

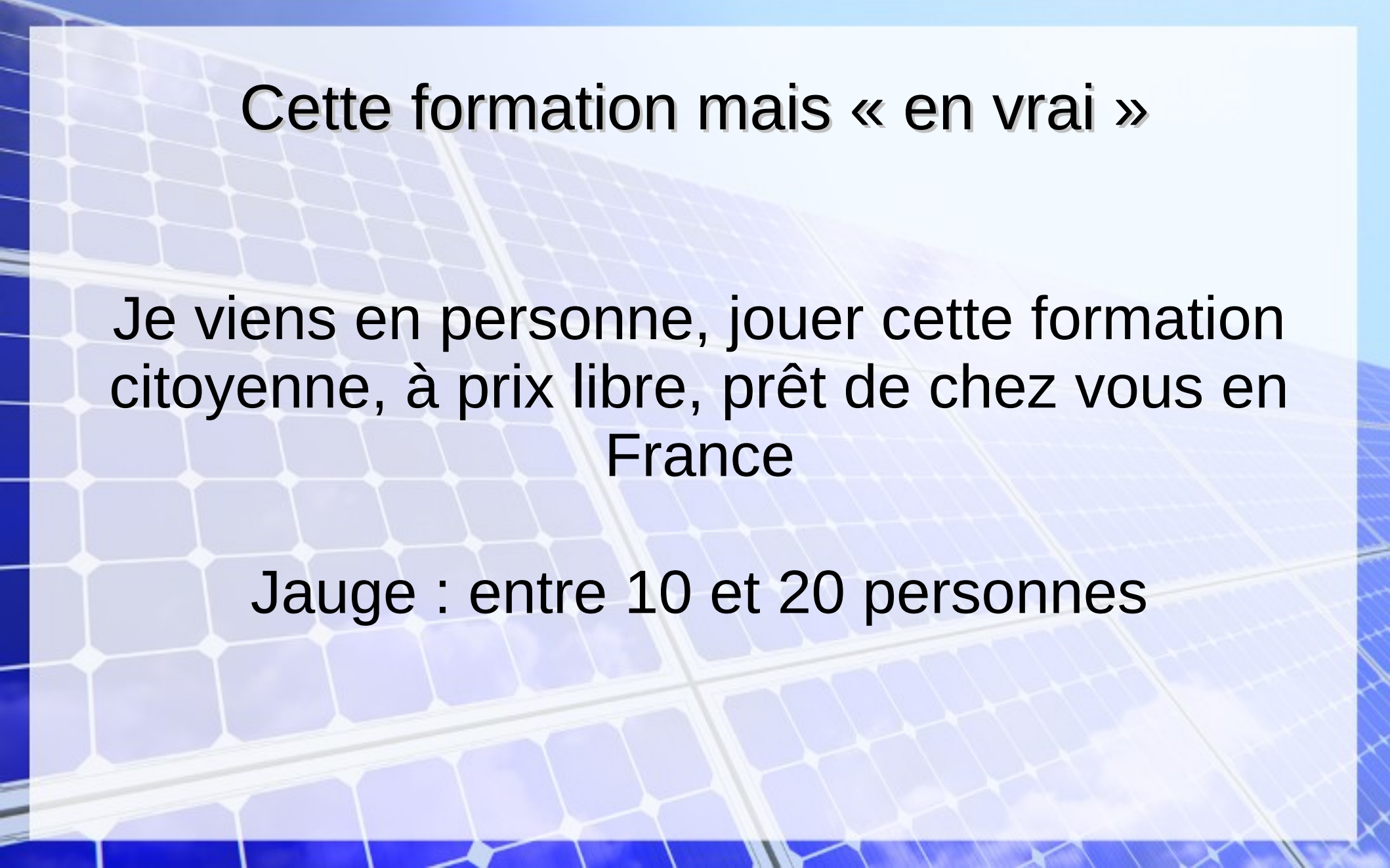
# Comprendre et concevoir votre installation électrique solaire autonome

Support, document joint à prévoir :

- Liste matériel type ;
- Formules ;

Tout les documents et les liens de ce diapo se trouve à cette adresse :

- <http://david.mercereau.info/formation-pv>

The background of the slide is a close-up, slightly angled view of a solar panel array. The panels are a deep blue color with a grid of lighter blue lines forming square cells. The perspective is from a low angle, looking up at the panels, which recede into the distance. The lighting is bright, creating a high-contrast image.

Cette formation mais « en vrai »

Je viens en personne, jouer cette formation  
citoyenne, à prix libre, prêt de chez vous en  
France

Jauge : entre 10 et 20 personnes

# Le savoir n'est rien s'il n'est pas partager

La formation est libre, si vous éprouvé de de la reconnaissance, ou un besoin de contribution, vous pouvez l'exprimer :

- Dire merci
- Faire un don ponctuel
- Faire un don récurrent
- Contribuer / améliorer en envoyant vos suggestions



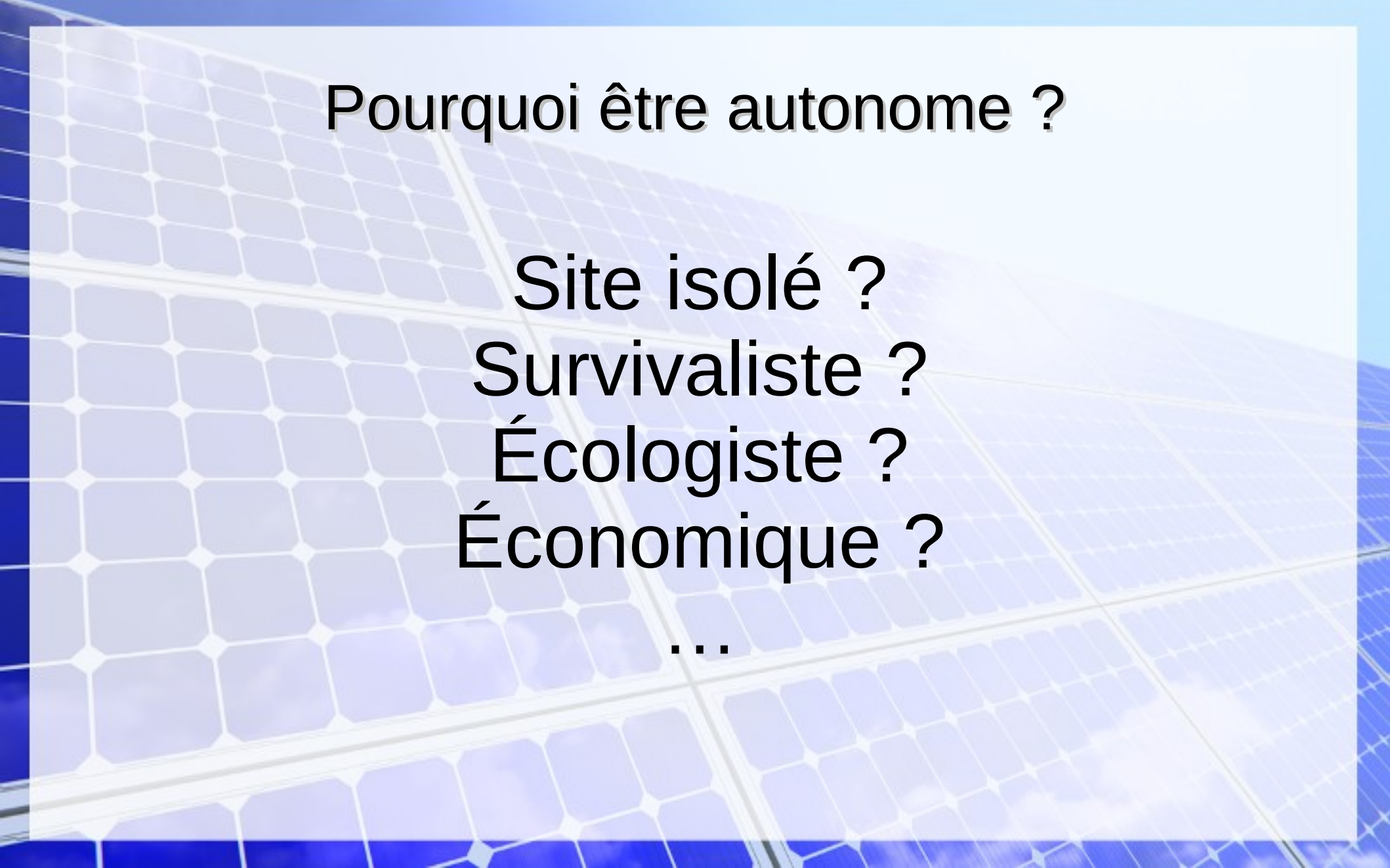


# Avant de commencer

Réviser le programme de 4ème, en physique sur les bases de l'électricité. Donc si un Watt, un Ampère ça vous dit vaguement quelque chose, si  $P=U \times I$  ça vous cause qu'à moitié :

- Vous pouvez lire attentivement ça :  
<http://www.planete-domotique.com/blog/2015/10/23/quelques-notions-de-base-sur-lelectricite-unites-de-mesure/>
- Vous pouvez regarder un petit c'est pas sorcier :  
<https://www.youtube.com/watch?v=efQW-ZmpyZs> ( $P=U \times I$  c'est vers la minute 18)



The background of the slide is a close-up, slightly angled view of a large array of solar panels. The panels are blue with a grid of white lines, and the perspective creates a sense of depth and repetition.

Pourquoi être autonome ?

Site isolé ?

Survivaliste ?

Écologiste ?

Économique ?

...

C'est contraignant ?



# Production électrique domestique

- S'adapter aux ressources locales
  - Avec le soleil : les panneaux photovoltaïques ;
  - Avec le vent : éoliennes ;
  - Avec l'eau : les hydroliennes ;
- L'appoint :
  - Avec du pétrole : groupe électrogène ;

Et l'énergie libre ? => Blague !





# Éolienne

Quelle installation vous paraît la plus pertinente ?



