

Initiation à l'énergie photovoltaïque
(pour l'aéromodélisme)

Cellules Photovoltaïques: aspect pratique

JAN 2018

V01
17/01/2018

Sommaire



Introduction

- Cellule Sunpower
- Installation
- MPPT
- Annexes

Introduction

- Maintenant que le concept de la cellule photovoltaïque est clair, il est temps de passer à l'aspect pratique.
- Il s'agit de se familiariser avec les modèles existants sur le marché (à la date de la rédaction de ce document: début 2018)
- On verra aussi comment assembler ces panneaux pour les utiliser sur un planeur / avion.



Sommaire

- Introduction



Cellule Sunpower

- Installation
- MPPT
- Annexes

Cellule SunPower

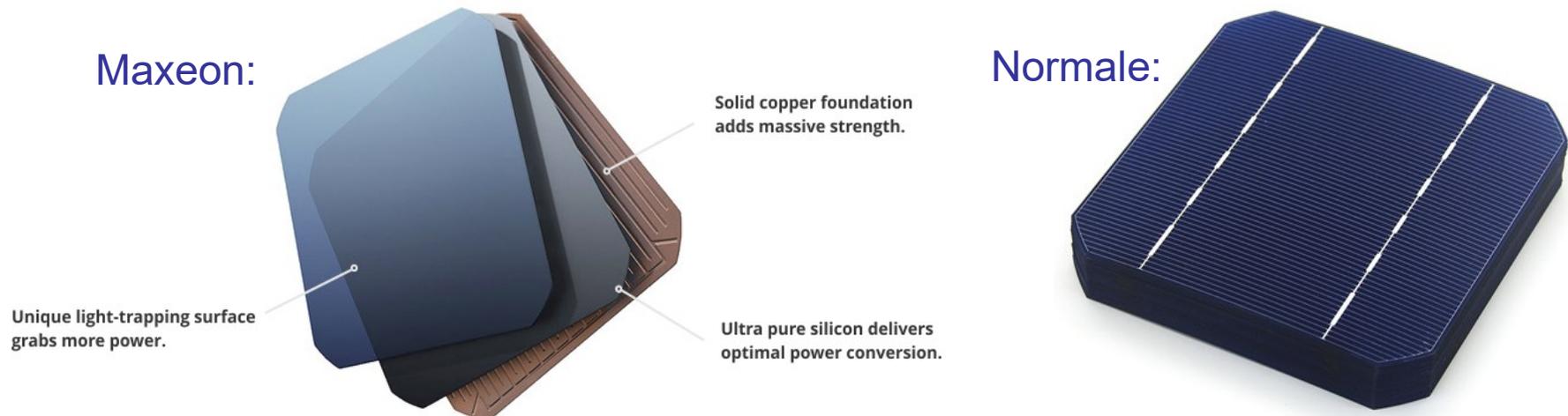
- Une recherche documentaire sur internet permet de constater que SunPower s'est bien imposé dans le domaine de fabrication des cellules PV.



- A l'image de la pub ici-dessus, SunPower était bien impliqué dans les grands projets faisant appel à la technologie PV.

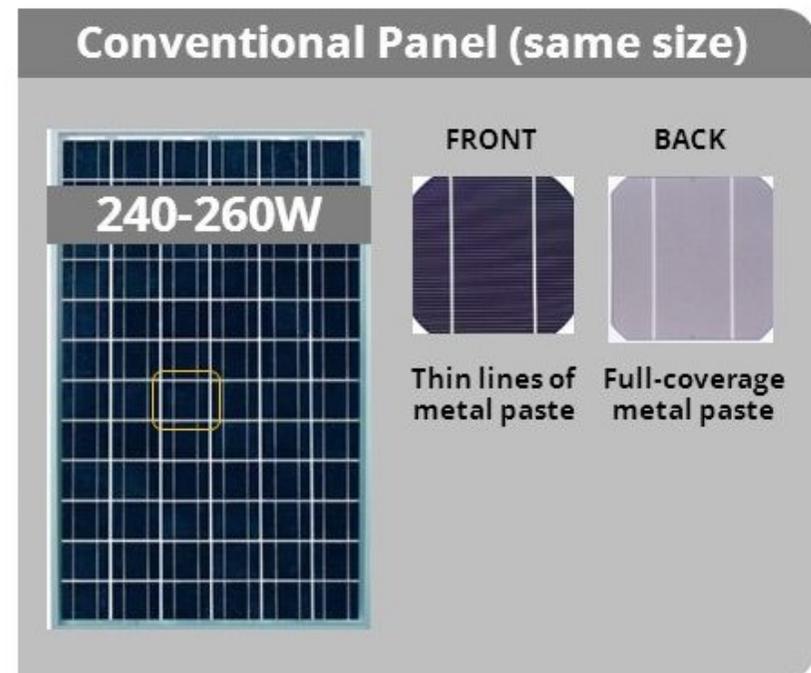
SunPower Maxeon Tech

- L'avantage de SunPower sur le marché des cellules PV réside dans sa technologie Maxeon.
- En effet, SunPower a redesigné la cellule solaire pour supprimer la partie conductrice (visible en haut). Ceci a augmenté la surface de capture des rayons solaire et elle a éliminé plusieurs problèmes de fiabilité (accumulation de l'humidité sur la partie métallique, contrainte thermique, etc)



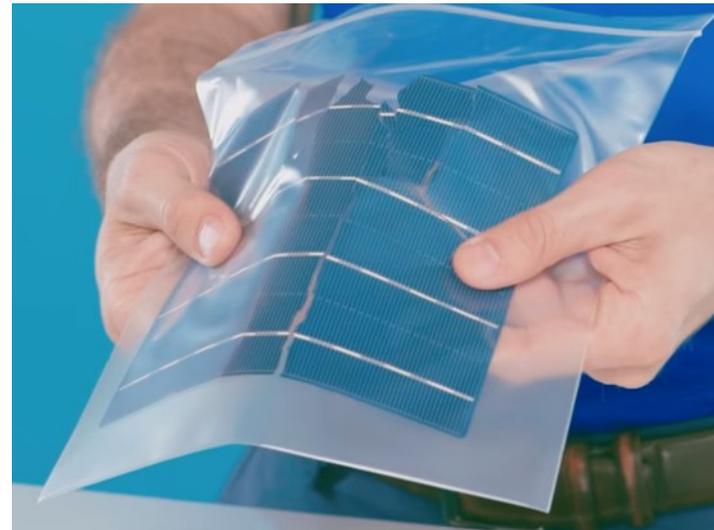
SunPower Maxeon Tech

- A titre d'info: un gain de 30% de puissance!!



