

Conférence IEEE 24 novembre 2011

Les installations photovoltaïques raccordées au réseau



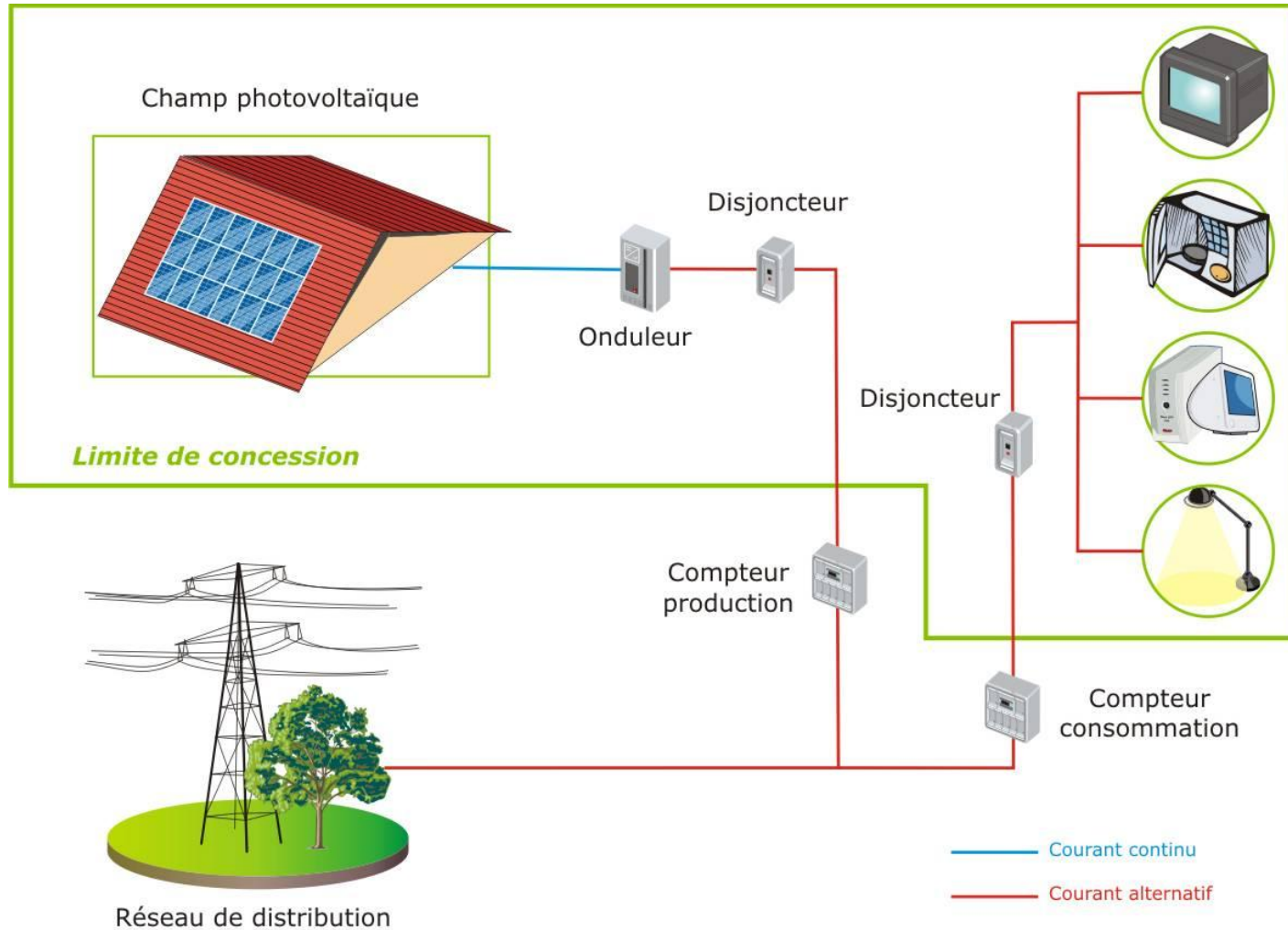
Gérard MOINE

Directeur technique

Sommaire

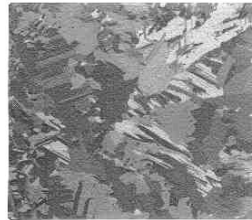
- **Introduction**
- **Les installations photovoltaïques raccordées au réseau**
- **Impacts de la production photovoltaïque sur les réseaux électriques**
- **Conclusion**

Les systèmes PV raccordés au réseau



Filière silicium

De la silice au silicium...



