

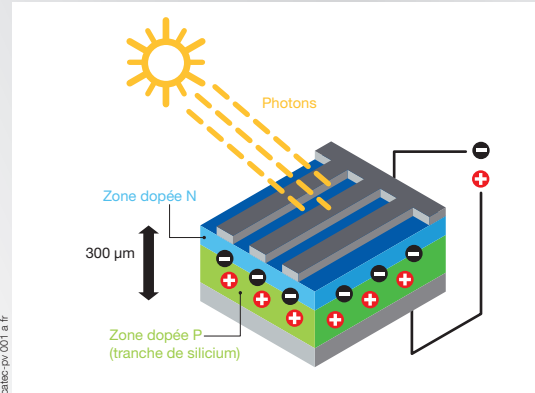
L'installation photovoltaïque

Principes généraux photovoltaïques

↳ La cellule photovoltaïque

• La conversion de l'énergie solaire

En frappant les cellules semi-conductrices à base de silicium (ou d'autres matériaux) qui constituent le panneau solaire, les photons du rayonnement solaire provoquent l'apparition d'un courant électrique continu de l'ordre de quelques ampères sous une tension de l'ordre de quelques centaines de millivolts.



• La « diode » photovoltaïque

Une diode photovoltaïque exposée à la lumière se comporte en générateur de courant d.c., comme indiqué dans le quadrant Q4 de la figure 1.

Dans le noir, cette cellule se comporte pratiquement comme une diode classique.

En cas de défauts dans l'installation ou dans la cellule, cette dernière peut se comporter en récepteur selon les quadrants Q1 ou Q3.

Q1 => $U > U_{oc}$: cette situation se présente lorsque la tension directe (U) appliquée à la cellule PV est plus grande que sa tension en circuit ouvert (U_{oc}), comme dans une diode polarisée « en tension directe ».

Q3 => $I > I_{sc}$: dans ce cas, le courant direct (I) imposé au module est plus élevé que celui I_{sc} qu'il est capable de générer, en court-circuit et en fonction de son ensoleillement, comme dans une diode polarisée « en tension inverse ».

De façon générale, le quadrant Q4 est utilisé de façon inversée pour y faciliter la lecture du comportement des générateurs photovoltaïques en fonctionnement « normal ».

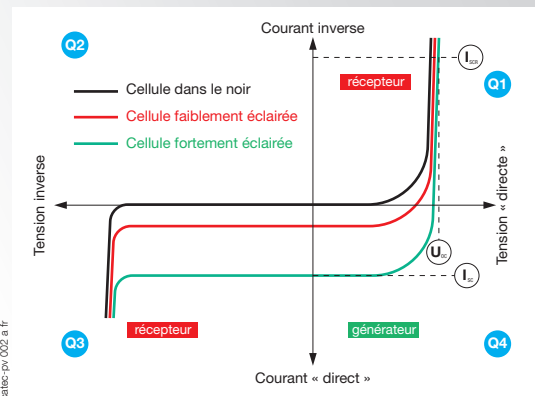
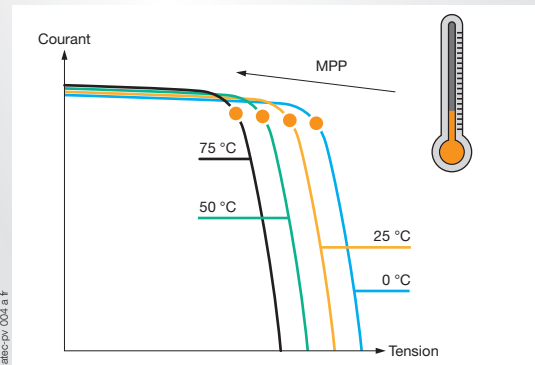
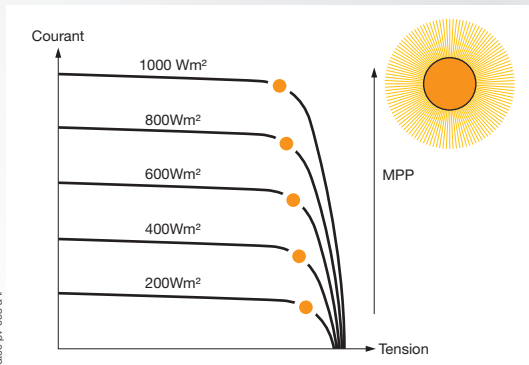


Fig. 1.