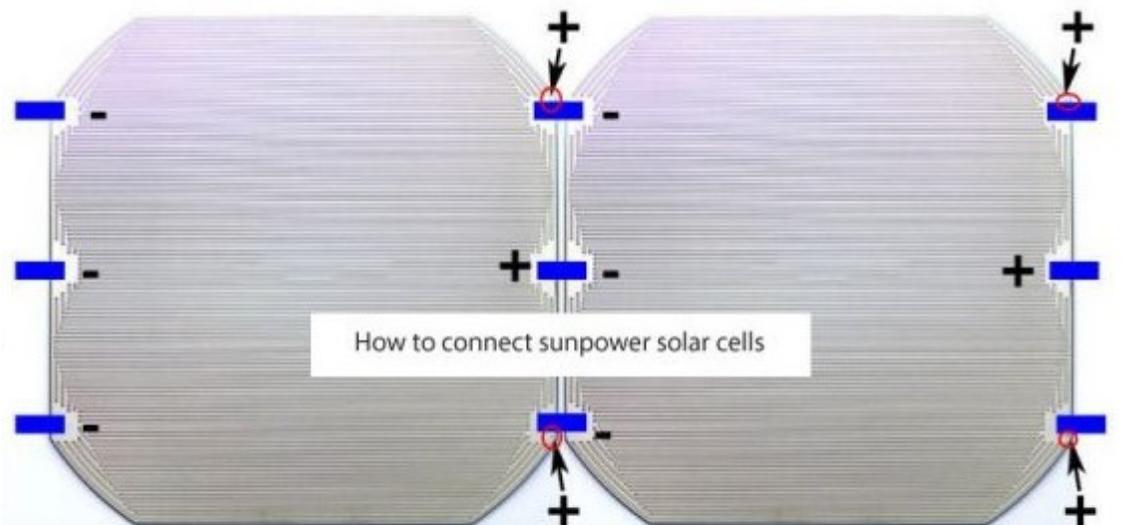
SunPower Maxeon Tech

- SunPower utilise une couche de cuivre sur le dos de la cellule PV.
- Ceci fait que la cellule devient plus flexible et moins cassante. Et même si elle casse (sans rupture), elle continue à fonctionner normalement!



SunPower Maxeon Tech

- L'installation a été revue pour devenir plus simple et plus efficaces: concept des dogbones!



- 1- There is two little '+' symbol on every pcs of cell which is showed on the above picture , it means this side is positive and the other side is negative.
- 2- use the electric iron and the soldering-strip (blue) to connect '+' with '-' , do it again and again, you will get a set of solar cell.
- 3- It just like you connect the AA battery together to get a battery set.



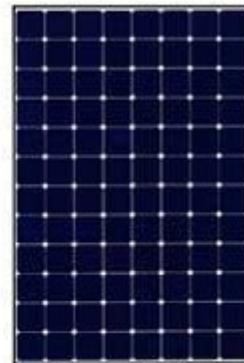
SunPower Series

- SunPower a développé plusieurs standards différents de cellules PV.
- On site à ce jour:

- P-series
- E-Series
- X-series



E20
SERIES



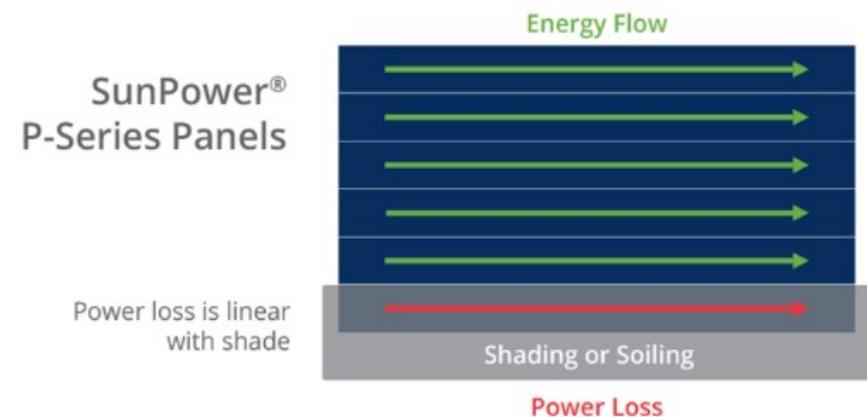
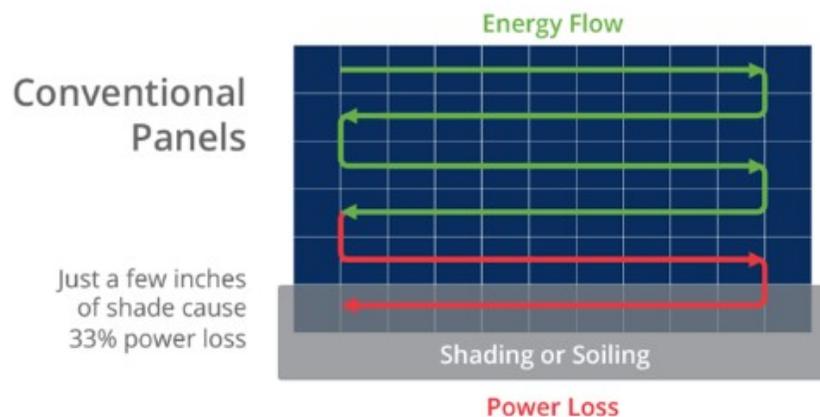
X21
SERIES



X22
SERIES

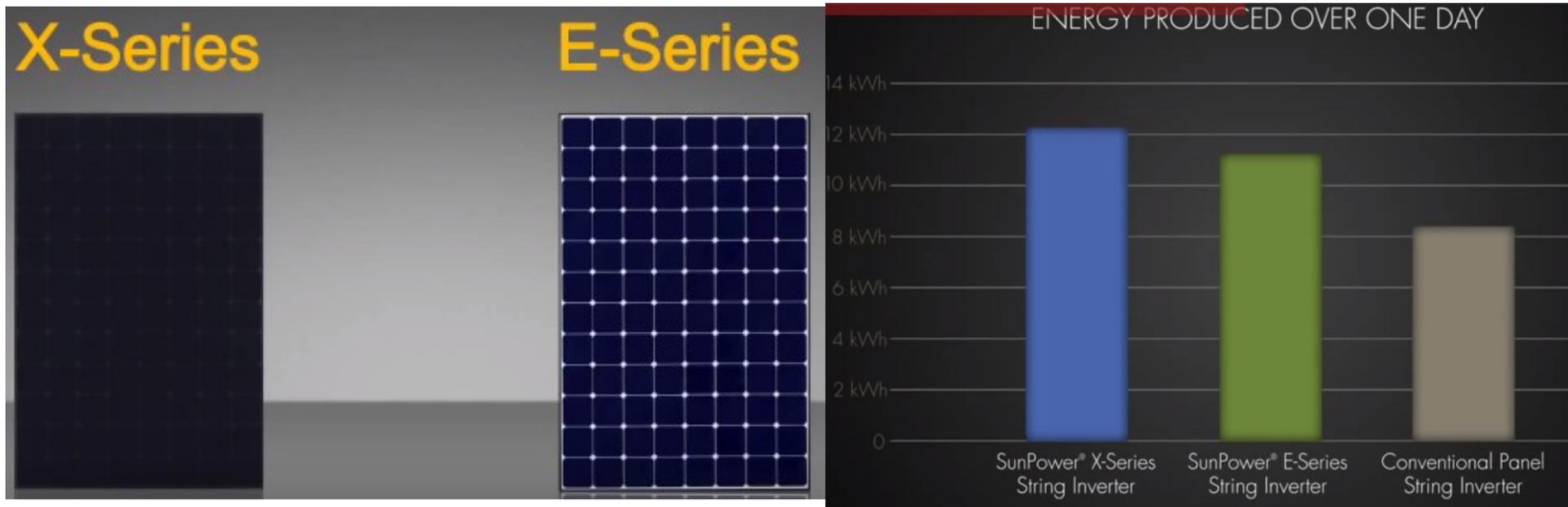
SunPower Series

- Les P-series sont moins sensibles à l'effet de l'ombre sur le panneau que les modèles classiques:



E-series & X-series

- Ce sont des évolutions encore plus efficaces.