Silicium purifié **Lingot**

Wafer

Cellule

Module

Systemes

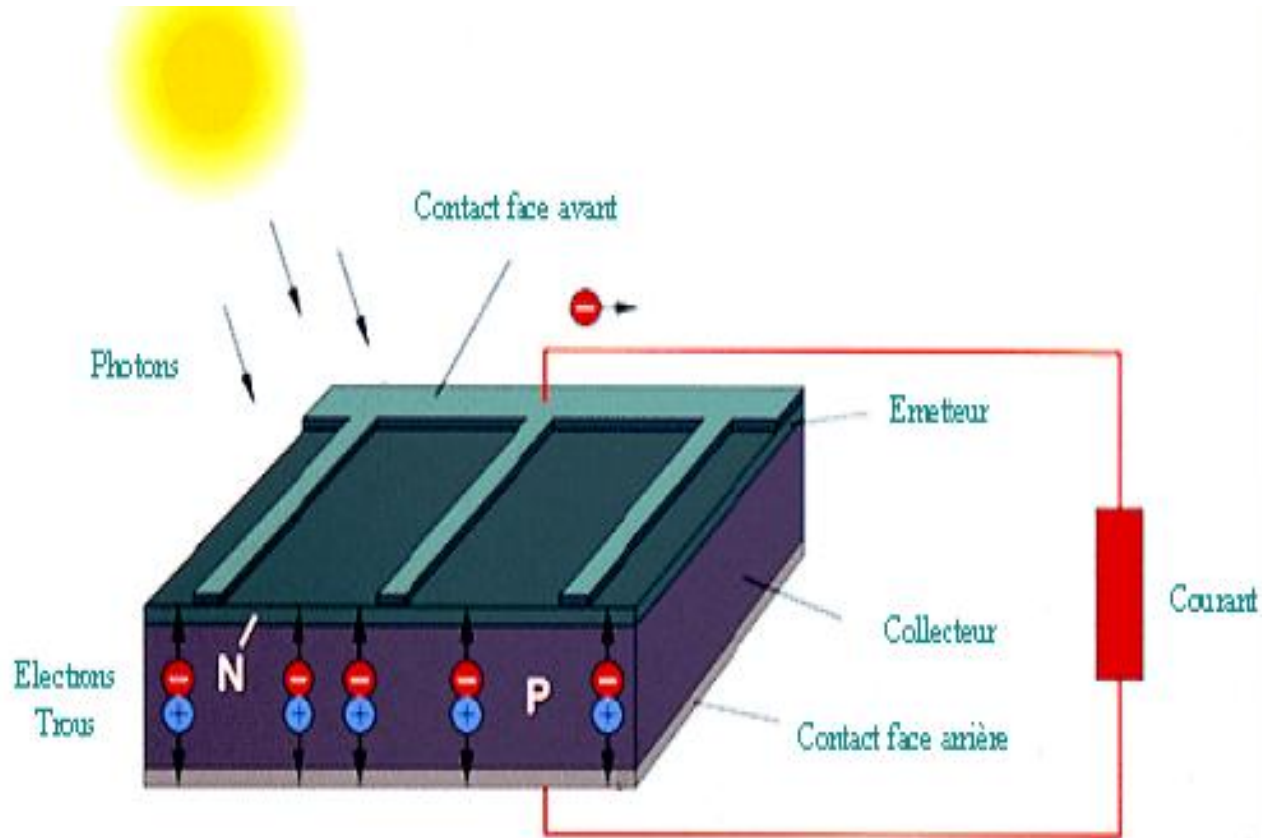
**Procédé chimique
de purification**

**Moulage
Sciage**

**Traitement
De surface**

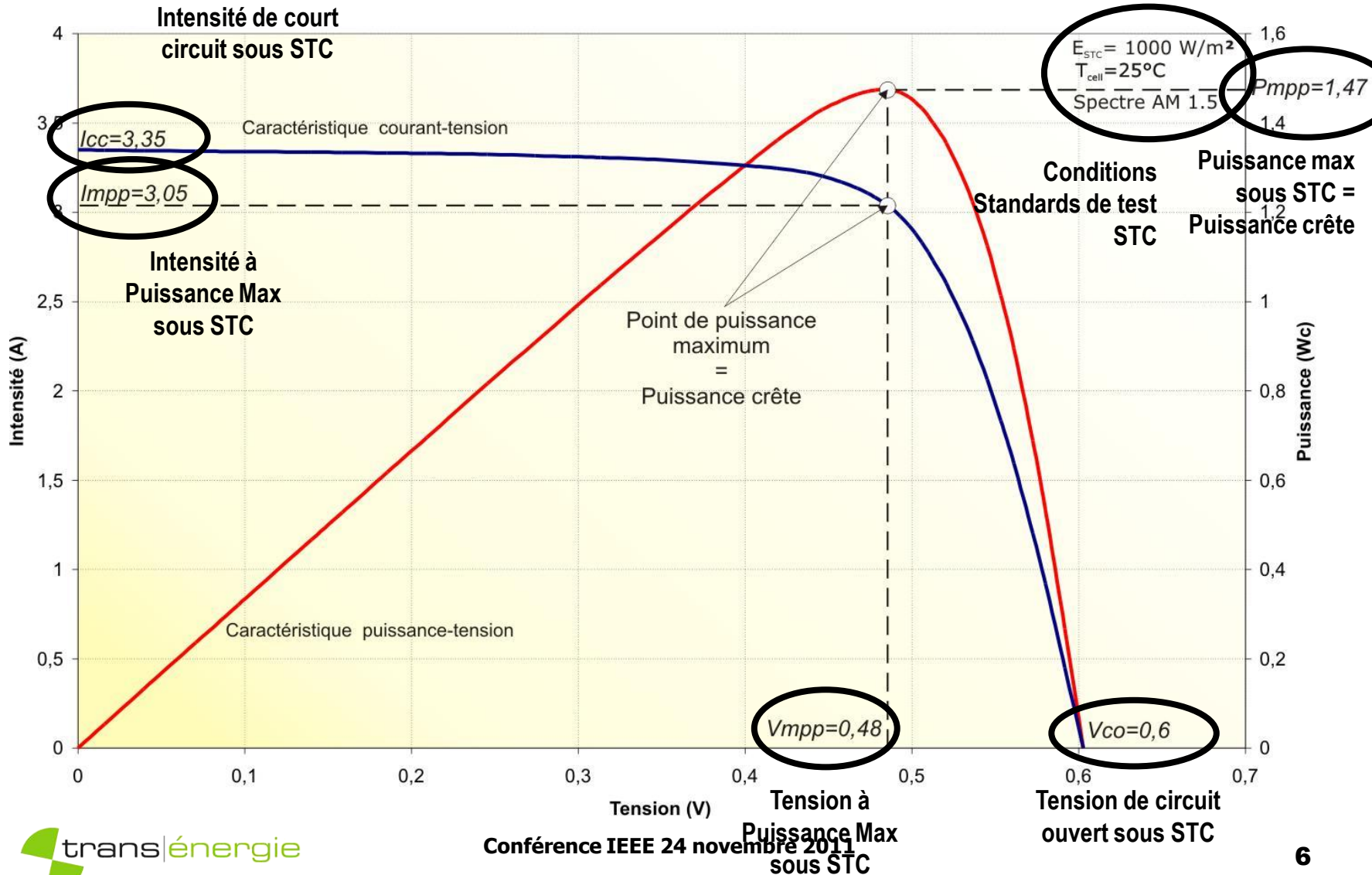
Lamination

Comment ça marche?



- ☒ Tension continue : de l'ordre de 0,5V
- ☒ Courant : quelques A pour un ensoleillement max (fonction de la surface)
- ☒ Puissance max : quelques Watts

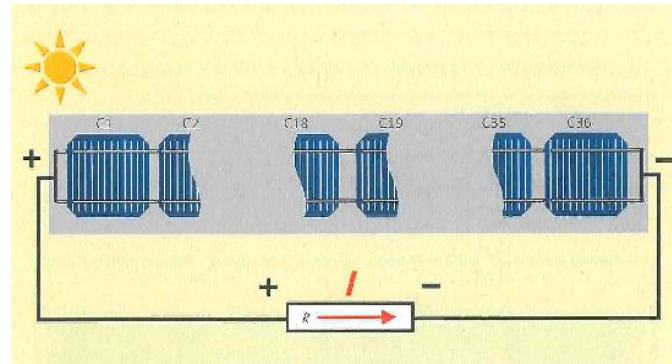
Courbe caractéristique courant-tension d'une cellule



