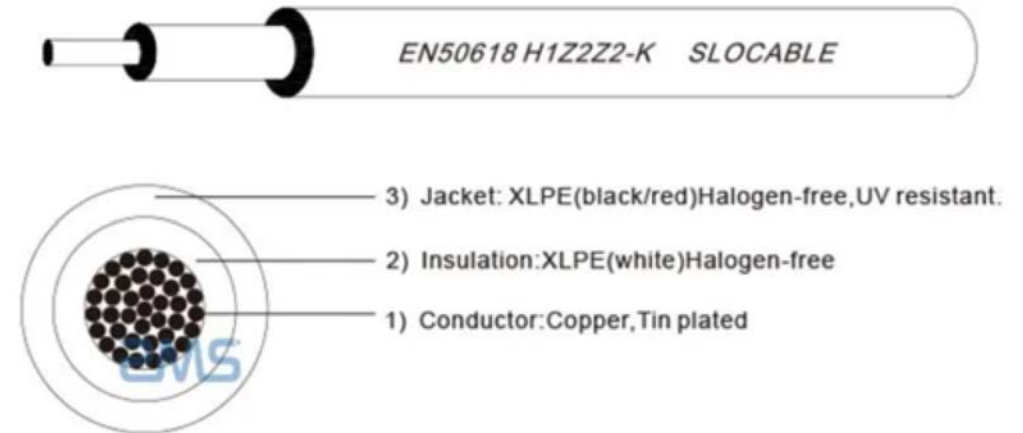
Les composants d'un système photovoltaïque

Les câbles

Photovoltaic Solar H1Z2Z2-K Cable



Source : Eland Cables



Source : ZMS KVCable

- Les câbles pv existent en différentes sections et couleur.(2.5mm², 4mm², 6mm², 10mm²,...)
- Cela signifie bien sûr que l'on doit calculer la section correcte pour l'installation donnée.

Le raccordement

Un connecteur de câble PV relie les panneaux solaires aux autres éléments d'un système d'énergie solaire. Il transporte l'électricité des panneaux solaires vers d'autres composants, comme un onduleur ou un régulateur de charge. Ces connecteurs ont généralement deux ou trois broches et un mécanisme de verrouillage pour une connexion sécurisée. Les connecteurs MC4 sont les plus populaires car ils sont faciles à installer, étanches et transportent beaucoup de courant. Il est important de connecter correctement les broches positives et négatives, généralement indiquées par les couleurs rouge et noire. Il est essentiel d'utiliser les bons connecteurs et de les installer correctement pour que le système solaire



Source : Phoenix Contact

Le raccordement



Source : Knipex



Le commutateur/interrupteur de charge AC et DC



Source : ABB



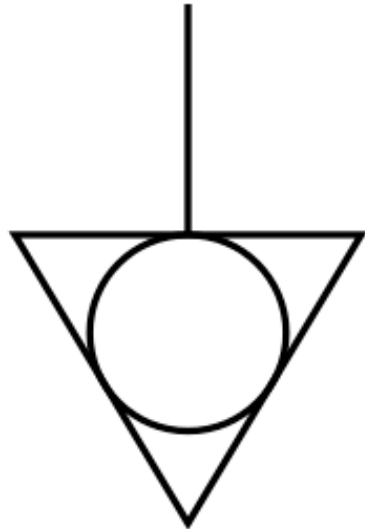
Compensation du potentiel / Mise à la terre

- Si des points de potentiel différents sont reliés entre eux, l'écart de potentiel entre eux est compensé. Une tension électrique ne peut alors plus être mesurée entre les points et donc l'équilibre du potentiel est établi.
- La connexion d'un point de l'installation électrique avec le sol est appelée la mise à terre. Cette connexion peut accomplir par des tâches spécifiques, z.B.
 - Protection contre l'effet direct et indirect d'un choc électrique (protection des personnes)
 - Protection contre la foudre
 - Assurer la compatibilité électromagnétique
 - Protection ou utilisation de certains moyens de fonctionnement .B onduleurs
- L'équipotentialité et la mise à la terre sont complémentaires dans un système de protection efficace les installations de PV et doivent toujours être effectués selon la norme VDE 0100. Cela concerne tous les composants et éléments ,accessibles'.