Sommaire

- Introduction
- Cellule Sunpower

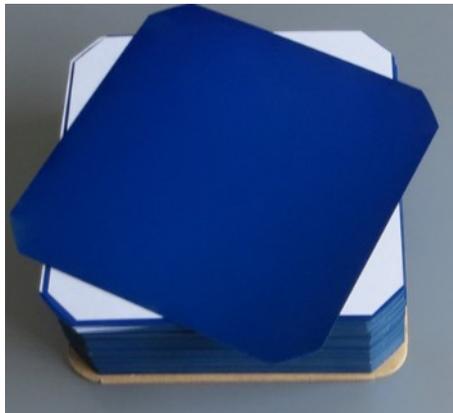


Installation

- MPPT
- Annexes

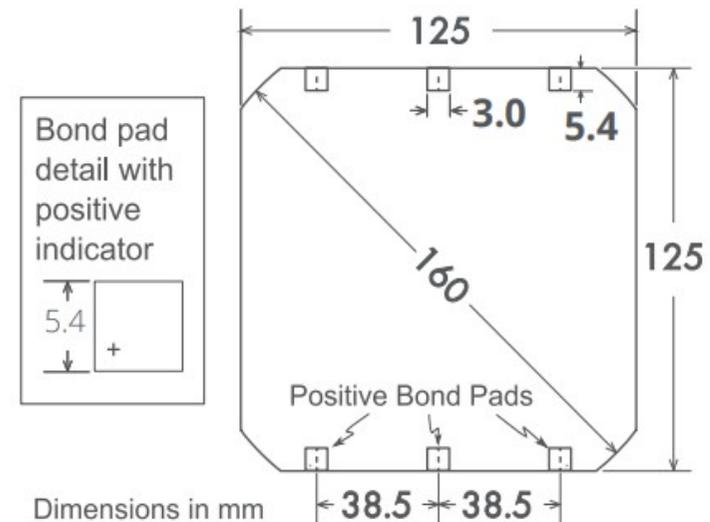
Installation

- Le modèle le plus utilisé est la cellule C60 (4\$, 6.5gr brut, 22% eff):



Cell Physical Characteristics

Wafer:	Monocrystalline silicon
Design:	All back contact
Front:	Uniform, black antireflection coating
Back:	Tin-coated, copper metal grid
Cell Area:	Approximately 153cm ²
Cell Weight:	Approximately 6.5 grams
Cell Thickness:	150µm +/- 30µm



Bond pad area dimensions are 5.4mm x 3.0mm
 Metal finger pitch between positive and negative fingers is 599µm.
 Positive/Negative pole bond pad sides have "+/-" indicators on leftmost and rightmost bond pads

SunPower C60

- Caractéristiques typiques: 0.5 V et 6 A (au point MPP)->> 3 Watt

Electrical Characteristics of a typical Maxeon Gen II Cell
At Standard Test Conditions (STC)
STC: 1000W/m², AM 1.5G and cell temp 25°C

	Cell Bin	Pmpp (Wp)	Eff. (%)	Vmpp (V)	Ipp (A)	Voc (V)	Isc (A)
Peak Performance	Kp	3.49	22.7	0.580	6.01	0.680	6.35
Premium Performance	Jp	3.44	22.4	0.575	5.98	0.677	6.33
Superior Performance	Hp	3.41	22.3	0.576	5.92	0.678	6.29

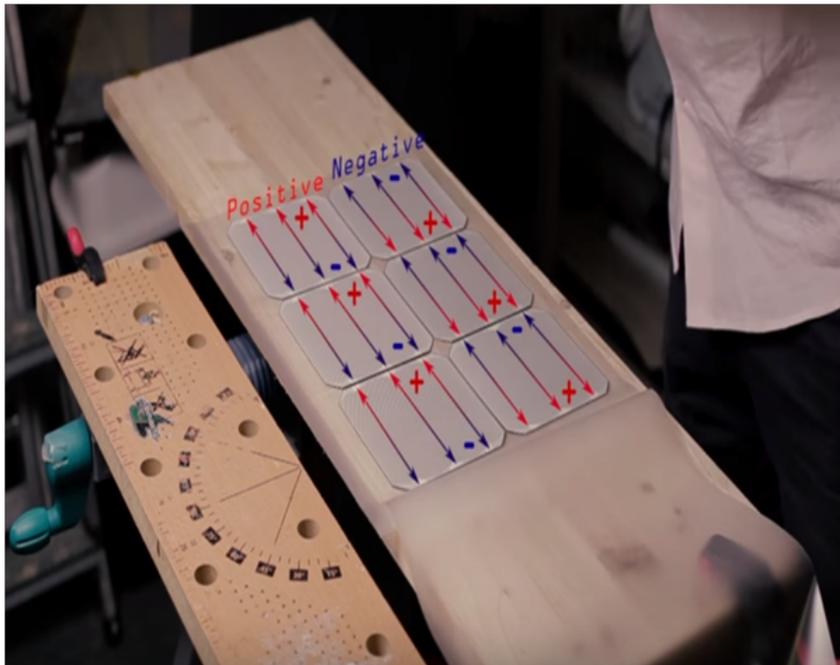
Electrical parameters are nominal values.

Temp.Coefficients in SunPower Panels: Voltage: -1.84mV/°C, Current: 2.6mA/°C,
Power: -0.35%/°C

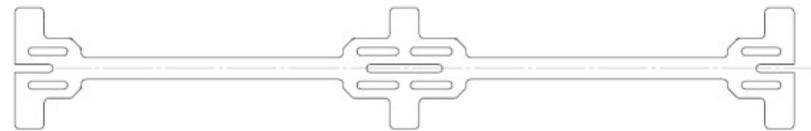
Assemblage

- Pour l'application en aéromodélisme, il faut opter pour une encapsulation:

1. Poser les cellules(en parallèle et en série) et on utilise les dogbones pour les assembler (à défaut, une soudure classiques).



Interconnect Tab and Process Recommendations



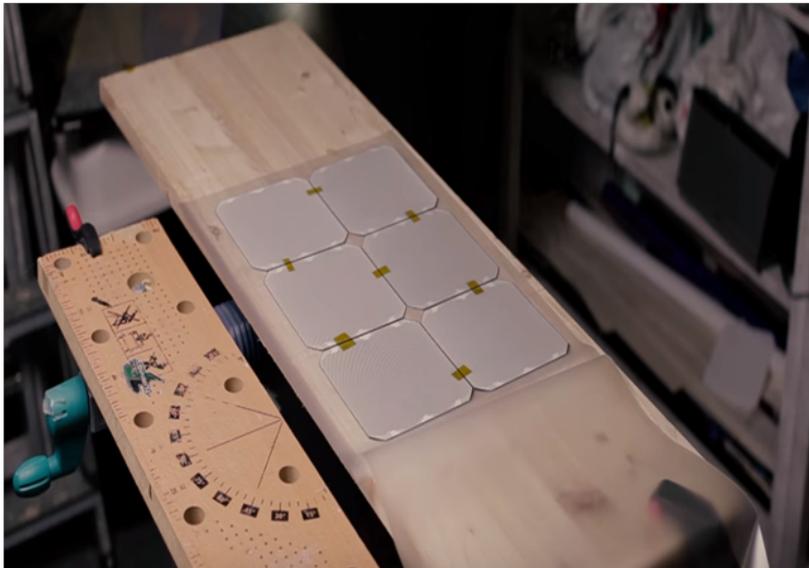
SunPower recommends customers use SunPower's patented tin-plated copper strain-relieved interconnect tabs, which can be purchased from SunPower. These interconnects are easily solderable and compatible with lead free processing. Tabs weigh approximately 0.3 grams.