Modules photovoltaïques



Si Monocristallin



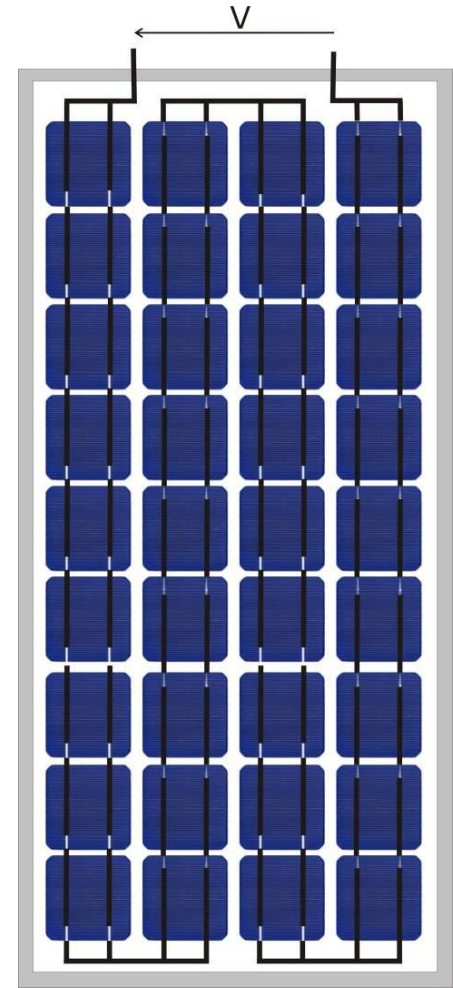
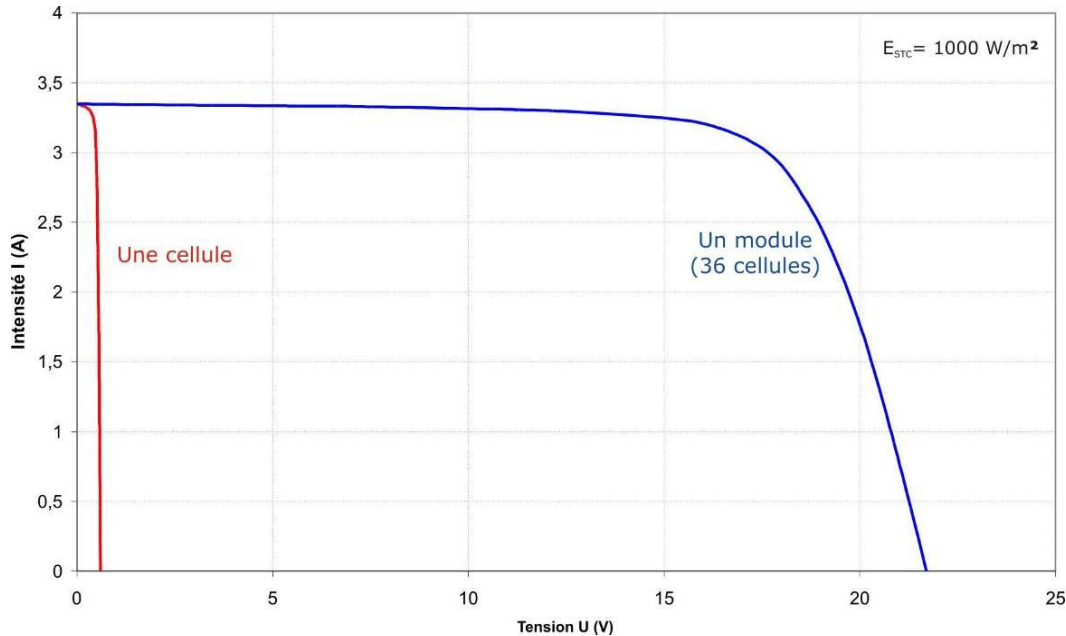
Si Polycristallin

Pour augmenter la puissance, on groupe les cellules en série dans des modules photovoltaïques (50 à 200 Wc)

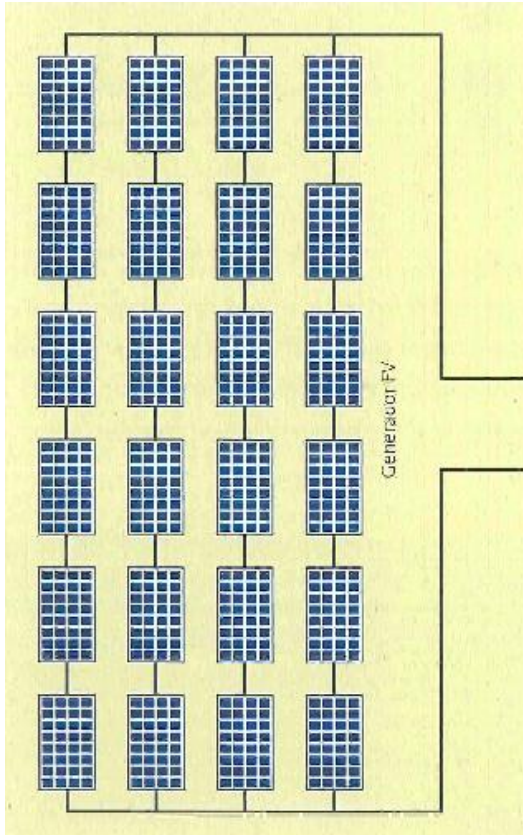
Module photovoltaïque

Mise en série des cellules photovoltaïques

- La mise en série des cellules permet d'augmenter la puissance (nécessité d'appairage)
- Le courant reste identique tandis que la tension est multiple du nombre de cellules