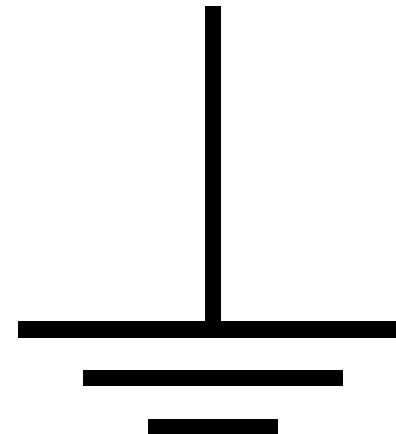
Compensation du potentiel / Mise à la terre

- Les modules de classe 2 ne doivent pas obligatoirement être mis à la terre

Compensation du
potentiel



Mise à la
terre

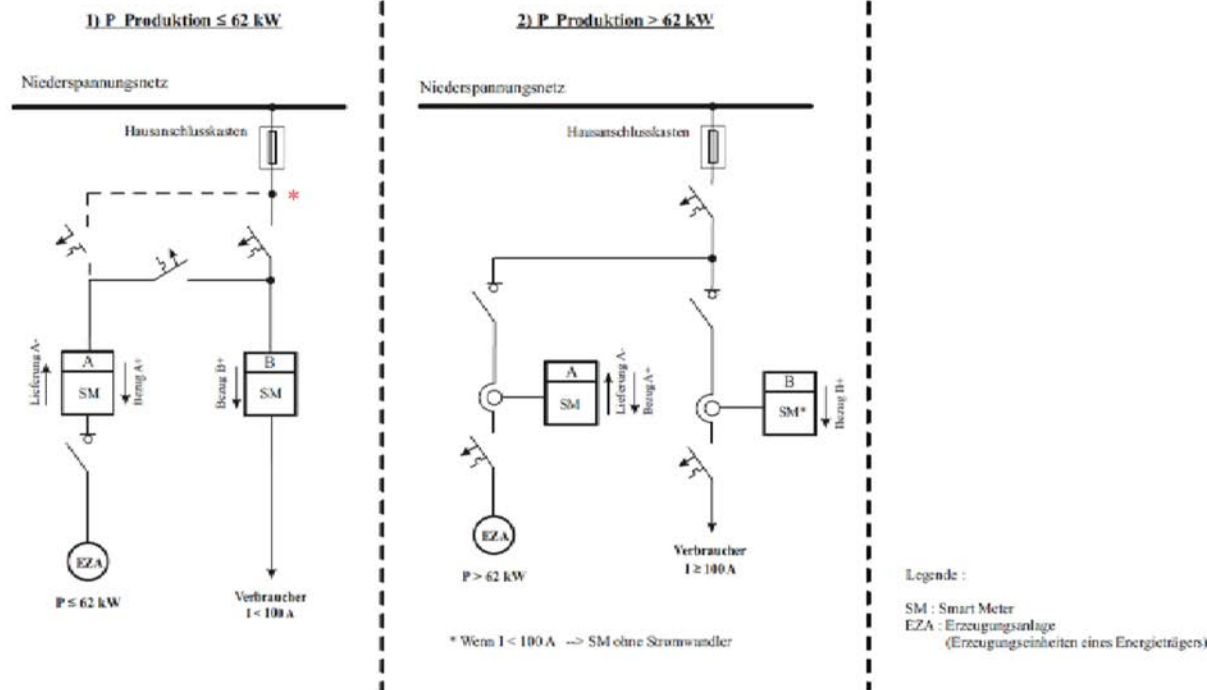


Compensation du potentiel / Mise à la terre du côté AC

- L'onduleur doit être protégé par un interrupteur de protection
- Un compteur d'alimentation est installé parallèlement au compteur de consommation (Par l'opérateur du réseau)
- Il faut préparer un emplacement de compteur pour le gestionnaire de réseau, qui exige une protection avant et après le compteur ainsi qu'une borne de compteur. (voir TABLEAU 10)
- La perte de tension du côté AC doit être inférieure à 3%, et le choix du type de câble doit être adapté aux circonstances.