Our patented interconnect tabs are packaged in boxes of 3600 or 36,000 each.

<http://us.sunpower.com/about/sunpower-technology/patents/>

Traitement

2. On plastifie les cellules du côté de la soudure (protéger l'autre coté par du papier cuisson):



Traitement



3. Enlever le papier cuisson

4. Bien nettoyer les cellules



Traitement

5. Appliquer un film thermoretractable (type oracover pour les avions d'aéromodélisme)



Les bulles d'air causent une grande perte en rendement (augmente la résistance des CPV) donc il faut les éviter. (les grands fabricants des panneaux solaires utilisent des techniques sous vide)

Résultat

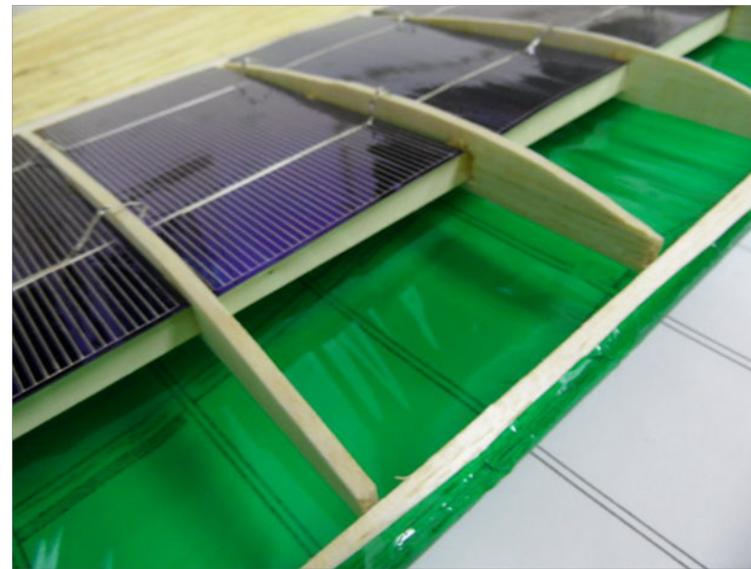
- Le panneau a l'avantage d'être flexible: bien pratique pour une aile courbée.



Installation

Nos panneaux sont prêts. Pour les installer sur u,n avion il y'a deux méthodes :

- sur l'extra-dos des ailes,
- sur les longerons entre les nervures





- Dans l'aviation grandeur, on opte pour des panneaux sur l'extrados.