# Différents types d'installation solaire

- Revente EDF totale
- Autoconsommation
- Autonomie (site isolé)





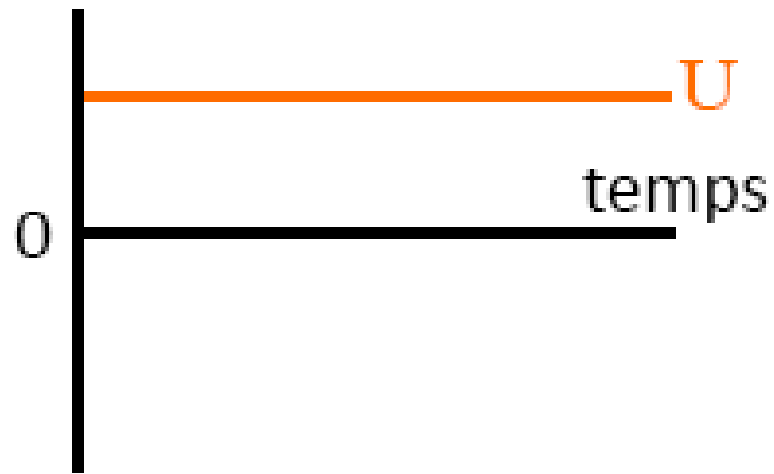
# Avant d'aller plus loin : Bases élec

Si un Watt, un Ampère ça vous dit vaguement quelque chose, si  $P=U \times I$  ça vous cause qu'à moitié :

Vous pouvez lire attentivement ceci  
Vous pouvez regardé un petit c'est pas sorcier  
( $P=U \times I$  c'est vers la minute 18)

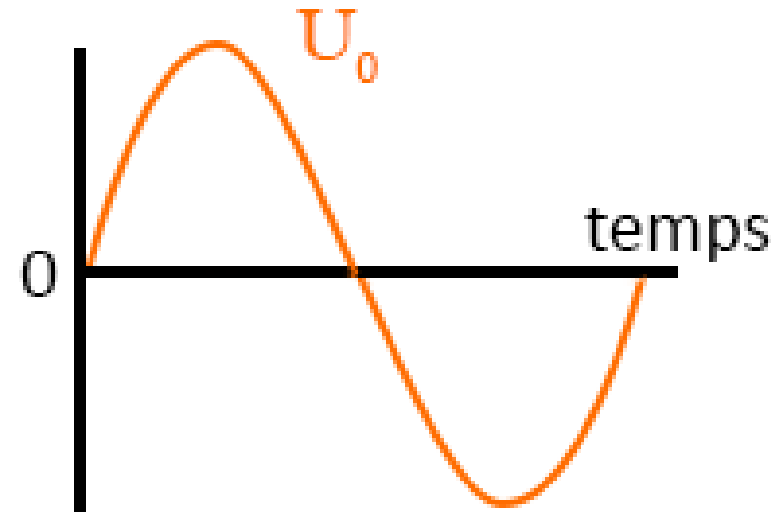


# Bases élec : AC/DC



Courant continu (DC)

Souvent 12, 24, 48V

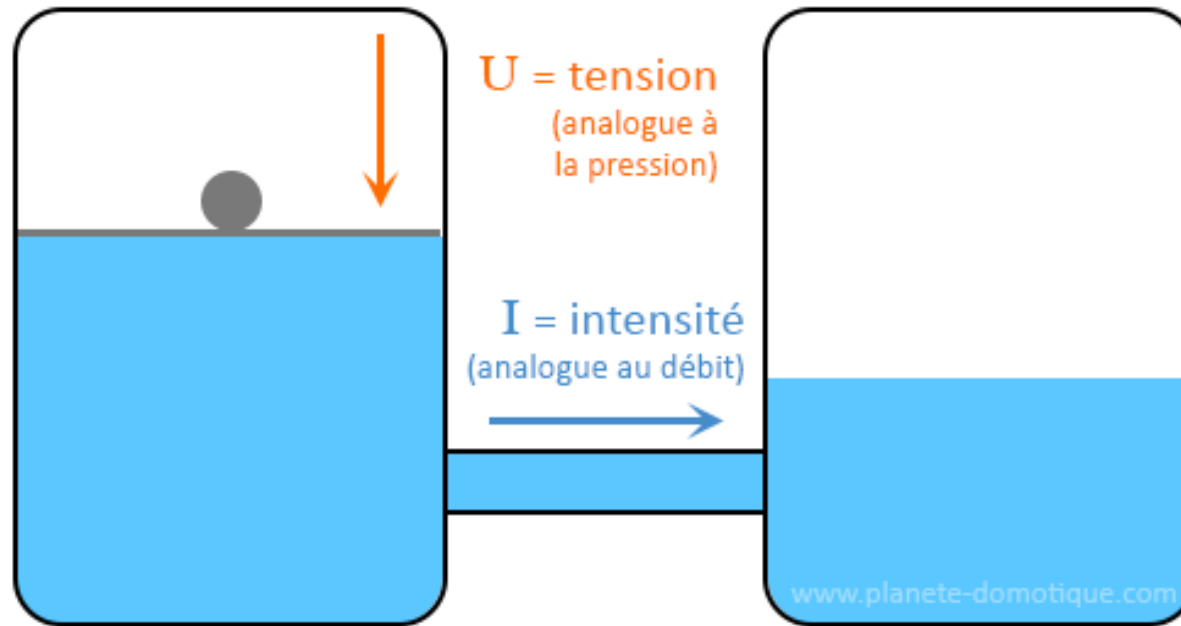


Courant alternatif (AC)

Standard France : 230V

[www.planete-domotique.com](http://www.planete-domotique.com)

# Bases élec : Tension/Intensité/Puissance



Analogie entre l'électricité  
et un montage hydraulique



# Bases élec : formule de base

- $P = U \times I$ 
  - P : puissance (watts notés W) ;
  - U : tension électrique (volts notés V) ;
  - I : intensité du courant électrique (ampères notés A).
- On recherche le courant d'un appareil d'une puissance 100W qui fonctionne sur le réseau EDF 230V
  - $I = P / U = 100W / 230V = 0,4 \text{ A}$
- On recherche la puissance d'un appareil qui fonctionne en 12V et qui utilise un courant de 16A
  - $P = U \times I = 12 \text{ V} \times 16 \text{ A} = 192 \text{ W}$

# Bases élec : Puissance des appareils

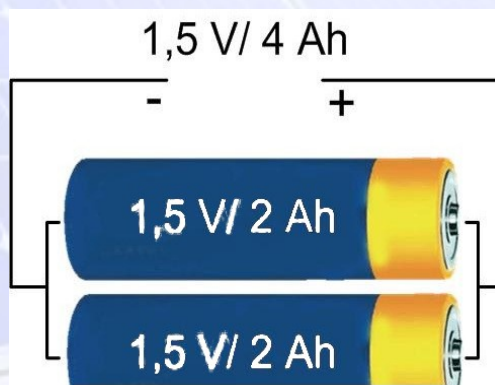
- Une motrice de train : 4 MW ;
- Un moteur d'automobile de 100 c = 73 600 W, c'est-à-dire 73,6 kW (1 ch = 736 W) ;
- Un lave linge nécessite : 1 000 à 2 000 W ;
- Un ordinateur :
  - Type netbook ou nettop 15 W,
  - De bureau fixe avec son écran à cristaux liquides ; 90 à 200 W
  - De joueur : de 250 à 1 200 W
- Une ampoule à incandescence : 60 W
- Une ampoule à LED de même intensité lumineuse: 6 W

# Bases élec : montage en parallèle / série

Une pile AA de 1,5V est capable de fournir 2000 mAh



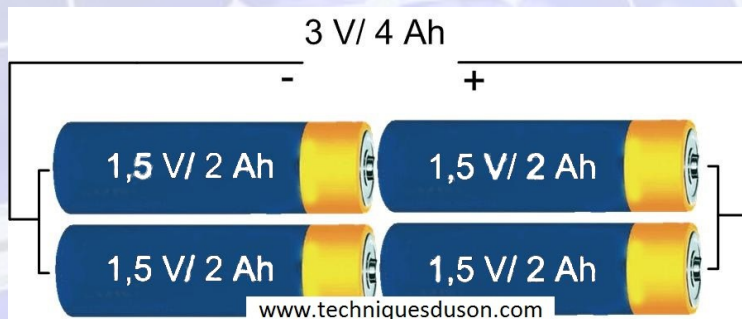
En série, on multiplie la tension & on conserve l'intensité