Schémas standard de raccordement des installations de production au réseau basse tension selon : CREOS TAB

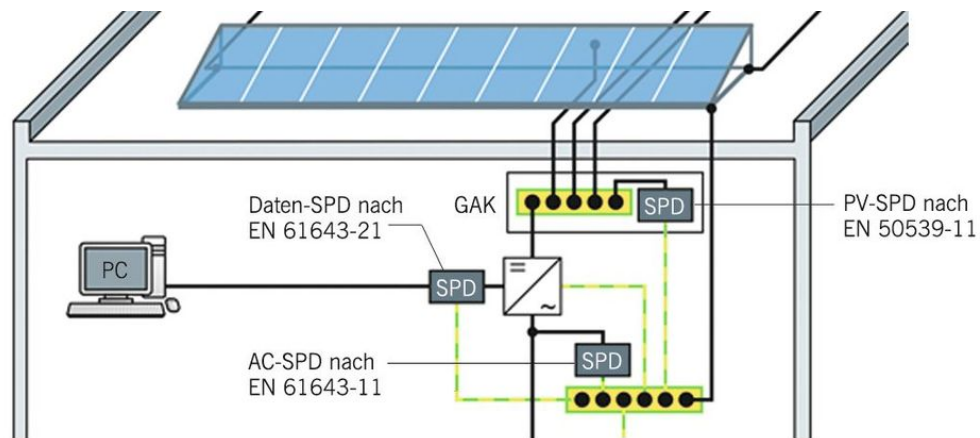
Einspeisung der gesamten Energieproduktion ins Niederspannungsnetz



* Sind der Inhaber der EZA und der Anschlussnehmer verschieden, erfolgt der Anschluss der EZA vor der Überspannungseinrichtung des Verbrauchers.

23.09.2016

Protection contre la surtension



- Une protection contre la surtension doit être utilisée dans les installations photovoltaïques sur le côté DC et sur le côté AC
- Dans les systèmes photovoltaïques normaux, une protection anti-surtension Typ 2 est utilisée.
- Si une installation PV est mise dans la protection contre la foudre, un dispositif de protection contre la surtension Typ 1+2 doit être utilisé

Protection contre la foudre

- Par système de protection contre la foudre, on entend les précautions à prendre contre les effets néfastes des impacts de foudre sur les installations.
- La foudre peut aussi faire des dégâts indirectement, par induction du champ électromagnétique, via des lignes électriques ou des pièces métalliques telles que des tuyaux.
- Un coup de foudre peut provoquer un incendie
- Un système de protection contre la foudre ne peut offrir une protection absolue.
- La protection extérieure contre la foudre offre une protection en cas de foudre directe dans l'installation à protéger. Il se compose de dispositifs de capture, de parafoudre et de mise à la terre

Protection contre la foudre intérieure

- La protection contre la surtension, qui représente la protection contre la foudre intérieure, sont les mesures contre les surtensions de toutes sortes. Les effets d'un impact de foudre à environ 1,5 km sont également transmis aux installations électriques et. La protection contre la foudre intérieure protège également contre les effets venant du réseau.
- Protection des objets et des personnes