Sommaire

- Introduction
- Cellule Sunpower
- Installation

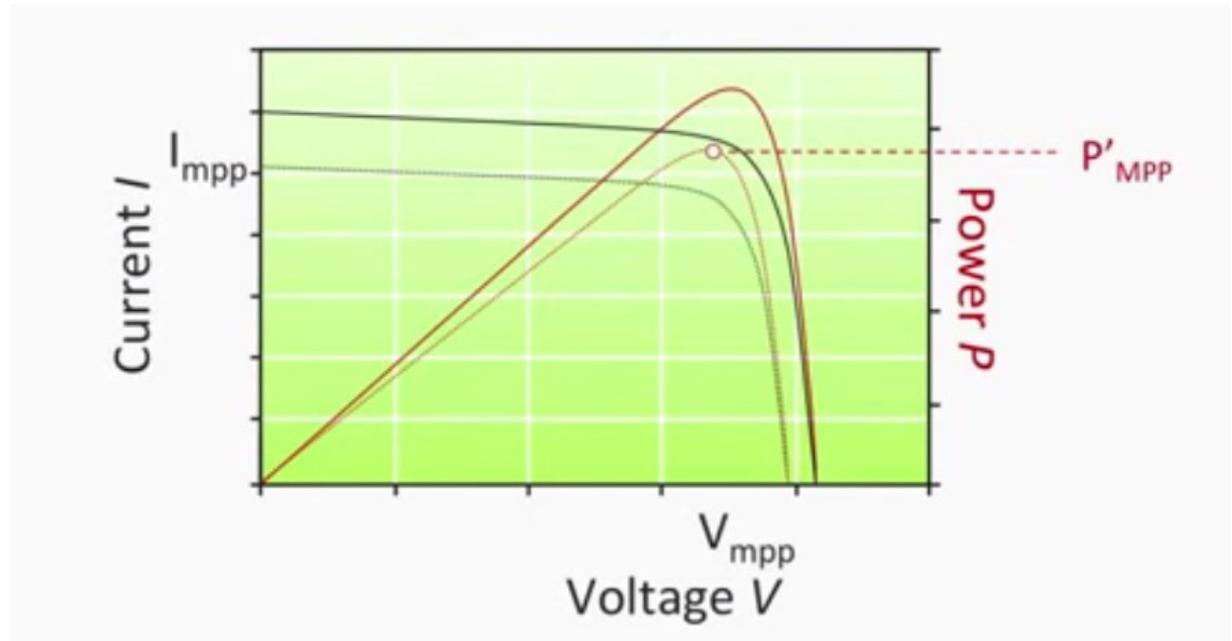


MPPT

- Annexes

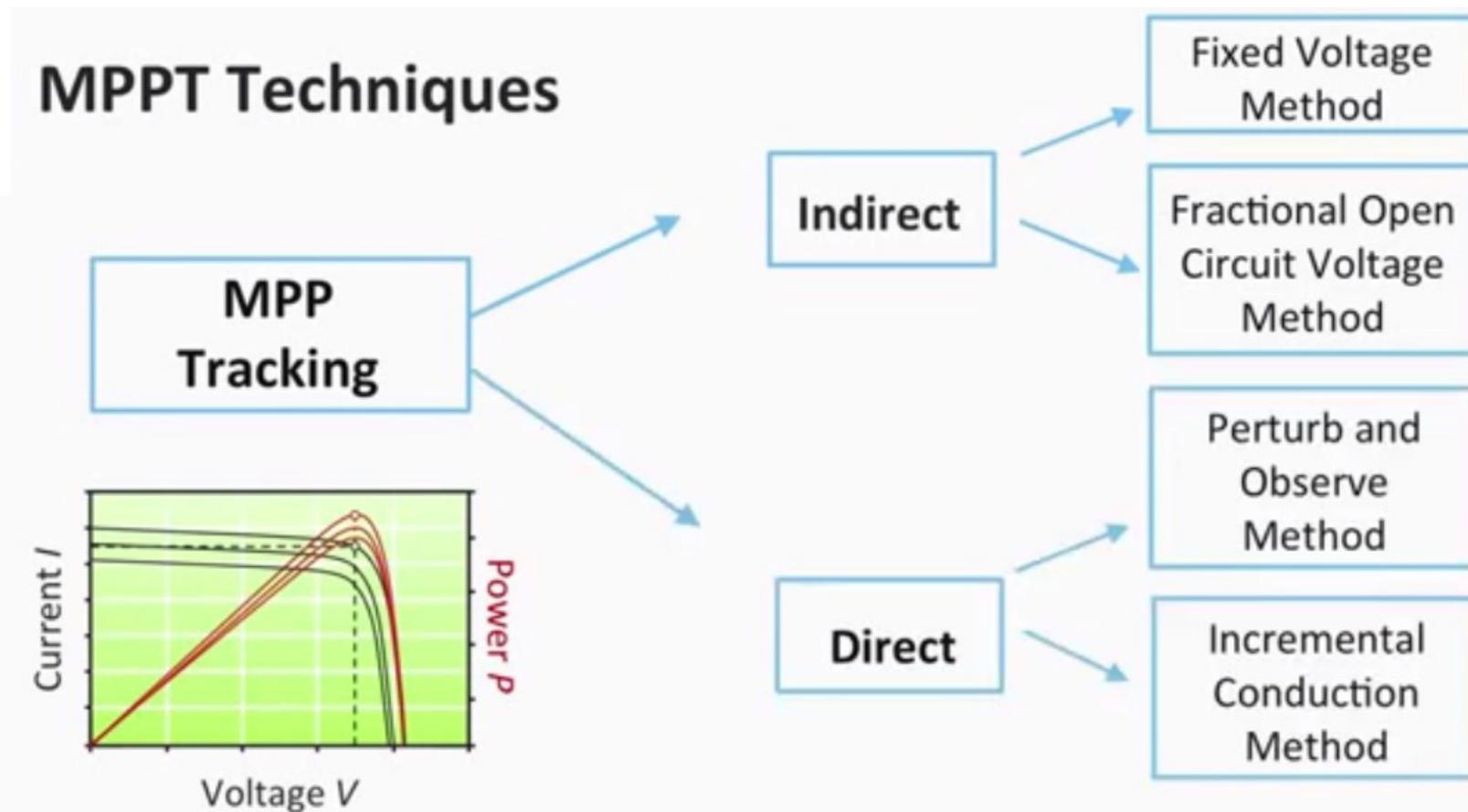
Le MPP Tracking

- Comme on l'a vu, la courbe qui relie l'intensité à l'intension possède un maximum de puissance: MPP.
- Mais avec la fluctuation de la radiation, le courbe se déplace ainsi que le MPP.
- C'est pourquoi on a besoin de pouvoir se placer à chaque instant au niveau du MPP (I_{mpp} , V_{mpp}).
- C'est le rôle du MPP Tracker.



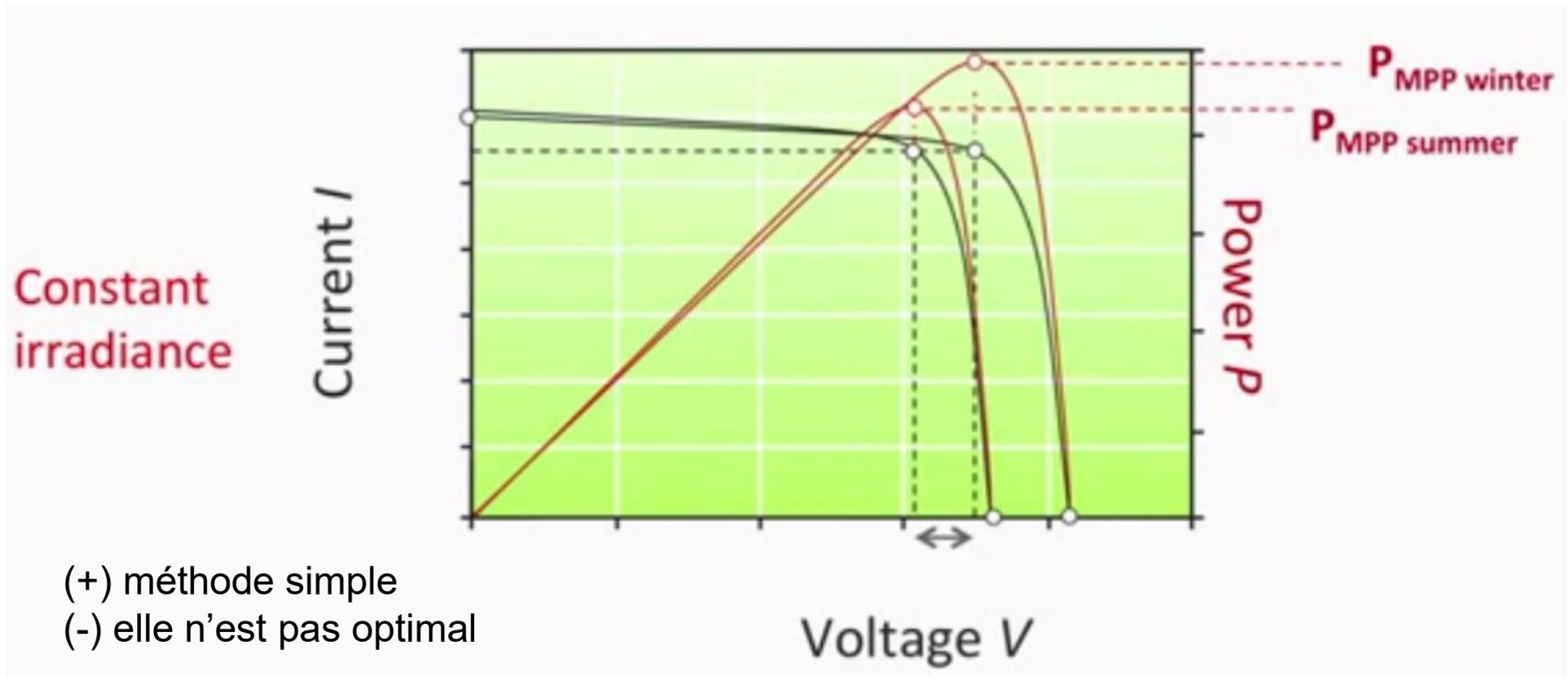
Techniques directe / indirecte

- Il existe 2 techniques majeures pour le tracking:



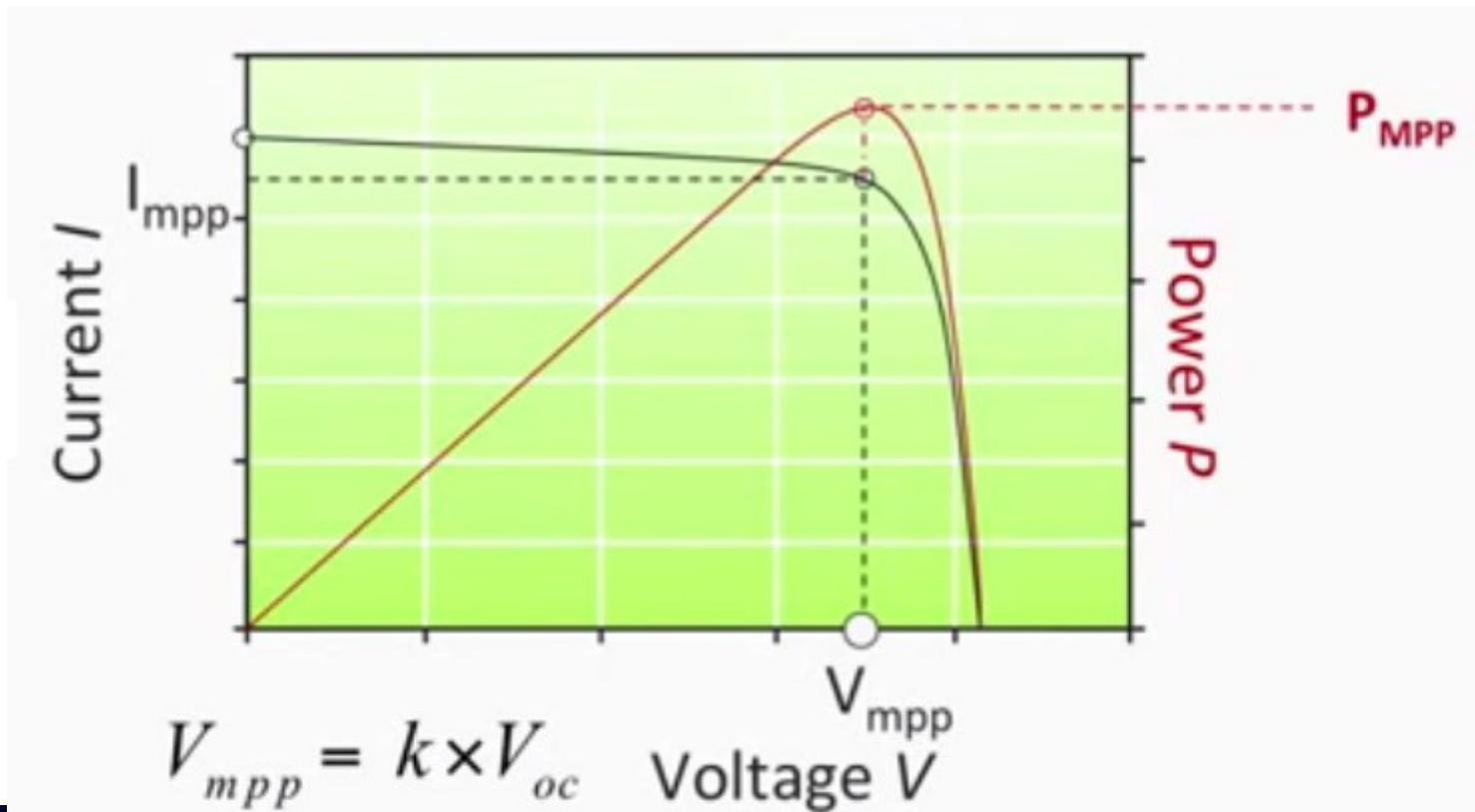
1. Méthode indirecte

- **1.A-Fixed Voltage**: on sélectionne deux configurations types: hiver / été par exemple.



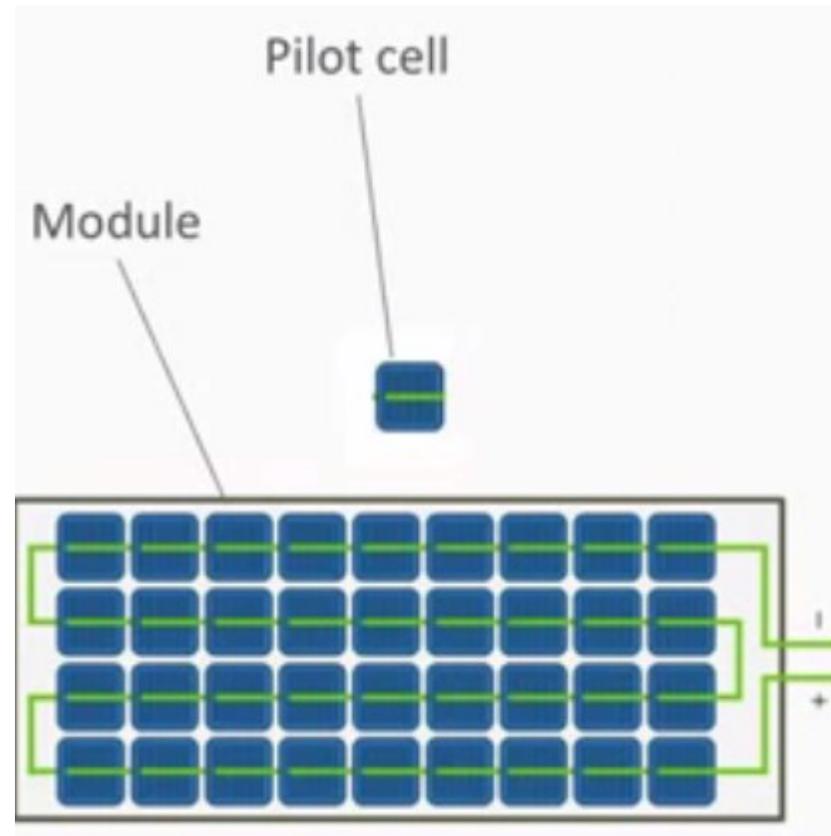
1. Méthode indirecte

- **2-Fractional open circuit method**: la tension de régulation est liée à la tension à vide ($I=0$) par un coefficient).



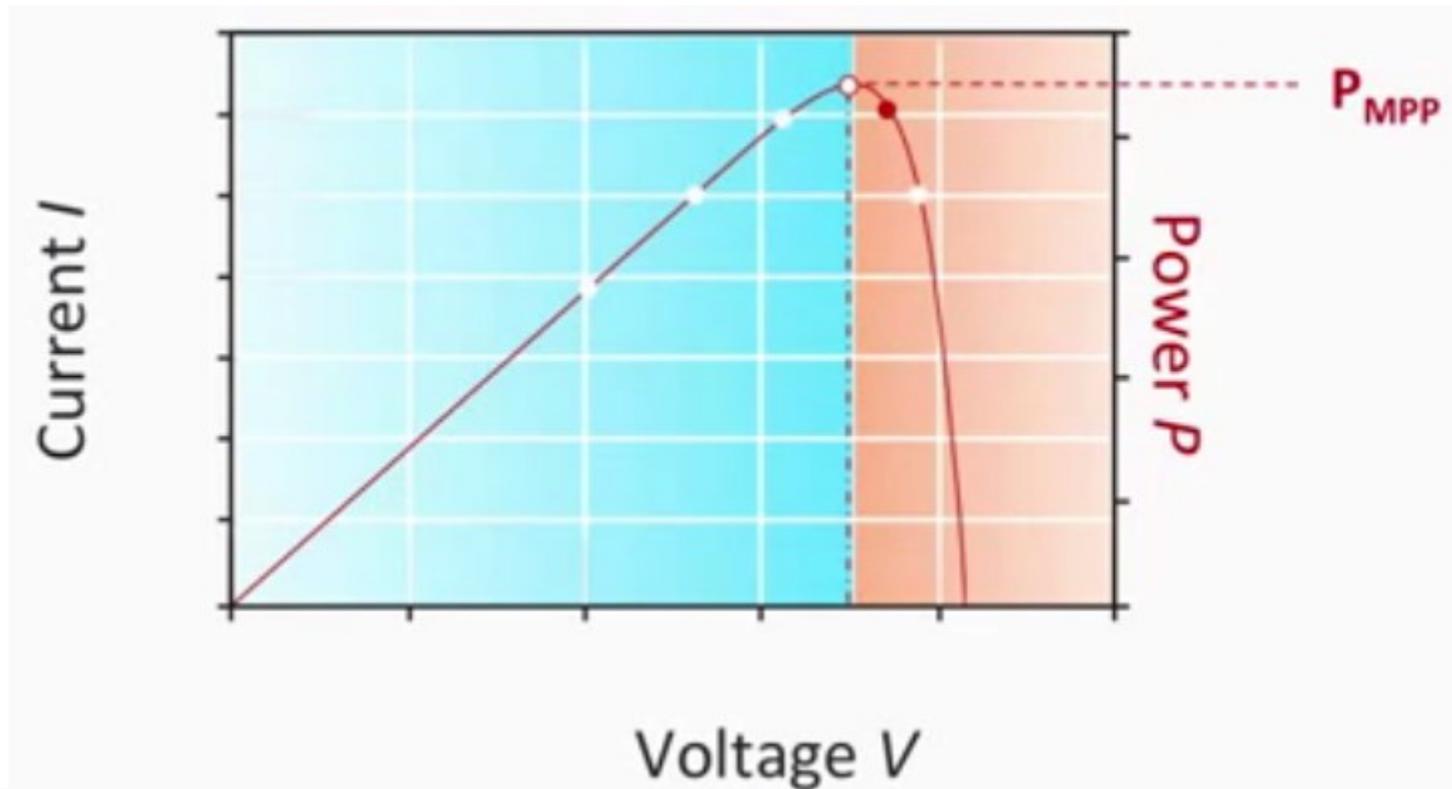
1. Méthode indirecte

- Pour mesurer la tension à vide, on utilise une cellule témoin.
- Ainsi on évite de perturber le fonctionnement du panneau.
- **Avantage:** méthode plus précise que la précédente.
- **Inconvénient:** le coefficient K ne permet pas d'avoir le vari MPP mais une approximation.