↳ L'influence de la lumière et de la température

La puissance disponible sur un générateur photovoltaïque est liée à l'augmentation du rayonnement solaire qui impacte directement l'intensité générée.

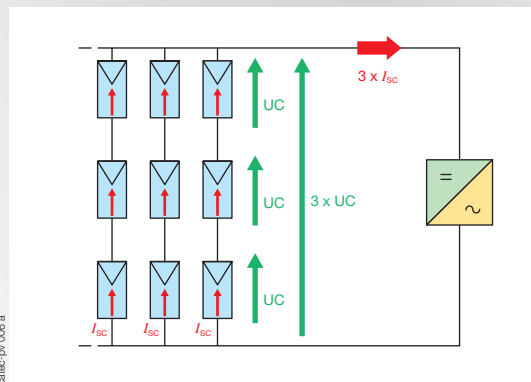
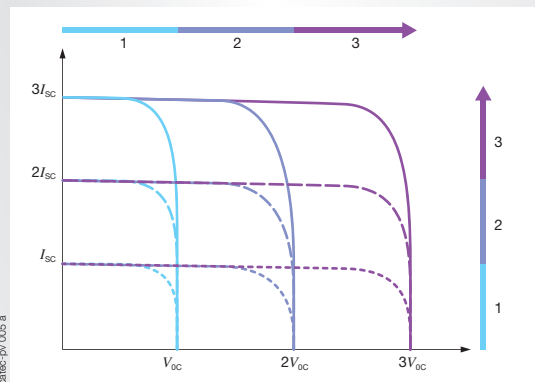
Une augmentation de la température va réduire la puissance (MPP) disponible en affectant la tension des cellules.



L'architecture photovoltaïque

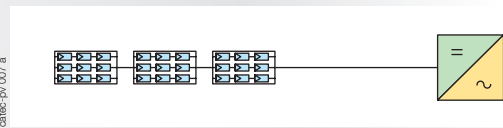
Module et Chaîne PV (ou string PV)

La mise en série de cellules va permettre d'augmenter la tension disponible d'un module, et la mise en parallèle des cellules va permettre d'augmenter le courant disponible de ce module.

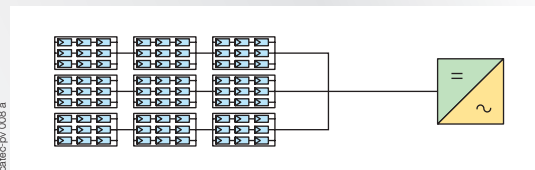


Générateur photovoltaïque

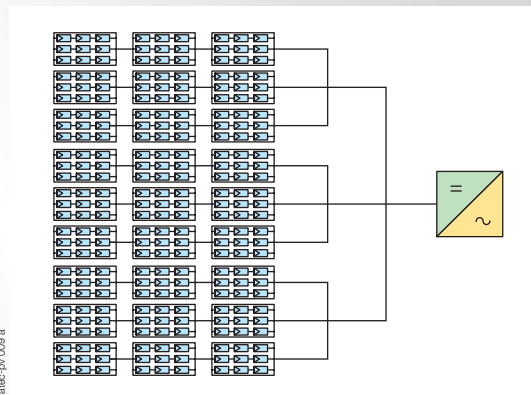
Les modules mis en série vont créer la tension utile d'une chaîne. Le couplage en parallèle de chaînes de même tension va créer des groupes permettant d'augmenter le courant, donc la puissance du générateur.



Exemple d'un générateur d'une chaîne de 3 modules.



Exemple d'un générateur d'un groupe de 3 chaînes de 3 modules.





Exemple d'un générateur de 3 groupes de 3 chaînes de 3 modules.

L'architecture photovoltaïque (suite)

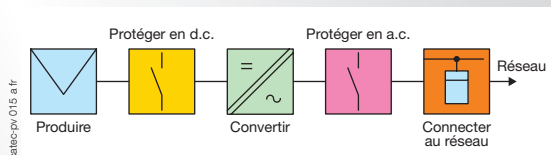
➤ Onduleurs

Une installation photovoltaïque est constituée de façon générique des fonctions :

- de génération de l'énergie d.c., avec les panneaux photovoltaïques,
 -  Produire
- de protection d.c., avec des appareillages :
 - de coupure,
 - de protection contre les surintensités,
 - de protection contre les surtensions (atmosphérique ou d'exploitation),
 - de surveillance complémentaire de dégradation de l'isolement,
- de conversion d.c. / a.c., avec les onduleurs,
 -  Convertir
- de protection a.c., avec des appareillages :
 - de coupure,
 - de protection contre les surintensités,
 - de protection contre les surtensions (atmosphérique ou d'exploitation),
 - de contrôle ou protection des défauts d'isolement,
- de connexion au réseau avec les appareillages :
 - de comptage,
 - et en fonction de la puissance :
 - de déconnexion externe éventuels,
 - de transformation de basse tension en haute tension,
 - de coupure et protection haute tension.