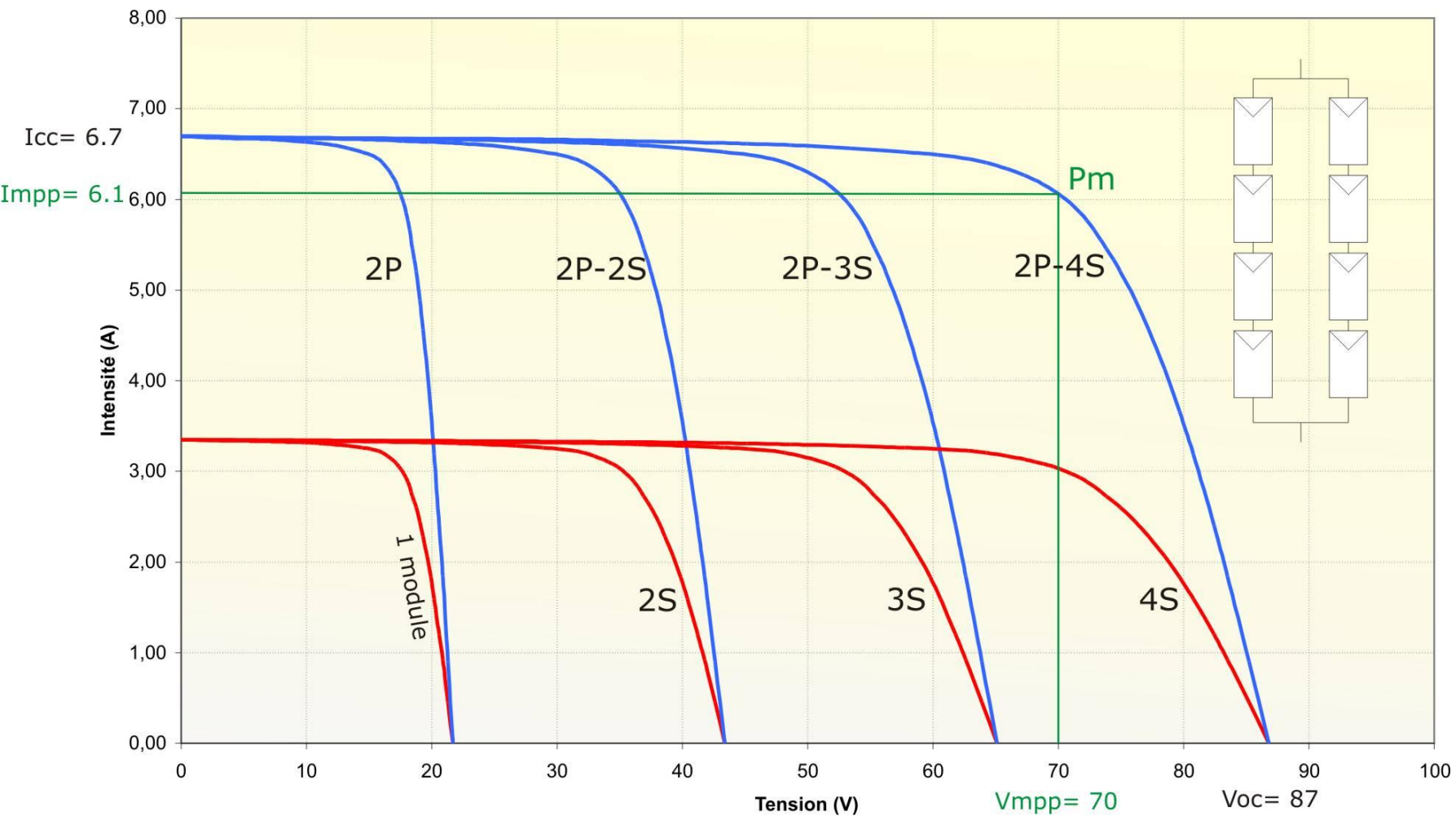
Champ photovoltaïque



Pour augmenter la puissance, on groupe les modules P en série/parallèle dans des champs PV

Puissance : quelques kWc à quelques MWc

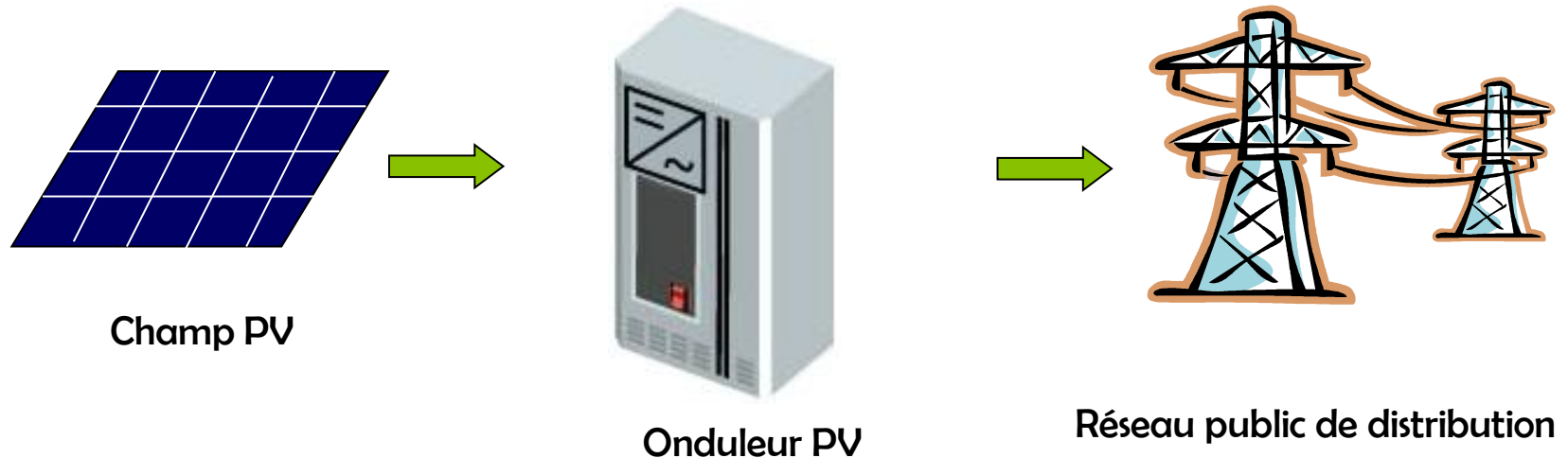
Caractéristiques d'un champ PV



Les installations photovoltaïques raccordées au réseau

Principe de fonctionnement des onduleurs

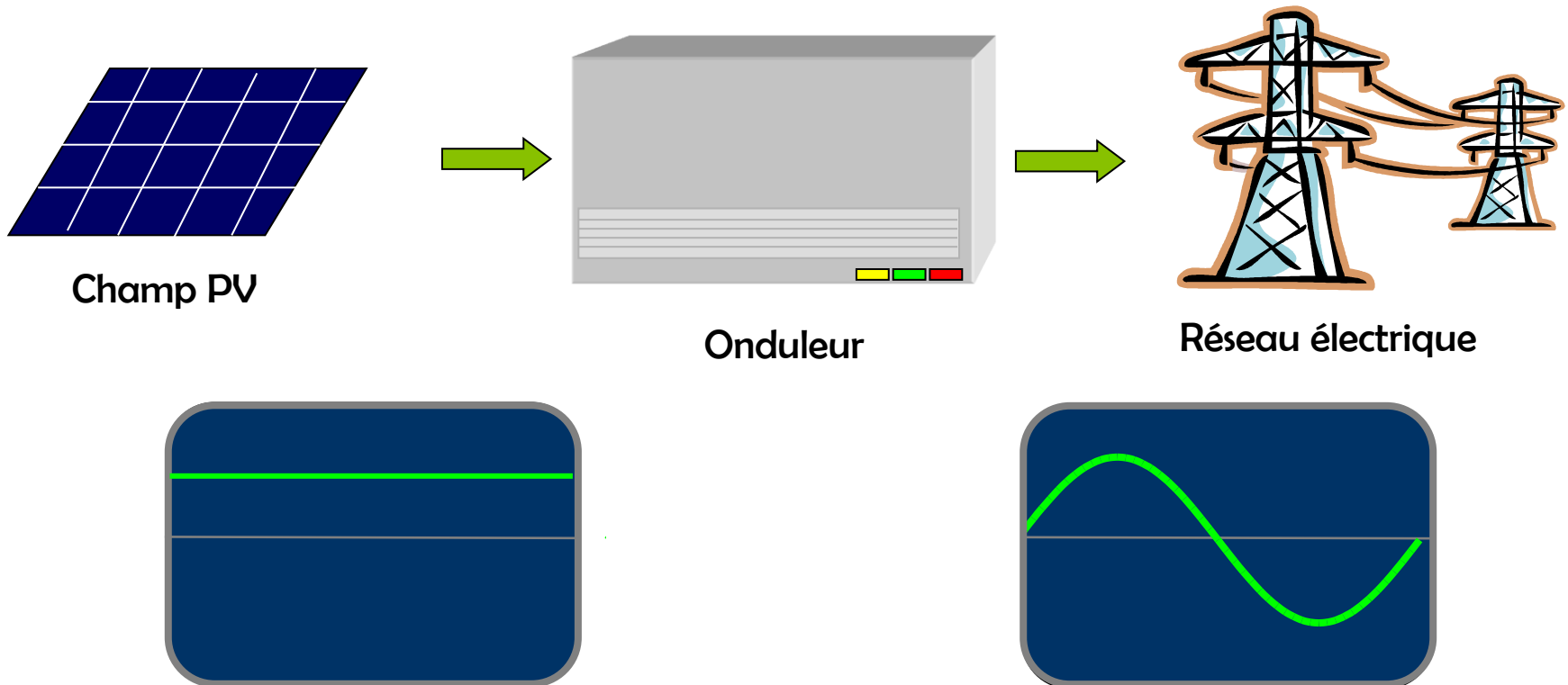
Onduleur photovoltaïque pour injection de courant sur le réseau :