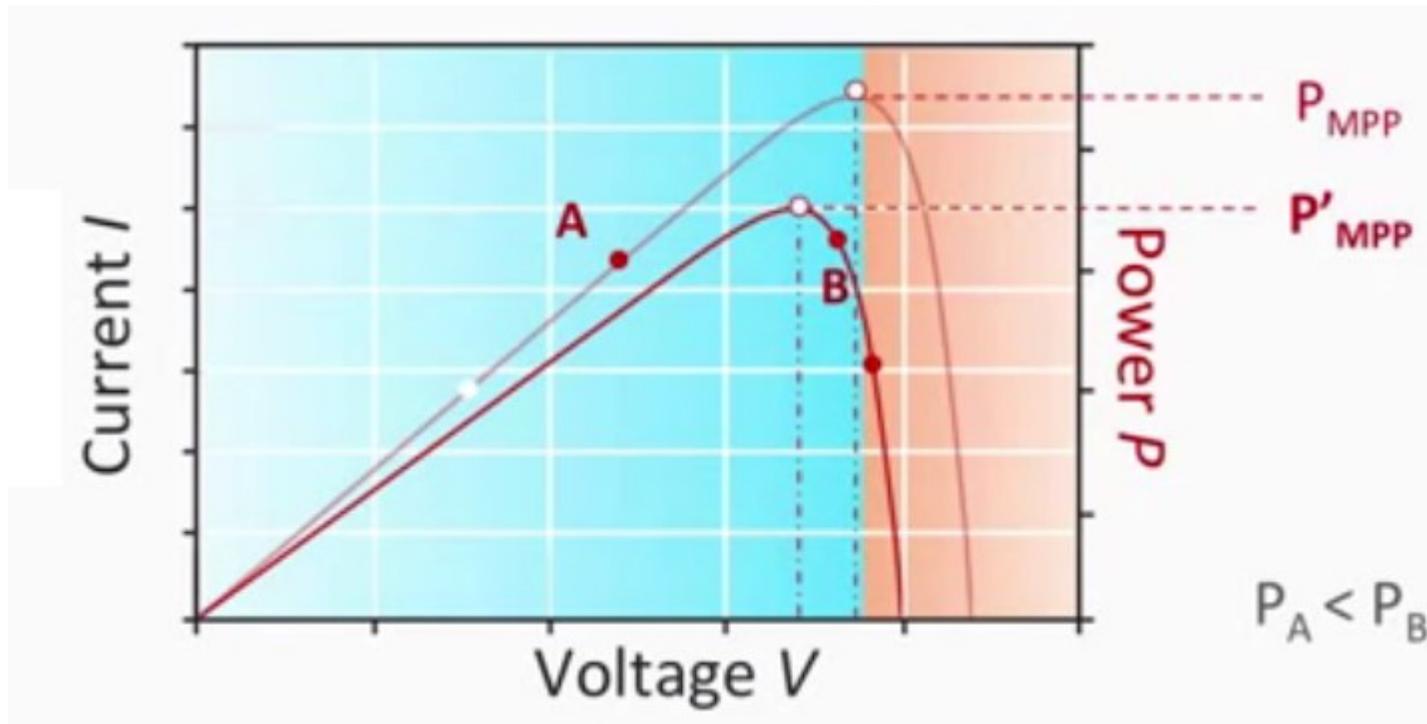
2. Méthode directe

- **2.A-P&O (Perturb & Observe):** on applique une variation $\Delta V > 0$ de la tension de fonctionnement. Si on a un $\Delta P > 0$, alors nous sommes à gauche du MPP, sinon nous sommes à gauche.



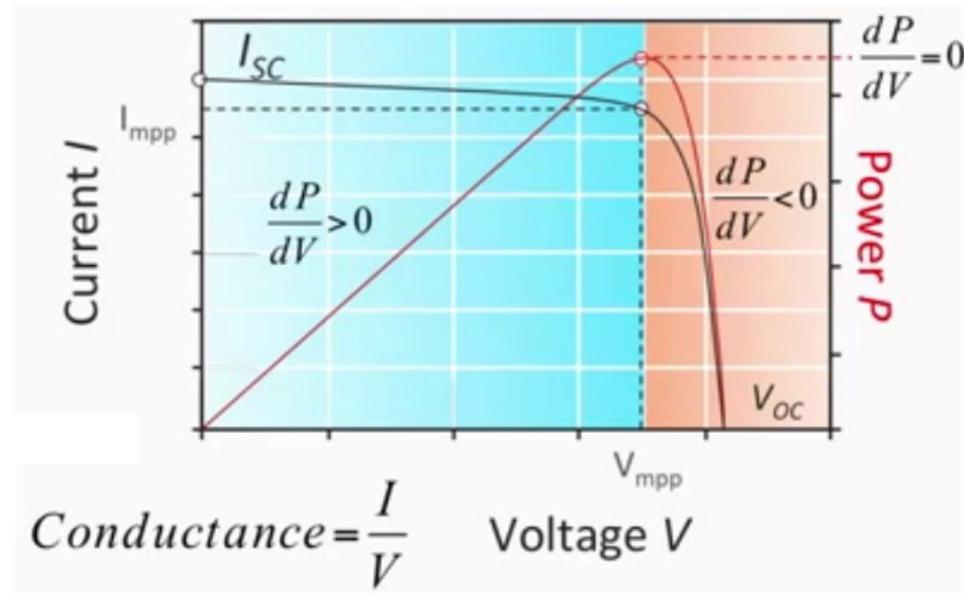
2. Méthode directe

- Avantage: la méthode est plus précise pour localiser le MPP.
- Inconvénient: une variation brusque pendant la recherche du MPP peut perturber l'algorithme:



2. Méthode directe

- **2.B-Incremental conductance:** comme la méthode précédente, on fait varier la tension ΔV mais cette fois on mesure l'intensité, ou plutôt un I/V (conductance):



$$\frac{dP}{dV} = \frac{d(I \times V)}{dV} = I + V \frac{dI}{dV}$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta V} = -\frac{I}{V} \quad \text{At MPP}$$