Combiner parallèle et série  
On multiplie la tension & l'intensité



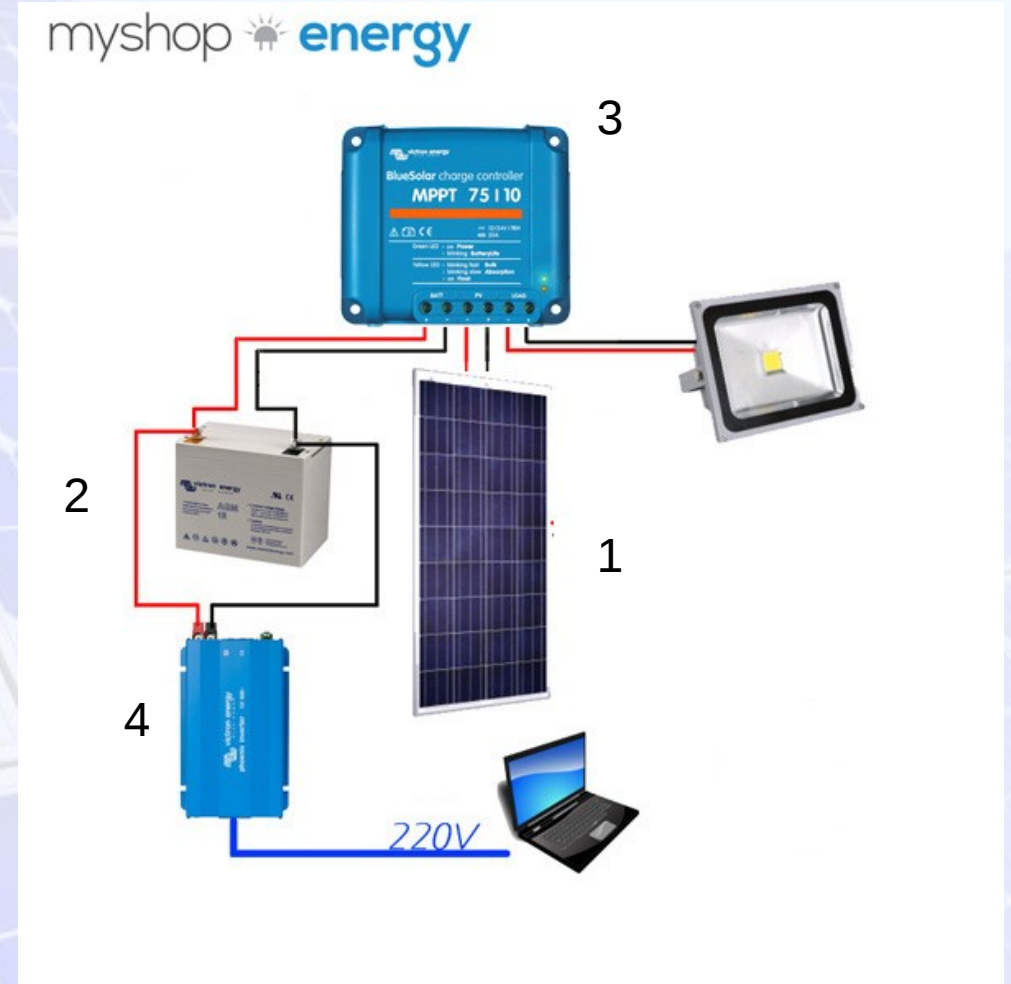
En parallèle, on conserve la tension & on multiplie l'intensité





# Tour global d'une installation solaire autonome

- 1) Panneaux
- 2) Batterie
- 3) Régulateur
- 4) Onduleur



# Différents types de panneaux photovoltaïques

|                       | Avantages                                                                                                                                                                       | Inconvénients                                                                                                                                         |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Monocristallin</b> | <ul style="list-style-type: none"><li>- Bon rendement (15%)</li><li>- Large choix de gammes et nombreux fabricants</li></ul>                                                    | <ul style="list-style-type: none"><li>- Coût élevé</li><li>- Rendement médiocre si peu de luminosité et si d'augmentation de la température</li></ul> |
| <b>Polycristallin</b> | <ul style="list-style-type: none"><li>- Coût plus faible que les Monocristallin</li><li>- Rendement moyen (10%)</li></ul>                                                       | <ul style="list-style-type: none"><li>- Rendement faible sous faible luminosité</li></ul>                                                             |
| <b>Amorphe</b>        | <ul style="list-style-type: none"><li>- Un peu moins cher que les autres panneaux.</li><li>- Fonctionne avec une luminosité faible ou diffuse, même par temps couvert</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>- Rendement faible en plein soleil, de 6 %</li></ul>                                                            |

# Différents types de régulateur

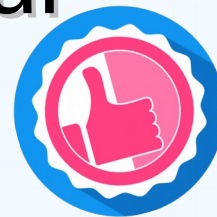
## PWM :

- Rendement 70-80 %
- Contrainte : mise en // des panneaux
- Le voltage de la batterie doit être le même que pour les panneaux



## MPTT (conseillé) :

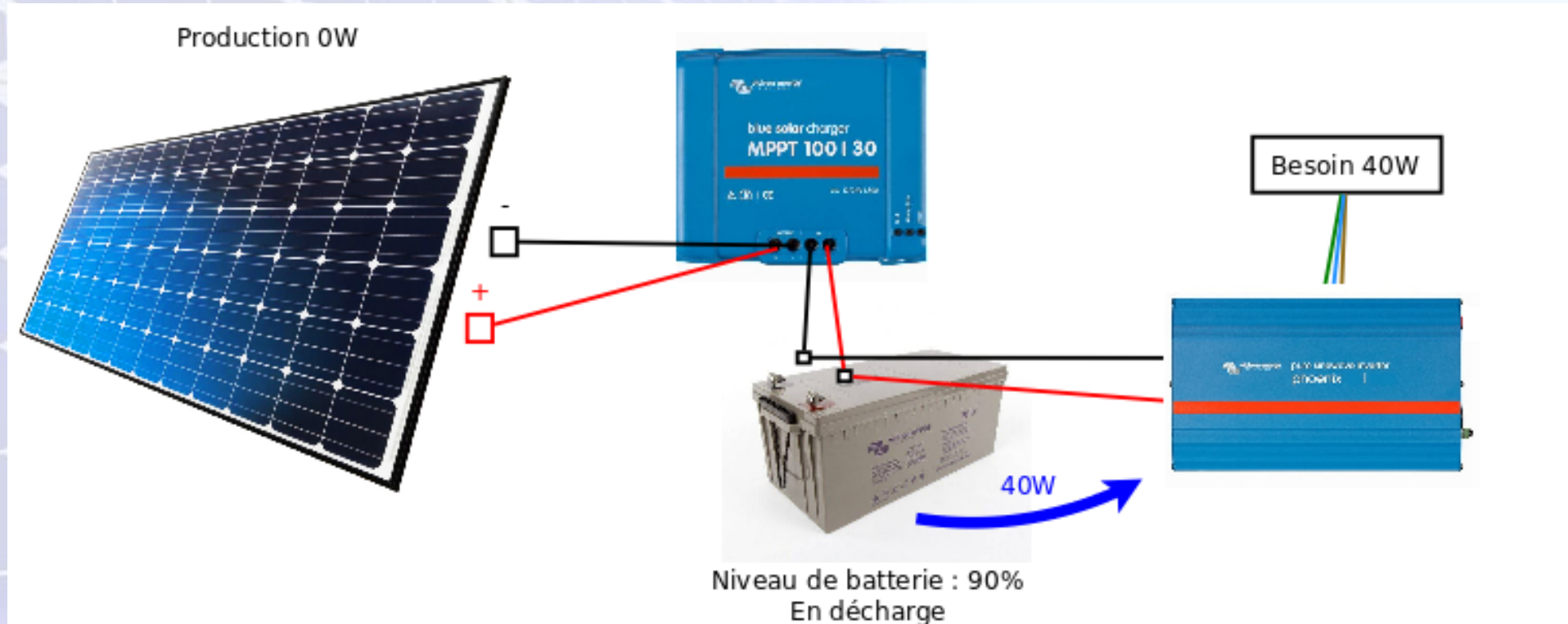
- Rendement 95 %
- Possibilité de mise en série des panneaux
- Le voltage de la batterie n'est pas forcément identique aux panneaux



[Plus d'info](#)