- L'onduleur PV est l'interface entre le champ PV et le réseau électrique
- Il fonctionne uniquement en journée et seulement si la tension réseau est présente
- Il a des caractéristiques différentes d'un onduleur PV autonome

Principe de fonctionnement des onduleurs PV

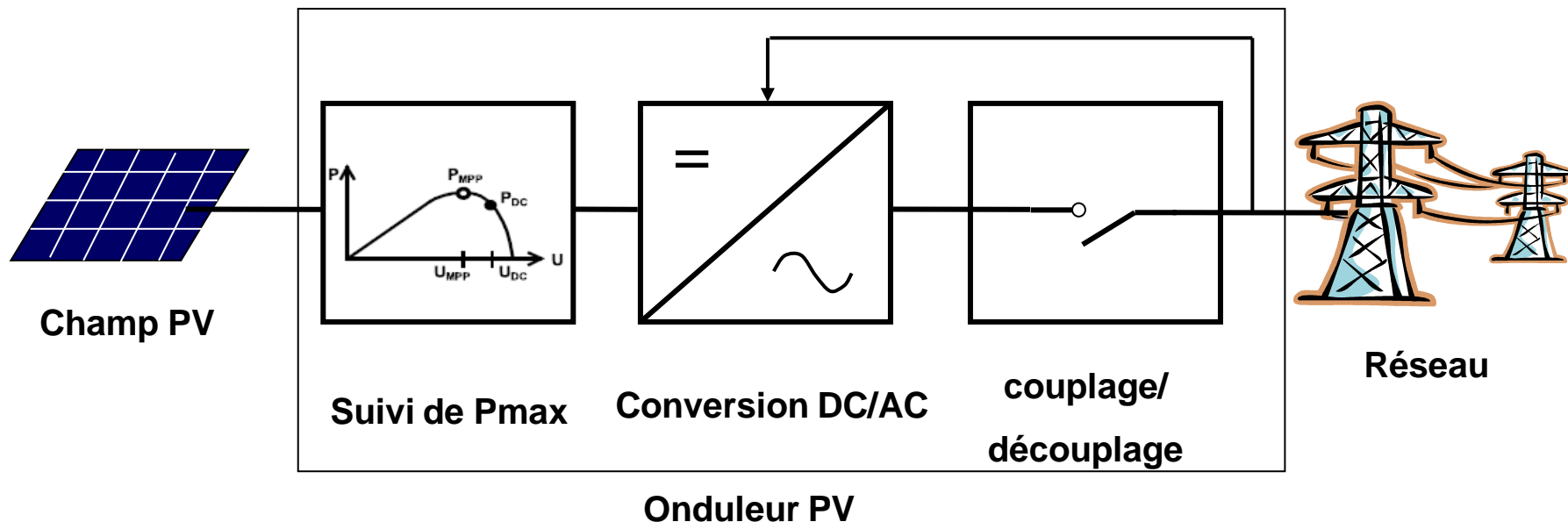
- L'onduleur convertit le courant continu du champ PV en courant alternatif compatible avec le réseau électrique
- Le courant produit est injecté sur le réseau au fil du soleil



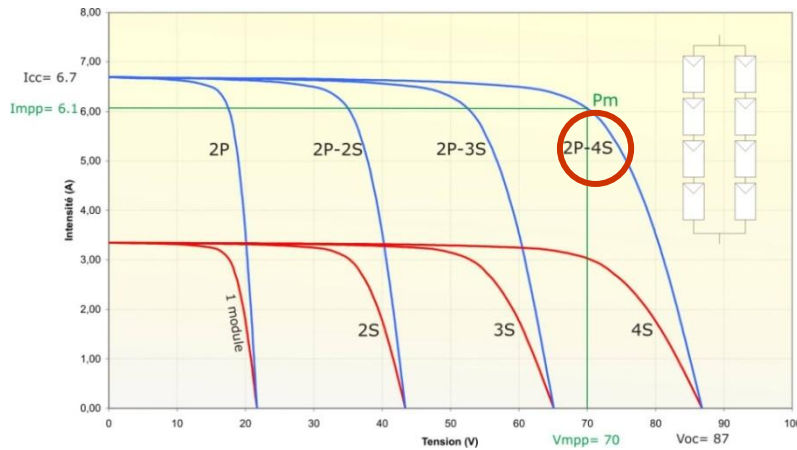
Principe de fonctionnement des onduleurs

L'onduleur intègre 3 fonctions principales :

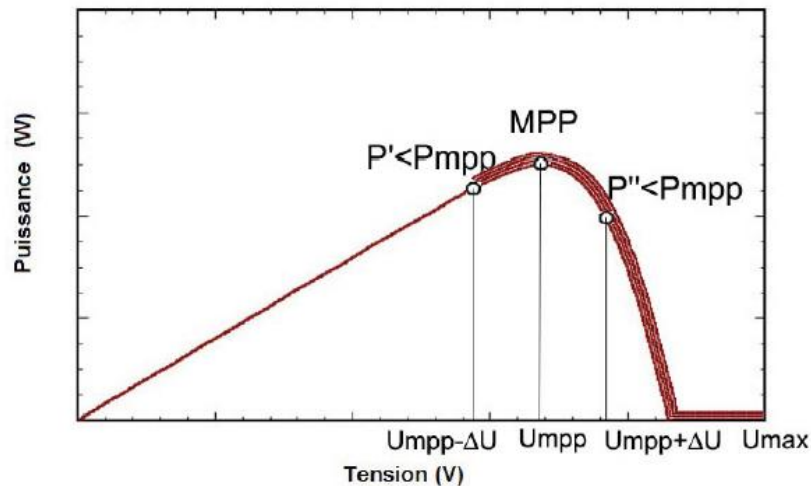
- Suivi de P max du champ PV en fonction de l'irradiation et de la température
- Conversion du courant continu en courant alternatif
- Couplage/découplage du réseau électrique