• Installations onduleur centralisé

Ces installations sont caractérisées par le fait qu'un défaut risque d'arrêter toute la production. Ce type d'architecture est utilisé en application domestique avec une puissance limitée à 3 kWc en France et 6 kWc dans d'autres pays. Avec une à trois chaînes en parallèle, cette configuration permet de limiter la fonction de protection d.c. à la coupure amont de l'onduleur.

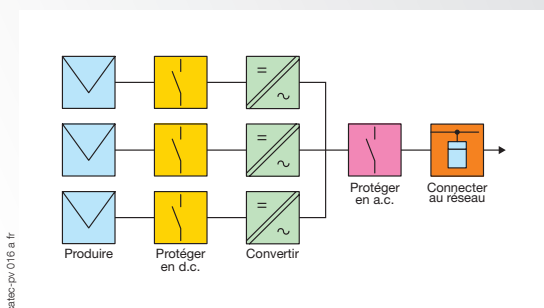


• Installations multi-onduleurs

En cas de défaut ou de maintenance, la perte de production est limitée à la machine concernée. Ce choix est fait pour les installations industrielles dont la puissance peut aller à plusieurs centaines de kWc pour les grandes toitures et à plusieurs MWc pour les centrales au sol. Au-delà de 250 kWc, le raccordement au réseau sera réalisé au travers d'un transformateur élévateur BT-H.

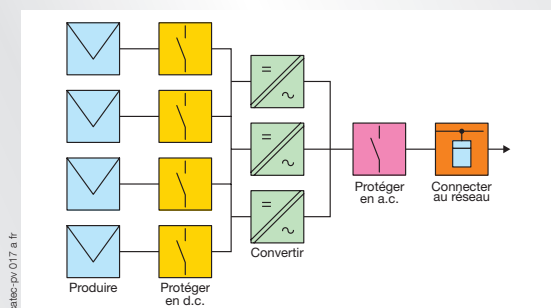
Multi-onduleurs à gestion individuelle

Ce type d'architecture a l'avantage de la simplicité avec l'utilisation d'onduleurs plus petits que celui qu'il aurait fallu installer en regroupant les générateurs en parallèle.



Multi-onduleurs à gestion centralisée

Ce type d'architecture va permettre une grande flexibilité de maintenance et une gestion du temps d'utilisation des machines en n'utilisant que le nombre d'onduleurs nécessaire. Cette gestion assure aussi l'utilisation des onduleurs à leur puissance optimale en fonction de l'ensoleillement.



Séparation galvanique d.c. / a.c.

Le choix de mettre en œuvre ou pas une séparation galvanique va conditionner le choix des principes de protection et de surveillance, tant du côté d.c. que du côté a.c.

Ce tableau ci-après regroupe les possibilités :

- côté d.c. :
 - la classe de tension (TBT ou BT),
 - d'installation « flottante ou isolée »,
 - la polarisation fonctionnelle directe ou au travers d'une résistance.
- côté a.c. :
 - le choix des régimes de neutre TT, TN ou IT

Côté d.c.		Schéma de principe	Côté a.c.
Udc	Principe de protection contre les contacts indirects		Principe de protection contre les contacts indirects : IT, TN ou TT
≤120 V	TBTS	<p>cotelec-pv 018 a f</p>	Nécessité d'une séparation galvanique pour garantir le principe de protection par TBTS ou TBTP.
≤120 V	TBTP	<p>cotelec-pv 019 a f</p>	
>120 V	Classe II	<p>cotelec-pv 020 a f</p>	Sans isolation galvanique, la polarisation d.c. n'est pas envisageable.
		<p>cotelec-pv 021 a f</p>	
		<p>cotelec-pv 022 a f</p>	Séparation galvanique obligatoire en raison de la polarisation d.c.
		<p>cotelec-pv 023 a f</p>	