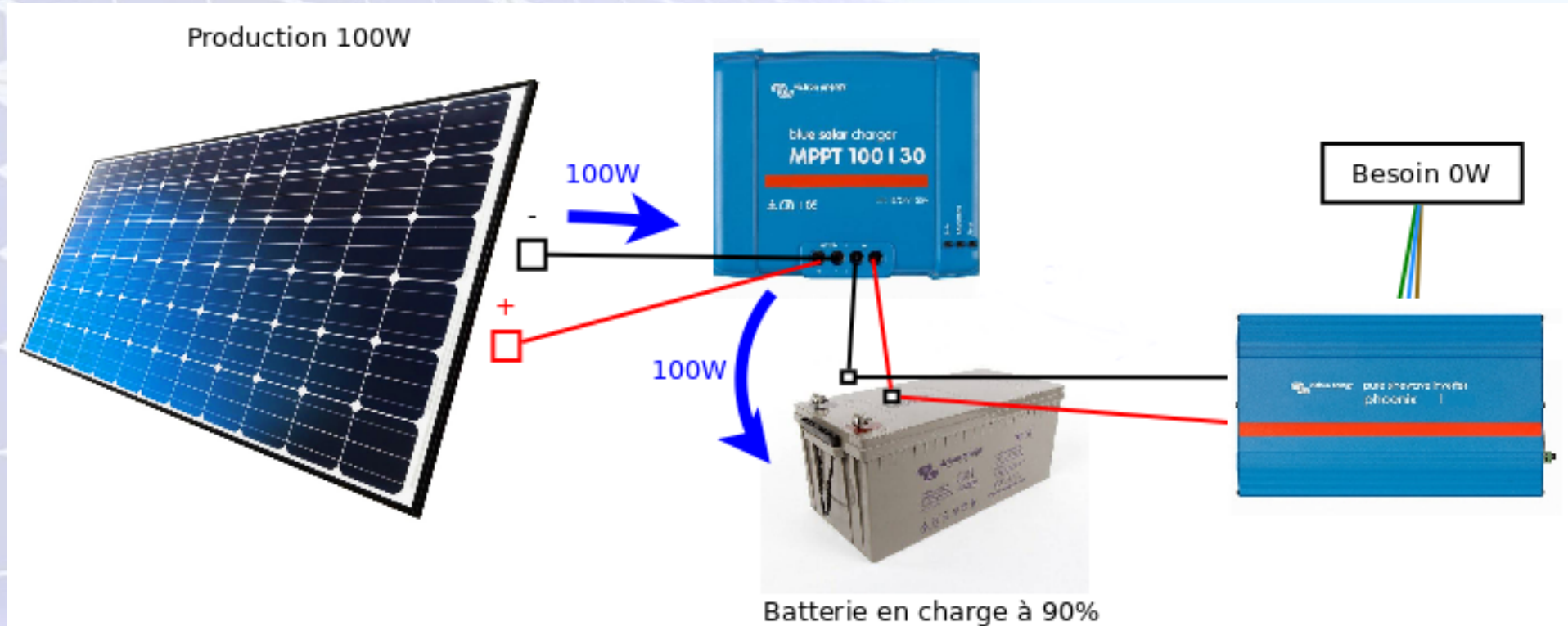


# Fonctionnement d'un régulateur MPPT



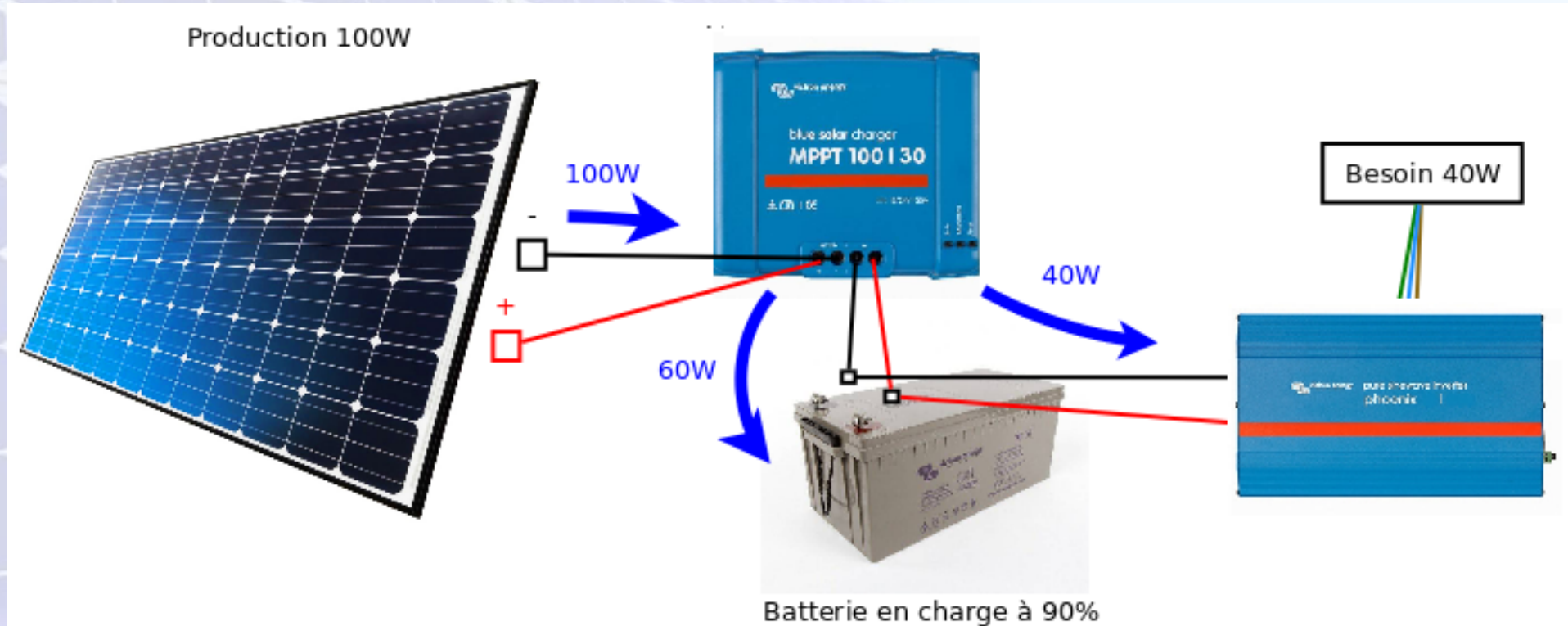
MPPT en mode bulk car niveau de batterie != 100 %