La fonction MPPT ou recherche de Pmax

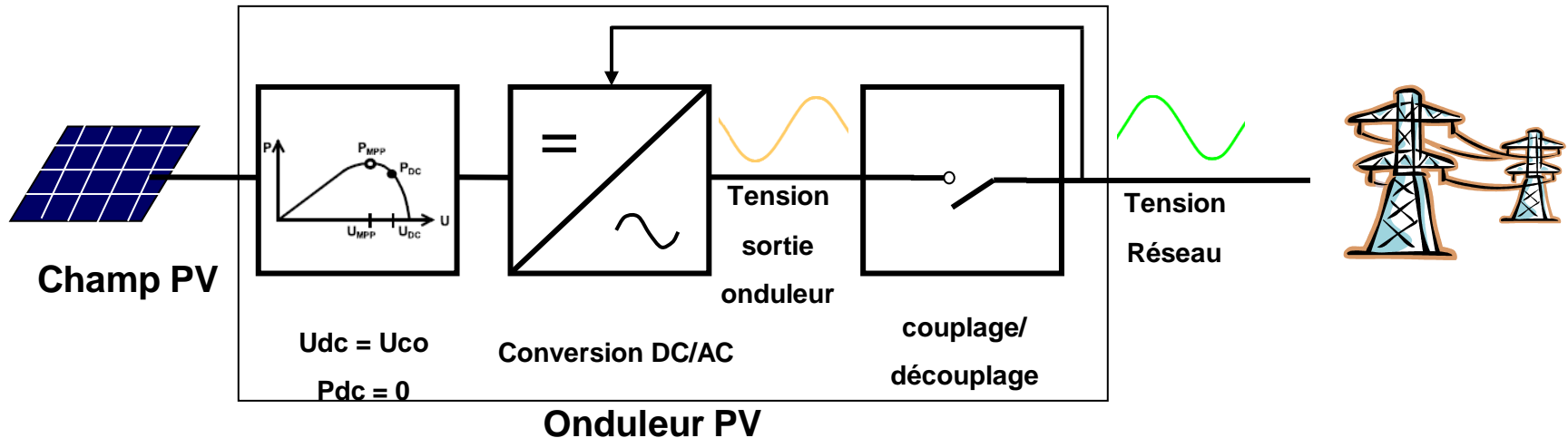


- L'onduleur a pour fonction de faire travailler de manière optimale le champ PV auquel il est raccordé



- Il adapte en permanence son impédance d'entrée côté DC pour se placer au MPP (P_{max}) du champ PV

Couplage des onduleurs PV au réseau électrique



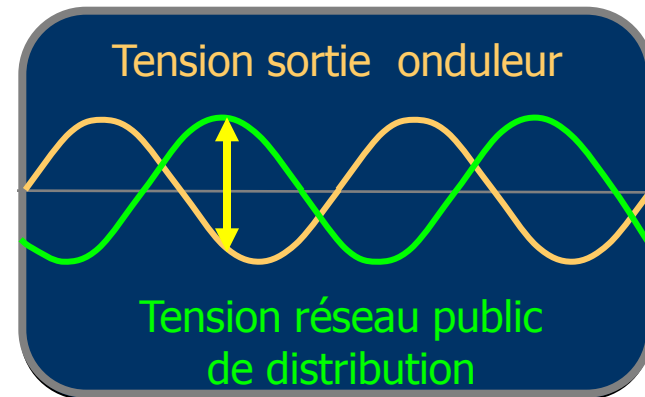
Conditions de couplage au réseau électrique

- Puissance et tension suffisantes en entrée d'onduleur (début de journée)
- Présence de tension du réseau électrique
- Absence de défaut d'isolement au niveau du champ PV

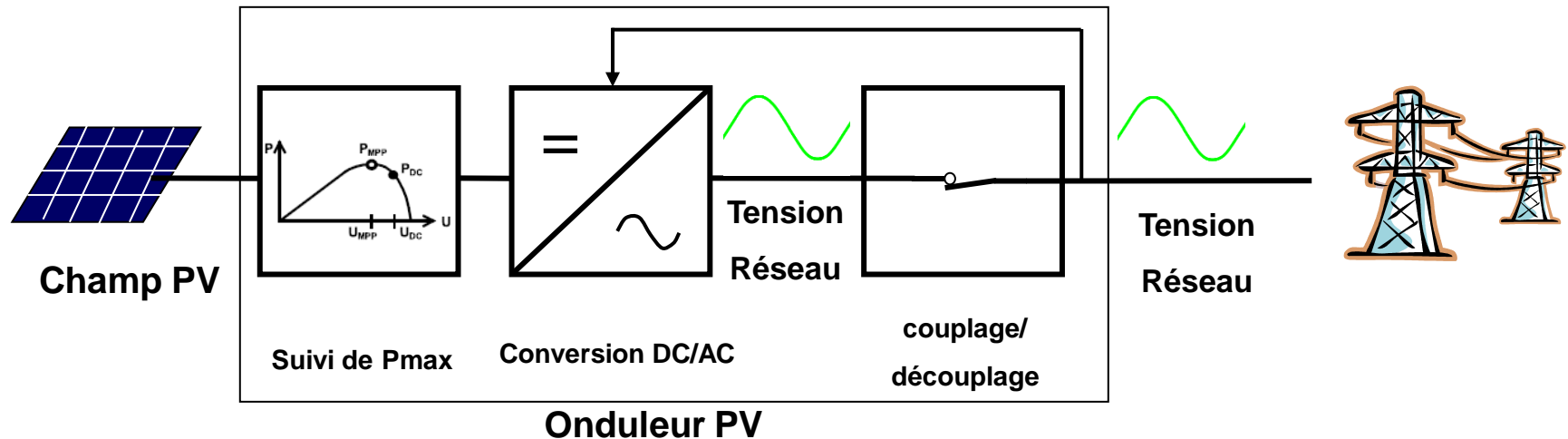
L'onduleur se synchronise sur le réseau électrique:

- en tension
- en fréquence
- en phase

Le couplage s'effectue lorsque la synchronisation est effective (quelques dizaines de secondes)