L'onduleur

Le fonctionnement de l'onduleur

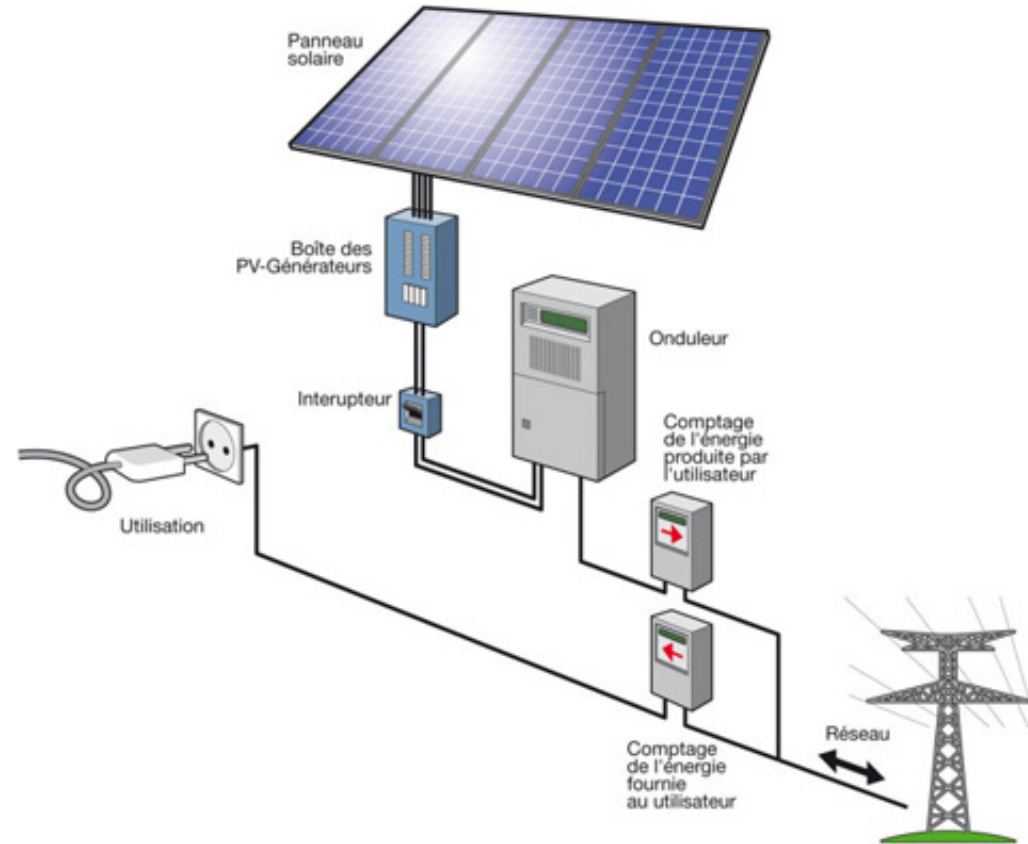
Outre les modules solaires, l'onduleur - également appelé inverseur - est un élément important d'une installation photovoltaïque. Les modules photovoltaïques produisent du courant continu (DC). Cependant, la plupart des consommateurs électriques ont besoin de courant alternatif (AC). L'onduleur est chargé de rendre le courant obtenu utilisable. Les bonnes onduleurs garantissent, par le biais de fonctions telles que le 'maximum power point tracking', que le rendement global de l'installation est aussi élevé que possible. Le type d'onduleur nécessaire dépend de la taille de l'installation photovoltaïque. L'installation de l'onduleur le plus près des modules solaires minimise les pertes de puissance.

L'onduleur en quelque point



- L'onduleur se synchronise automatiquement sur le réseau électrique
 - Même tension
 - Même fréquence
 - Même impédance
- Cherche automatiquement le MPP (point d'alimentation maximum) - Module (tension/courant) vs onduleur -> optimisation constante de la puissance de l'installation -> MPPT – Maximum
- Power Point Tracker
Se sépare automatiquement du réseau électrique en cas de panne de tension sur le réseau électrique

La position de l'onduleur dans un système photovoltaïque



The image features a white background with decorative geometric shapes in the corners. In the top-left corner, there is a red triangle pointing downwards and a blue triangle pointing upwards. In the bottom-right corner, there is a red triangle pointing upwards and a blue triangle pointing downwards.

Le stockage d'électricité

La batterie



Les batteries nous permettent de stocker le surplus d'électricité et de l'utiliser au bon moment.

Capacité : de 0.1kWh à 100kWh

Type de batteries :

- Batterie Pb
- NiCd
- NiMH
- Lithium (Li-ion, Li-Po, LiFe-Po,...)

La batterie et le futur

- L'idée est de tout coordonner de manière à pouvoir fonctionner en autarcie ou presque.
- Cela signifie que non seulement le logement, mais aussi la mobilité, doivent être pris en compte.
- Cela soulagerait également les opérateurs de réseau et ferait progresser la transition énergétique.



Source : Energreen

Le volant d'inertie



- Le volant d'inertie permet le stockage d'électricité en forme d'énergie mécanique.
- Des taux de puissance élevés et spécifiques
- Charge et décharge en quelques secondes
- Technologie pratiquement sans usure et sans entretien
- Capacité durable indépendamment des cycles de charge

Formation de base sur le photovoltaïque