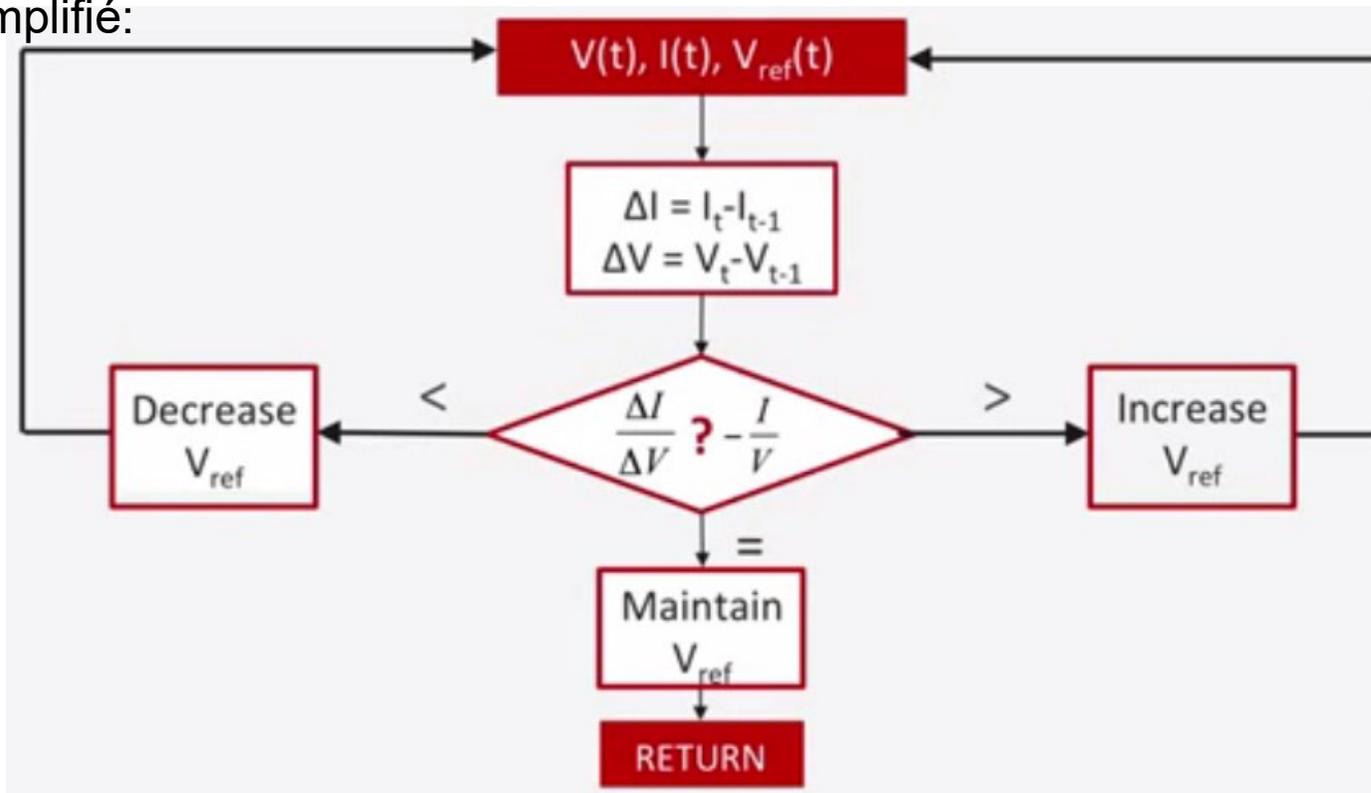
$$\frac{\Delta I}{\Delta V} > -\frac{I}{V} \quad \text{To the left of MPP}$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta V} < -\frac{I}{V} \quad \text{To the right of MPP}$$

2. Méthode directe

- Avantage: La méthode est plus précise que la P&O.
- Inconvénients: l'algorithme et sa mise en œuvre sont plus compliqués.

Aperçu simplifié:



Hardware

- Le MPPT est un convertisseur DC-DC (en général DC-> AC -> DC).
- La conversion peut générer des fréquences perturbatrices.
- Le MPPT est souvent associé à un chargeur ou un inverter.

SUNKEEPER™
JUNCTION BOX MOUNTED
SOLAR CONTROLLER



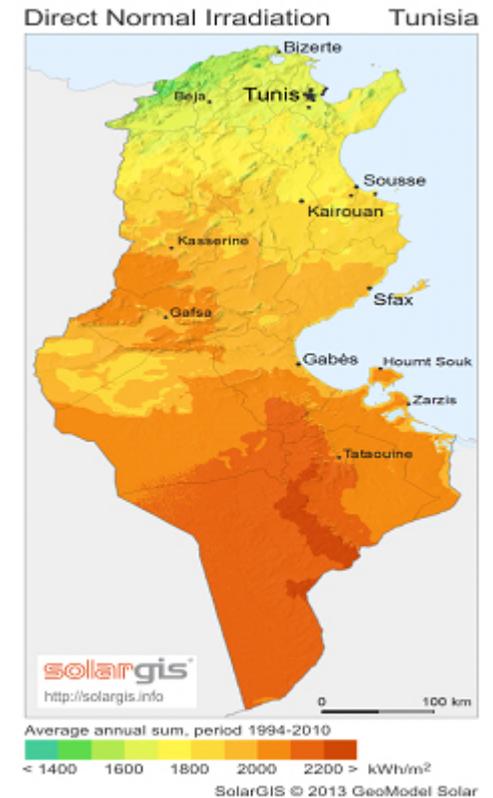
Sommaire

- Introduction
- Cellule Sunpower
- Installation
- MPPT



Pour info

- La Tunisie bénéficie d'un bon ensoleillement. Mais ça varie sur 1m^2 de surface horizontale de 2100 kWh/an à 5100 kWh/an en fonction de:
 - La latitude du site (le sud est plus exposé),
 - La saison : durée d'ensoleillement, hauteur du soleil, proportion diffus/direct ; naturellement, l'été est plus ensoleillé
 - Les conditions météo : nébulosité, poussières, humidité, ...
 - L'altitude : brouillard de plaines et vallées
 - L'heure de la journée : hauteur/azimut du soleil
- A noté, que d'une année sur l'autre le rayonnement solaire reçu reste sensiblement constant.



Pour info

- Quelques données intéressants:

Moyenne mensuelle des données météorologiques pour la région du Tunis en Tunisie
Carthage - Ariana - Gammarth - Borj Cedria - Manouba - Hammam-Lif - Ben Arous - Sidi Bou Said - La Marsa - Rades

	Température Minimum	Maximum Température	Température de l'eau	Heures de soleil	Probabilité de pluie	Humidité
Janvier	8°C 46°F	16°C 61°F	15°C 59°F	6	39%	75%
Février	9°C 48°F	17°C 63°F	15°C 59°F	7	41%	74%
Mars	10°C 50°F	20°C 68°F	16°C 61°F	9	28%	69%
Avril	13°C 55°F	22°C 72°F	16°C 61°F	9	30%	67%
Mai	16°C 61°F	27°C 81°F	18°C 64°F	10	23%	66%
Juin	20°C 68°F	32°C 90°F	21°C 70°F	12	11%	56%
Juillet	23°C 73°F	35°C 95°F	23°C 73°F	12	4%	57%
Août	22°C 72°F	34°C 93°F	26°C 79°F	11	7%	61%
Septembre	21°C 70°F	30°C 86°F	25°C 77°F	9	31%	68%
Octobre	18°C 64°F	27°C 81°F	24°C 75°F	8	23%	72%
Novembre	13°C 55°F	22°C 72°F	21°C 70°F	7	40%	74%
Décembre	10°C 50°F	17°C 63°F	17°C 63°F	6	45%	76%