# Fonctionnement d'un régulateur MPPT



MPPT en mode bulk car niveau de batterie != 100 %

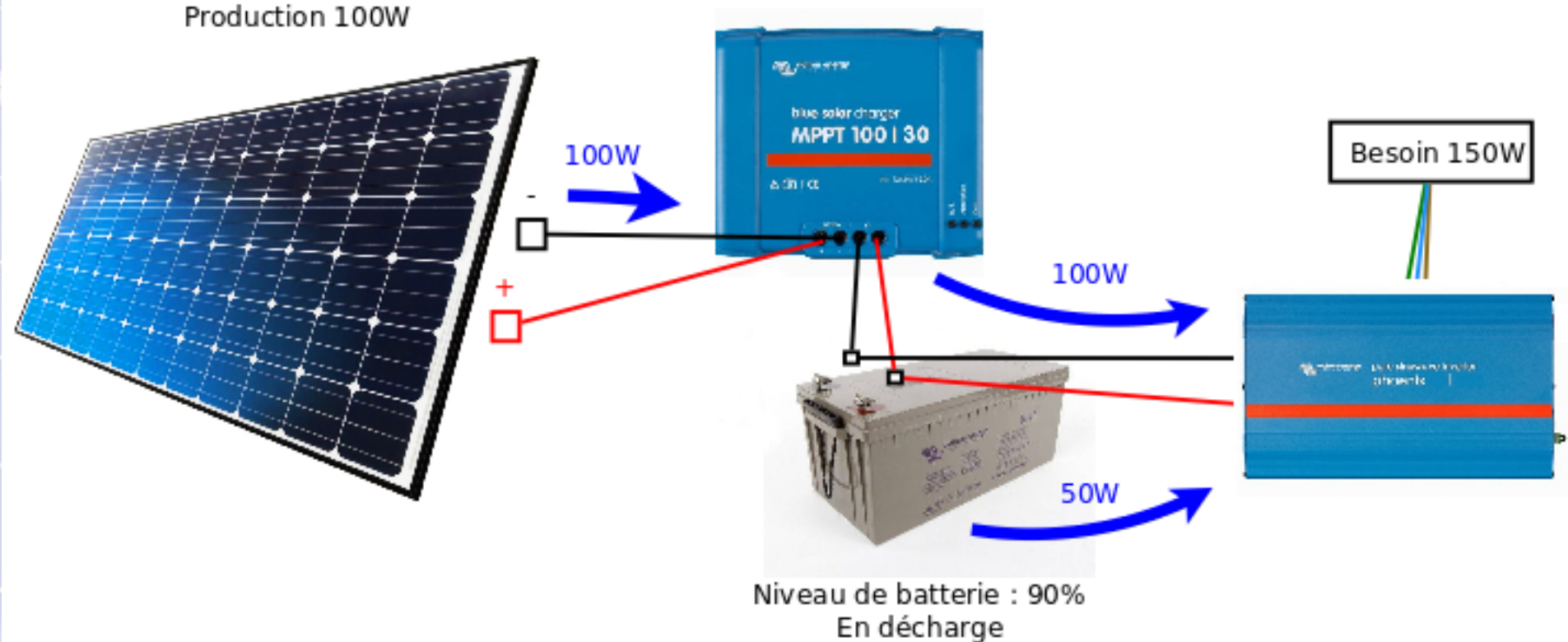
# Fonctionnement d'un régulateur MPPT



MPPT en mode bulk car niveau de batterie != 100 %

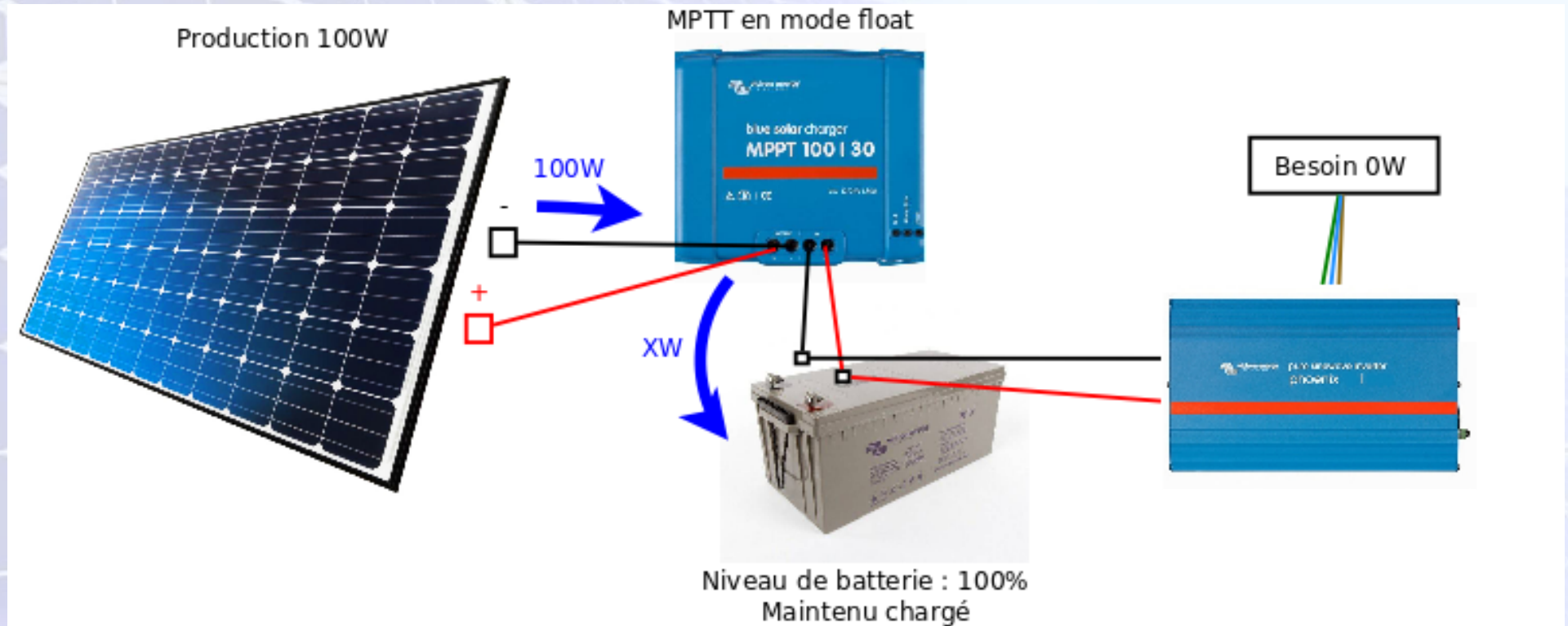


# Fonctionnement d'un régulateur MPPT



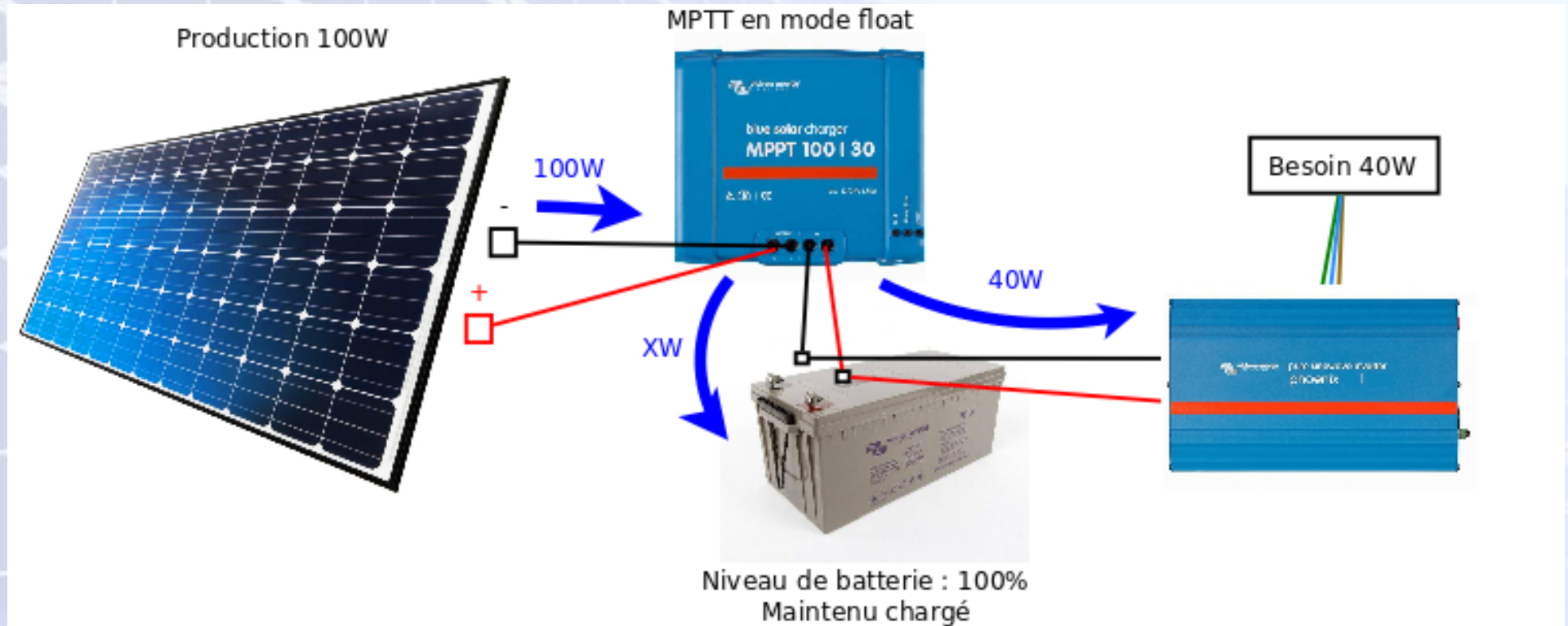
MPPT en mode bulk car niveau de batterie != 100 %

# Fonctionnement d'un régulateur MPPT



MPPT en mode Float car niveau de batterie = 100 %

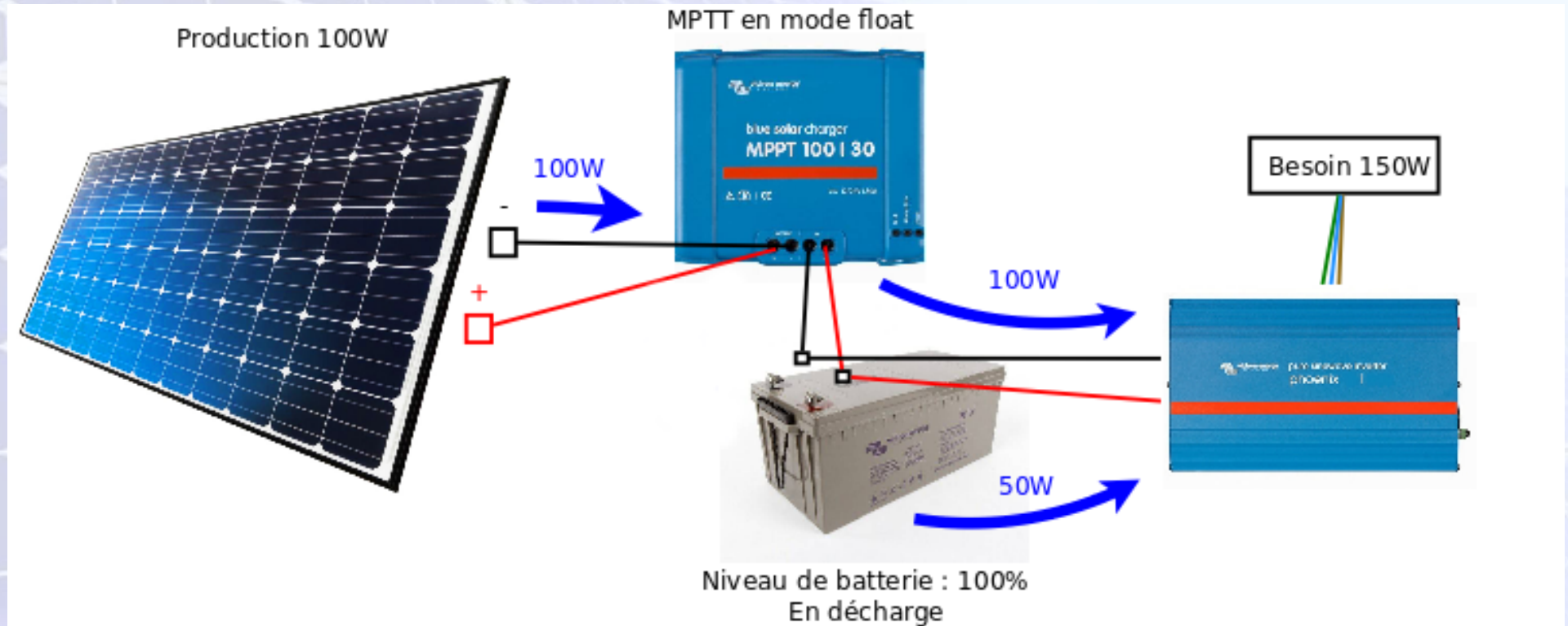
# Fonctionnement d'un régulateur MPPT



MPPT en mode Float car niveau de batterie = 100 %



# Fonctionnement d'un régulateur MPPT



MPPT en mode float mais va repasser en mode bulk

# Différents types de batteries

|               | Avantages                                                                                                                   | Inconvénients                                                                 |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| AGM           | Durée de vie (5 à 10 ans)<br>Prix correct<br>Faible dégagement d'hydrogène (explosif)<br>Peut encombrante                   | Lourde (poids)<br>Sensible au froid                                           |
| GEL /<br>OPzV | Durée de vie 5 à 15 ans<br>Résistance aux températures extrêmes (-20°C / +55°C)<br>Faible dégagement d'hydrogène (explosif) | Chère<br>Lourde (poids)<br>Peu adaptée aux courants de charge/décharge élevés |
| OPzS          | Longue durée de vie : > 10 ans<br>Très bonne résistance aux températures extrêmes                                           | Nécessite Entretien<br>Encombrante                                            |
| Lithium       | Durée de vie (30 ans)<br>Légère<br>Faible auto-décharge<br>Bonne résistance aux températures +/-                            | Très onéreuse<br>Non recyclée                                                 |

Source 1, source 2

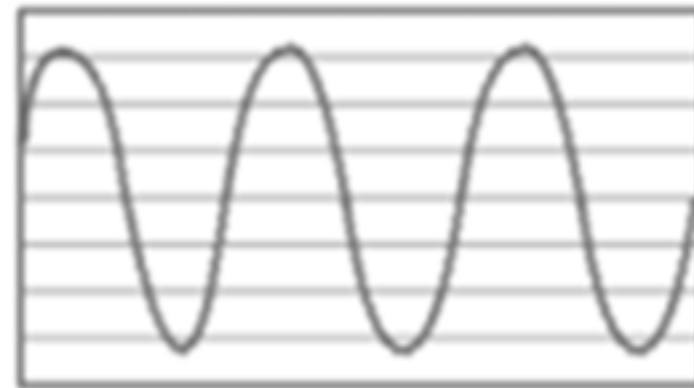
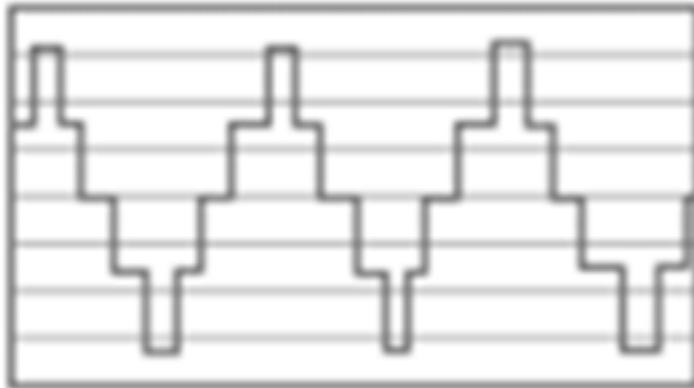
# Convertisseurs / Onduleurs

Quasi sinus (pas cher)  
Signal presque régulier

- Téléphone portable
- Tablette
- Éclairage à incandescence,
- Fer à repasser
- Cafetière
- Four
- Radio
- TV cathodique

Pur Sinus (plus cher mais **conseillé**)  
Signal régulier

- TV écran plasma ou LCD
- Ordinateurs
- Matériel de mesure
- Sono, chaîne hi-fi
- Réfrigérateur/congélateur
- Pompe
- Machine à laver
- Micro-ondes





# Habitat en 12V continu ou 230V alternatif ?

- Petit habitat (caravane, camion, bateau) : 12V continu
- Le reste : 230V alternatif