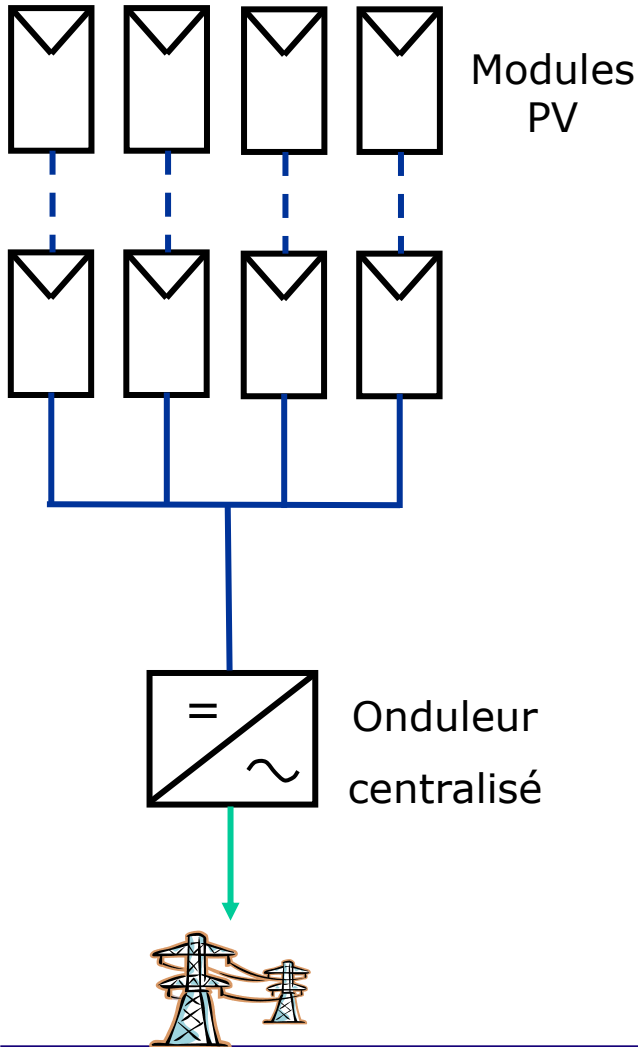
Découplage des onduleurs PV du réseau électrique



Conditions de découplage du réseau électrique

- Puissance et tension insuffisantes en entrée d'onduleur (fin de journée)
- Absence de tension du réseau électrique (ou hors tolérance en tension et fréquence)
- Défaut d'isolement au niveau du champ PV

Onduleurs centralisés



Caractéristiques :

- Un seul onduleur pour le champ PV
- Puissance unitaire de quelques dizaines de kW à quelques centaines de kW
- Chaînes PV mises en parallèle dans des boîtes de jonction
- Tension d'entrée de 300 à 900 V
- Tension AC triphasée
- Plutôt utilisés dans les centrales PV (>100kWc)

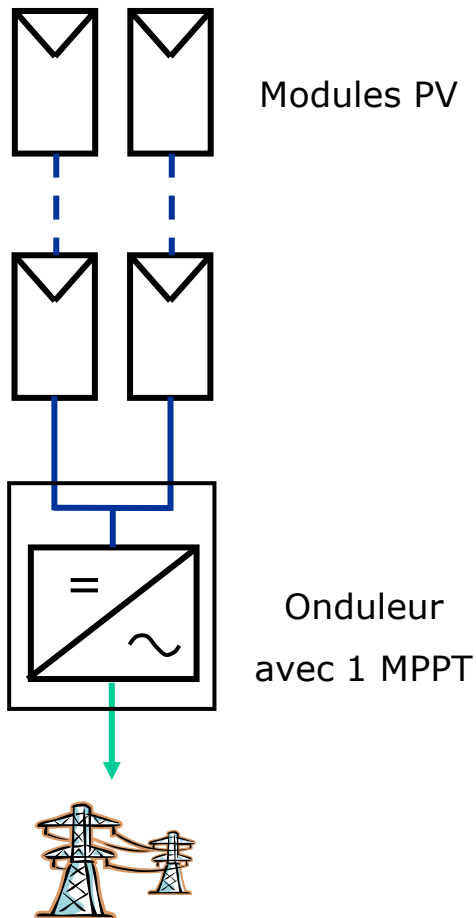
Avantages :

- Technologie éprouvée avec une bonne fiabilité
- Maintenance centralisée de l'onduleur
- Très haut rendement
- Fonctionnalités adaptées au réseau HTA (gestion de l'énergie réactive)
- Coût €/W faible

Inconvénients :

- Câblage et appareillage DC spécifique sous tensions élevées
- Suivi de Pmax global (baisse de performances en cas d'ombrage partiel)
- En cas de panne, perte totale de la production et nécessité d'intervention rapide d'un technicien spécialisé

Onduleurs de chaînes (avec 1 MPPT)



Caractéristiques :

- Puissance unitaire des onduleurs de quelques kW
- Chaque chaîne est raccordée directement à un onduleur
- Tension d'entrée : Tension d'entrée de 300 à 800 V
- Tension AC généralement en monophasé
- Mise en parallèle côté AC, en sortie des onduleurs

Avantages :

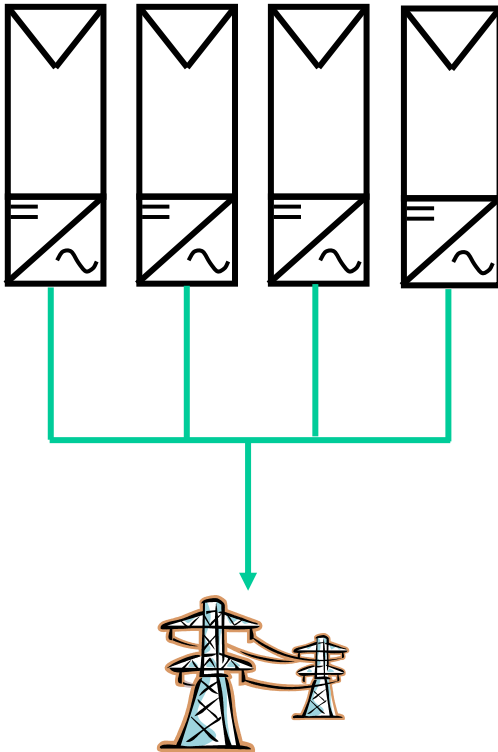
- Nombreux produits disponibles
- Peu d'appareillage DC
- Grande flexibilité dans la conception des installations PV
- Matériel éprouvé
- Facilité d'installation et de maintenance
- Coût :

Inconvénients :

- Impact sur la puissance en cas d'ombrage partiel

Micro-onduleurs

Modules PV
avec microonduleur



Caractéristiques :

- Petit onduleur implanté à l'arrière de chaque module PV
- Puissance unitaire de 200 à 300 W
- Rendement : 95 à 96 %
- Tension d'entrée DC en TBT (< 120V)
- Connexion directe sur réseau AC

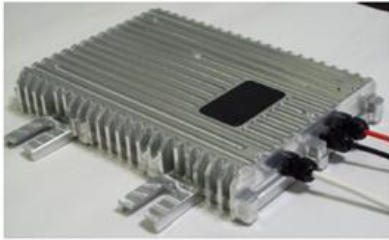
Avantages :

- Gain de performances en cas d'ombrage partiel (3 à 30% par rapport onduleur de chaîne)
- Pas d'appareillage DC
- Sécurité électrique (installateurs et intervenants de secours si protection découplage intégrée)
- Flexibilité pour implantation des modules PV
- Diagnostic précis de pannes éventuelles si monitoring associé
- Coûts en baisse et facilité de mise en œuvre surtout si à la place de la boîte de connexion du module PV