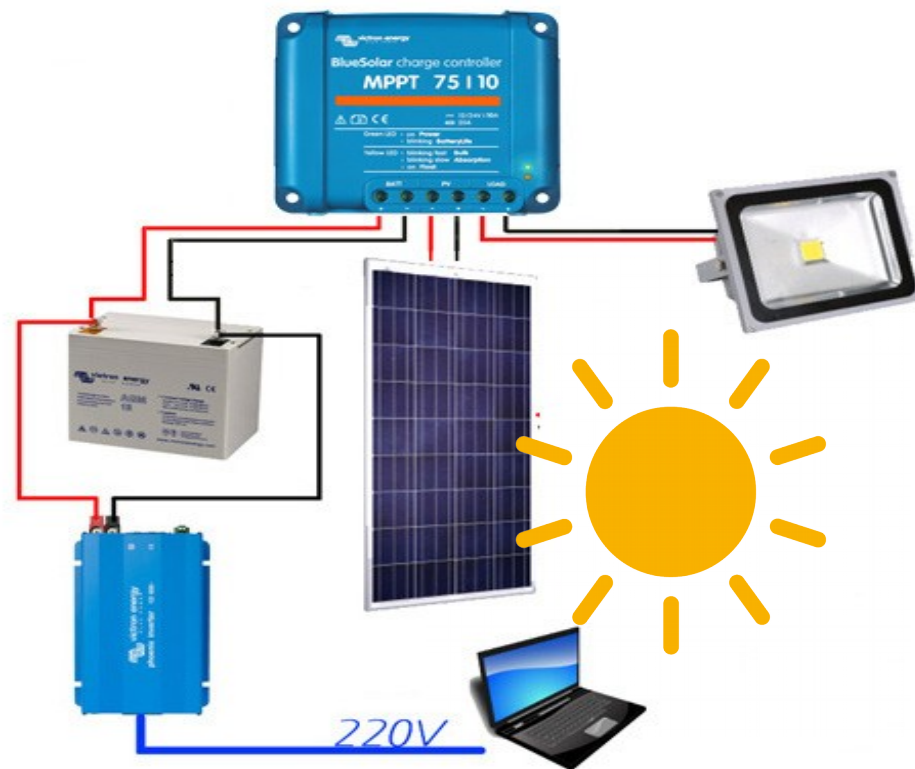
Le double réseau 230V et 12V est possible mais coûteux

The background of the slide is a close-up, low-angle shot of several rows of solar panels. The panels are tilted upwards and to the right, creating a strong sense of perspective. The surface of the panels is covered in a grid of small, square cells, with thin white lines separating them. The lighting is bright, suggesting a sunny day, and the overall color palette is dominated by the blue and white of the solar cells, with a hint of the sky in the upper right corner.

# Étude de cas : Dimensionnement de l'installation de la famille Benmahmoud

# On commence par quoi ?

myshop  energy





# Évaluer ses besoins journaliers

Déterminer les besoins journaliers en **Wh/j** en imaginant que c'est l'hiver. Exemple :

- Un ordinateur de 40W utilisé 2 heures dans la journée
  - $40 \text{ W} \times 2 \text{ h} = 80 \text{ Wh/j}$
- Deux ampoule LED de 7W utilisées 4 heures dans la journée
  - $(7\text{W} \times 2) \times 4 \text{ h} = 56\text{Wh/j}$

Total :  $80 \text{ Wh/j} + 56 \text{ Wh/j} = 136 \text{ Wh/j}$

Pour vous aider : <http://calconso.zici.fr>

# Total des besoins journaliers pour les Benmahmoud : ~1000 Wh/j

| Équipements                  | Puissance (W) | Utilisation (heures) | Conso quot. (Wh/jour) |
|------------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|
| Lampe verte                  | 13            | 2                    | 26                    |
| PC 1 hors charge             | 16            | 2                    | 32                    |
| PC 1 en charge               | 35            | 8                    | 280                   |
| Enceinte a fond              | 22            | 3                    | 66                    |
| Enceinte utilisation normale | 3             | 2                    | 6                     |
| Lampe déco couleur           | 4             | 2                    | 8                     |
| Ampoule salon                | 10            | 8                    | 80                    |
| Ampoule cuisine (idem)       | 10            | 8                    | 80                    |
| Spot cuisine                 | 7             | 3                    | 21                    |
| Machine à coudre             | 40            | 0                    | 0                     |
| Réfrigérateur (375Wh/j)      | 75            | 0                    | 0                     |
| PC 2 en charge               | 54            | 8                    | 432                   |
| Perceuse                     | 720           |                      | 0                     |
| Rabot                        | 450           |                      | 0                     |
| Ponceuse                     | 270           |                      | 0                     |
| Scie sauteuse                | 600           |                      | 0                     |

# Les besoins journaliers : réfrigérateur

Pas de réfrigérateur chez les Benmahmoud ?

Si si, l'été un électrique,  
l'hiver un lowtech :





# Les besoins journaliers : grille pain

Pas de grille pain chez les Benmahmoud ?

Si si, mais à gaz l'été

Ou sur le poêle l'hiver

Avec un diffuseur de chaleur (5€)



# Les besoins journaliers : bouilloire

Pas de bouilloire ?

Si si, l'été au soleil

L'hiver sur le poêle

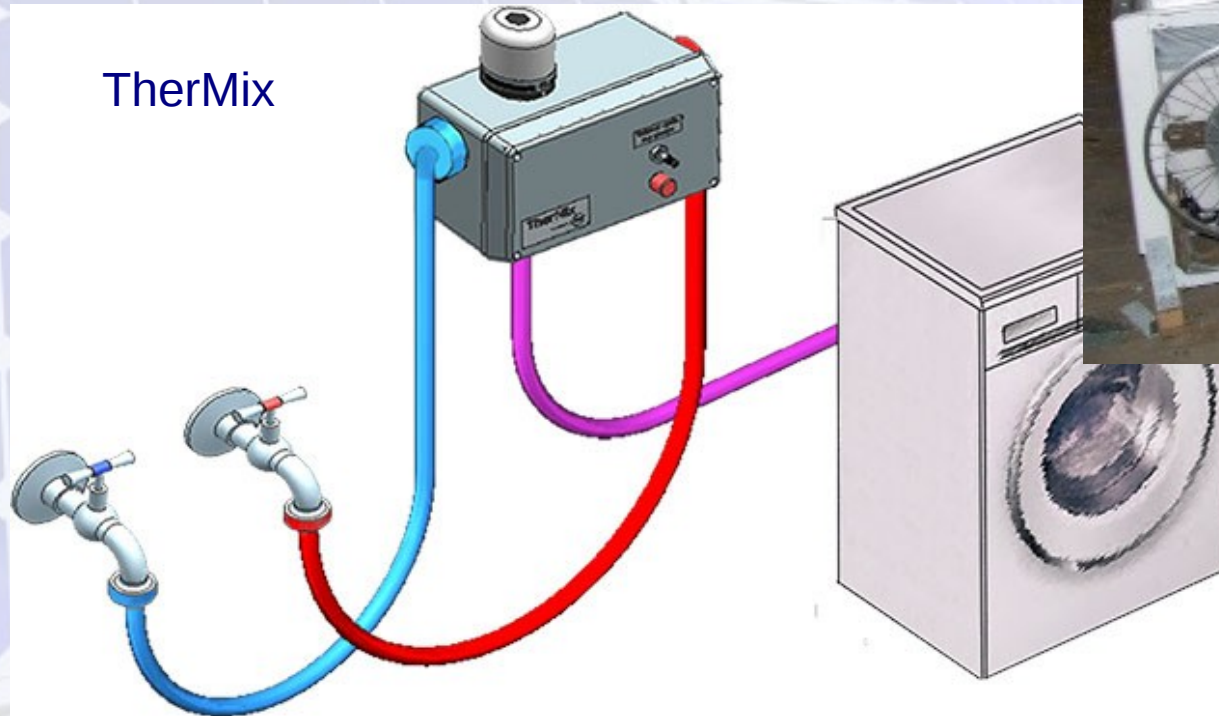
Sinon sur la  
gazinière





# Les besoins journaliers : lave linge

Pas de lave linge ?

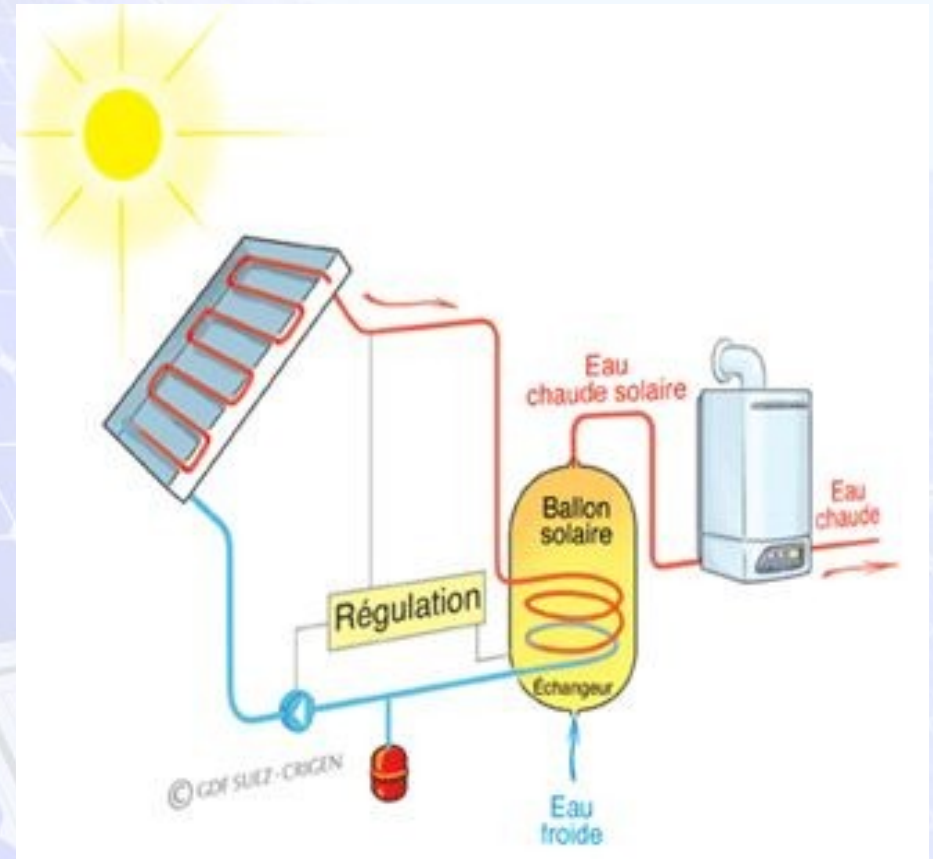




# Les besoins journaliers : ECS

Pas de chauffe eau ?