Inconvénients :

- Nécessité de protection de découplage externe si non-conformité à la VDE 0126-1-1
- Fiabilité dans le temps ? (composants soumis à des variations importantes de température)
- En cas de panne, difficulté de remplacement en BIPV
- Coûts élevés : 0,45 à 0,5 €/W

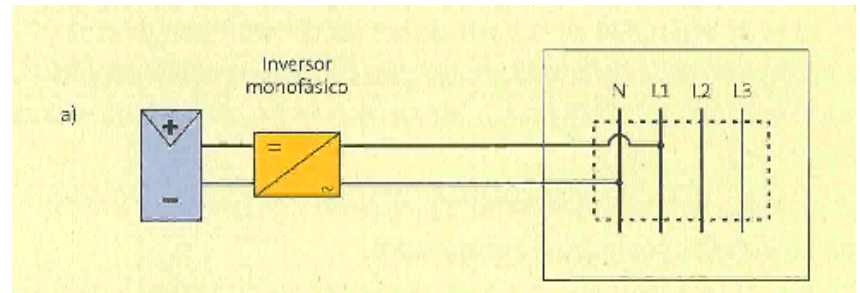
Les onduleurs pour le raccordement au réseau



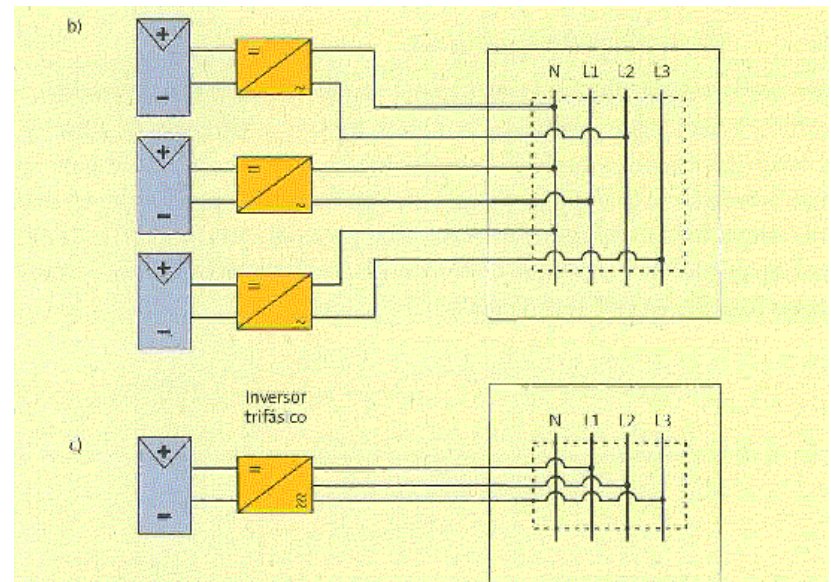
Puissance :
De quelques centaines de VA
à 1 MW

Limites techniques réglementaires d'injection

Monophasé BT (230V):
Possible jusqu'à 6 kVA

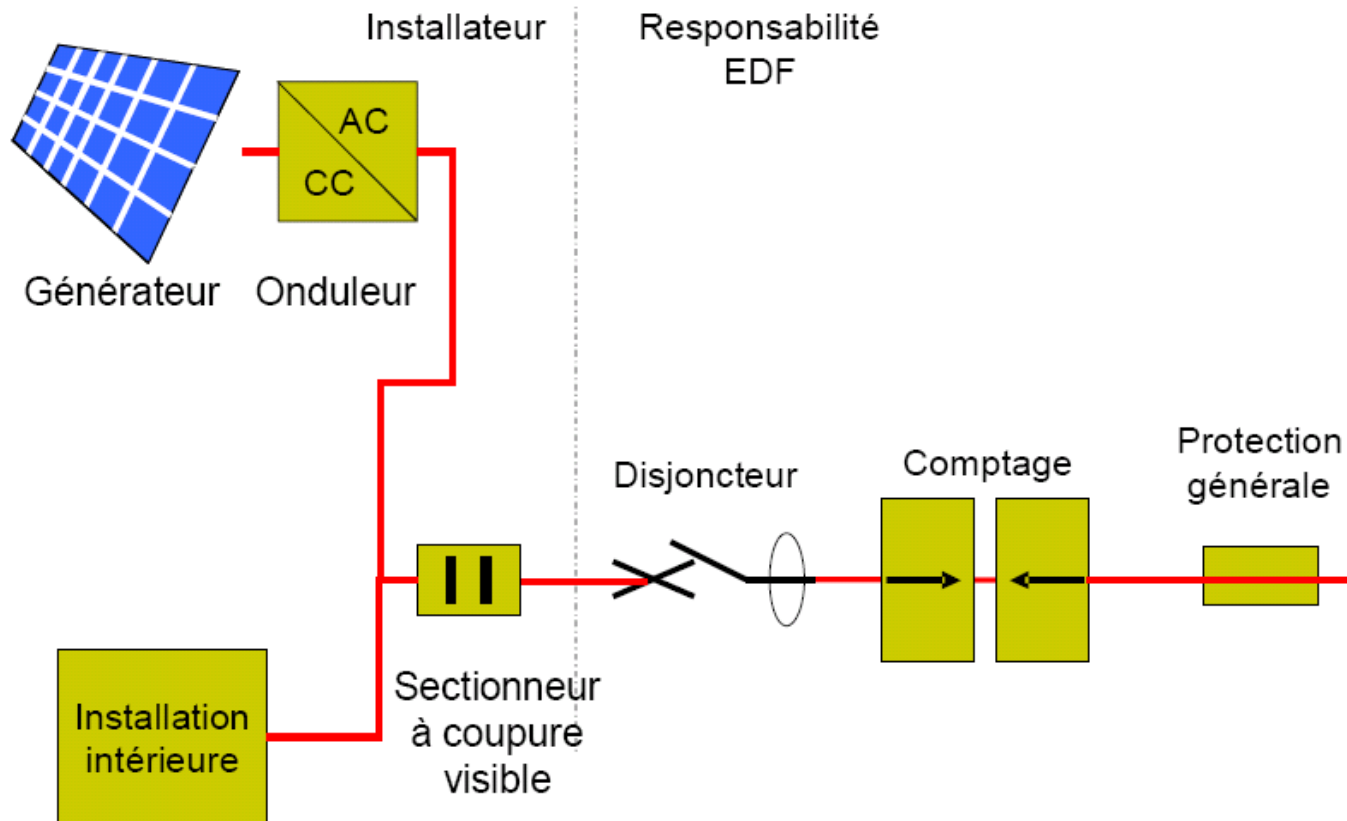


Triphasé BT :
Possible jusqu'à 250 kVA, si le réseau le permet en équilibrant au mieux les 3 phases



Schémas de raccordement

1 - Raccordement simple - vente du surplus (autoconsommation)



Schémas de raccordement

2 - Raccordement simple - vente du totale de la production