Privilégier le solaire thermique  
+ poêle à bois + gaz



# Besoin puissance maximum

Besoin électrique maximum au temps T

Influence le choix des batteries, le choix du convertisseur

Pour les Benmahmoud :

Scie sauteuse + Réfrigérateur + Enceinte + PC

$$600 + 75 + 22 + 54 = 751 \text{ W}$$

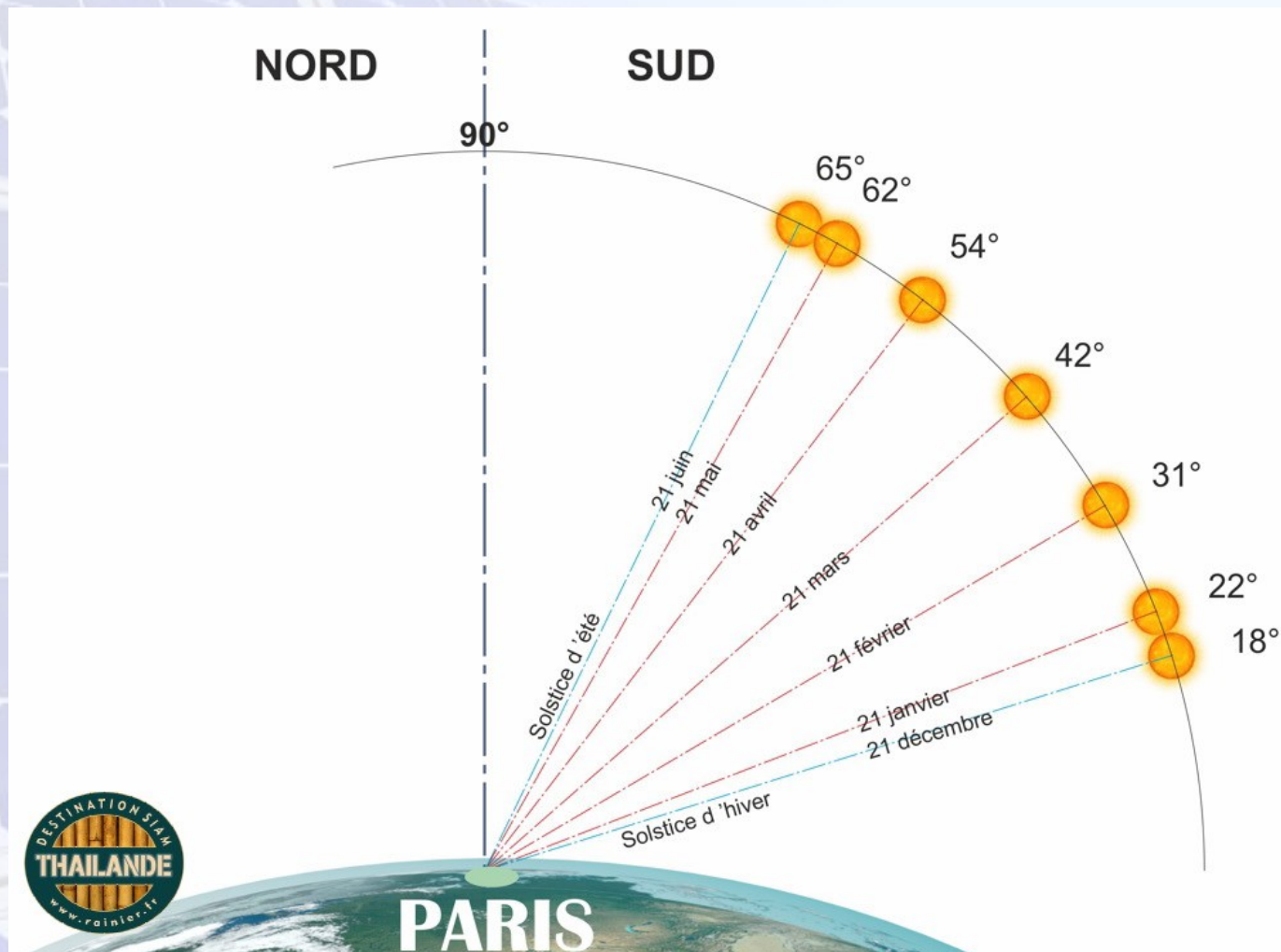
On considère un besoin max à **750W**



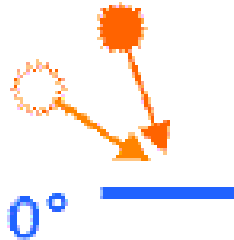
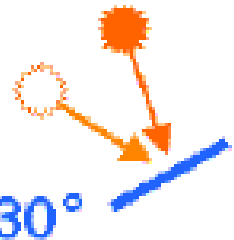
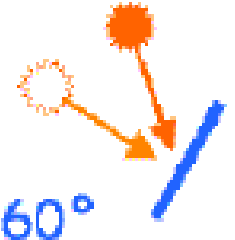
Combien de panneaux pour les  
Benmahmoud ?



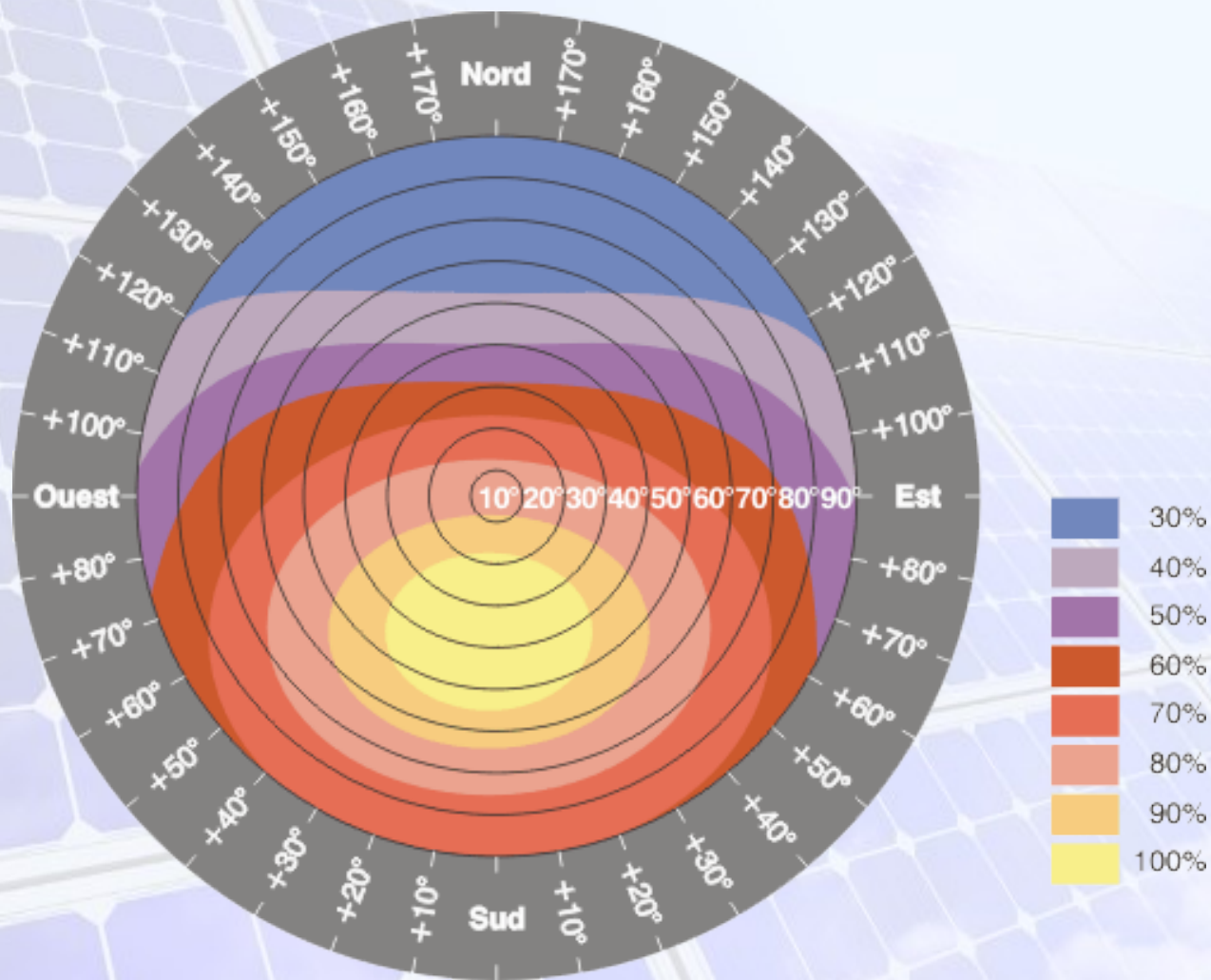
# Les panneaux des Benmahmoud ?



# Les panneaux des Benmahmoud ?

|                      | <br>0° | <br>30° | <br>60° | <br>90° |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>SUD</b>           | 87%                                                                                     | <b>100%</b>                                                                               | 93%                                                                                        | 67%                                                                                        |
| SUD-EST<br>SUD-OUEST | 87%                                                                                     | 95%                                                                                       | 86%                                                                                        | 62%                                                                                        |
| EST<br>OUEST         | 87%                                                                                     | 82%                                                                                       | 69%                                                                                        | 48%                                                                                        |

# Les panneaux des Benmahmoud ?





# Les panneaux des Benmahmoud ?

- Orientation
  - Plein SUD
  - $\sim 66^\circ$  d'inclinaison du sol
- Traqueur solaire ?
- Type de panneaux ?



# Les panneaux des Benmahmoud ?

Connaître le  
Rayonnement moyen  
quotidien du mois le plus  
défavorable dans le plan  
du panneau

[http://ines.solaire.free.fr/gisesol\\_1.php](http://ines.solaire.free.fr/gisesol_1.php)

Ville : Nantes  
Inclinaison à 65°  
En déc (le pire): 1,3



INES Education - Logiciel CALSOL - Gisement  
solaire  
estimation de l'énergie solaire disponible avec  
masque



Les résultats calculés par le présent logiciel sont donnés à titre indicatif et devront faire l'objet d'une étude les confirmant. En aucun cas, ils n'engagent la responsabilité de l'INES.

Choix de la ville :  Prendre en compte un masque :

Inclinaison du plan :  Orientation du plan :  Albédo du sol :

Irradiation sur un plan horizontal en kWh/m<sup>2</sup> par jour ☒ ou en kWh/m<sup>2</sup> cumulés [Sources](#)

| Irradiation : | jan  | fév  | mars | avr  | mai  | juin | juil | août | sep  | oct  | nov  | déc  | année |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Globale (IGH) | 1.01 | 1.84 | 3.45 | 4.45 | 4.98 | 5.97 | 5.86 | 5.16 | 3.97 | 2.37 | 1.33 | 0.83 | 3.44  |
| Directe (IBH) | 0.32 | 0.73 | 1.83 | 2.19 | 2.26 | 3.09 | 3.08 | 2.76 | 2.12 | 1.09 | 0.51 | 0.24 | 1.69  |
| Diffuse (IDH) | 0.69 | 1.11 | 1.62 | 2.26 | 2.72 | 2.88 | 2.78 | 2.4  | 1.85 | 1.28 | 0.82 | 0.59 | 1.75  |

Irradiation sur un plan d'inclinaison 65° et d'orientation 0°. [Comparaisons](#)

| Irradiation :   | jan  | fév  | mars | avr  | mai  | juin | juil | août | sep  | oct  | nov  | déc  | année |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Directe (IBP)   | 0.99 | 1.62 | 2.82 | 2.26 | 1.71 | 1.99 | 2.11 | 2.45 | 2.76 | 2.13 | 1.43 | 0.84 | 1.93  |
| Diffuse (IDP)   | 0.49 | 0.79 | 1.15 | 1.61 | 1.94 | 2.05 | 1.98 | 1.71 | 1.31 | 0.91 | 0.59 | 0.42 | 1.25  |
| Réfléchie (IRP) | 0.06 | 0.11 | 0.2  | 0.26 | 0.29 | 0.34 | 0.34 | 0.3  | 0.23 | 0.14 | 0.08 | 0.03 | 0.2   |
| Globale (IGP)   | 1.54 | 2.52 | 4.17 | 4.12 | 3.93 | 4.39 | 4.43 | 4.46 | 4.3  | 3.18 | 2.0  | 1.3  | 3.37  |



# Les panneaux des Benmahmoud ?

$$P_c = B_j / (R_b \times R_i \times E_j)$$

- $P_c$  (Wc) : Puissance crête des panneaux
- $B_j$  (Wh/j) : Besoins journaliers
  - Évalués précédemment à 1000Wh/j
- $R_b$  : rendement électrique des batteries
  - On considère 0.85
- $R_i$  : rendement électrique du reste de l'installation (régulateur de charge, convertisseur...)
  - On considère 0.87
- $E_j$  : rayonnement moyen quotidien du mois le plus défavorable dans le plan du panneau (kWh/m<sup>2</sup>/j)
  - On considère donc 1,85 (chez les Benmahmoud avec inclinaison à 65°, plein sud)



# Les panneaux des Benmahmoud ?

Donc dans notre cas :

$$P_c = 1000 / (0.85 * 0.87 * 1.85) = \mathbf{731\ Wc}$$

Hypothèse : 3 panneaux de 250Wc = 750W

Budget : entre 600€ et 836€

# Les panneaux des Benmahmoud ?

## COUP DE THÉÂTRE

Les Benmahmoud tombent  
sur une affaire et récupèrent  
4 panneaux de 250Wc

Ce qui monte leur parc de  
panneaux à **1000Wc**







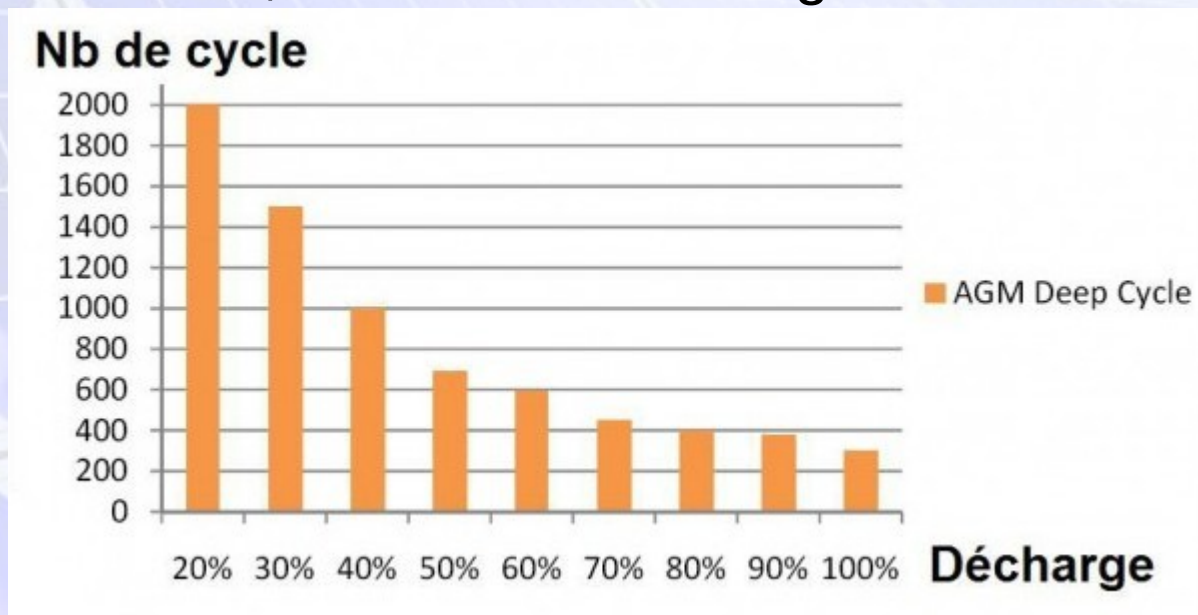
Combien de batteries pour les  
Benmahmoud ?



# Les batteries des Benmahmoud ?

Pour du GEL / AGM, il y a des contraintes :

- Courant de charge / décharge max : 18 % (20 % dans les docs constructeur)
  - Exemple : batterie de 100Ah, le courant de charge est de 18A
- Décharge 20 %



# Les batteries des Benmahmoud ?

Garantir une longue vie aux batteries :

- Ne pas décharger profondément fréquemment
- Prévoir chargeur possible
- Ne pas dépasser les 18 % de courant de charge / décharge
- Maintenir une température entre 10 et 20°

| Température | AGM      | Gel    |
|-------------|----------|--------|
| 20°         | 7-10 ans | 12 ans |
| 30°         | 4 ans    | 6 ans  |
| 40°         | 2 ans    | 3 ans  |

# Les batteries des Benmahmoud ?

$$\text{Cap} = (\text{Bj} \times \text{Aut}) / (\text{DD} \times \text{U})$$

- Cap (Ah) : Capacité nominale des batteries (en C10))
- Bj (Wh/j) : Besoins journaliers : **1000 Wh/j**
- Aut : Nombre de jours d'autonomie (sans soleil)
  - On considère **2 jours**
- DD (%) : Degré de décharge maximum
  - On considère **40 %** et non 20 % (car 1 panneau de plus que nécessaire)
- U (V) : Tension finale du parc de batteries qui dépend des panneaux :
  - De 0 à 500 Wc 12V
  - De 500 à 1500 Wc **24V**
  - Au-dessus de 1500 Wc 48V



# Les batteries des Benmahmoud ?

Donc dans notre cas :

$$\text{Cap} = (1000\text{Wh/j} \times 2\text{j}) / (0.40 \times 24\text{V}) = \mathbf{208\text{ Ah}}$$

Hypothèse : 2 batteries de 200Ah 12V

Câblées en série pour monter à 24V

Budget : entre 796€ et 1228€

# Les batteries des Benmahmoud ?

1000Wc de panneaux (les panneaux sont en 24V)

200Ah de batterie (en 24V)

Est-ce qu'on respecte les 18 % de courant de charge max pour ce type de batterie ?

Rappel de l'exemple : Batterie de 100Ah, le courant de charge max est de 18A

# Les batteries des Benmahmoud ?

Les panneaux :

- $1000W_c / 24V = 41,6A$

Les batteries :

- $200Ah \times 18/100 = 36A$  de courant de charge max

Donc non, le courant de charge est dépassé ! Solutions :

- Augmenter le parc de batteries (coût augmente)
- Brider notre régulateur pour ne pas dépasser 36A (perte anecdotique de rendement)



# Les batteries des Benmahmoud ?

Courant de décharge max (idem ~18%)

Les batteries :

- $200\text{Ah} \times 18/100 = 36\text{A}$  de courant de décharge max

Le besoin max des Benmahmoud a été estimé à 750W

- $750\text{W} / 24\text{V} = 31,25\text{A}$

C'est donc bon !

# Vérifier, simuler

- PVGIS :  
<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=fr&map=europe>

| État de charge à la fin de chaque heure (%) | Pourcentage d'heures avec cet état de charge (%) |
|---------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 40-46                                       | 0                                                |
| 46-52                                       | 0                                                |
| 52-58                                       | 0                                                |
| 58-64                                       | 0                                                |
| 64-70                                       | 0                                                |
| 70-76                                       | 0                                                |
| 76-82                                       | 0                                                |
| 82-88                                       | 11                                               |
| 88-94                                       | 33                                               |
| 94-100                                      | 54                                               |

|                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------|-----|
| Pourcentage de jours avec la batterie à pleine charge           | 98% |
| Pourcentage de jours où la batterie est complètement déchargée: | 0%  |



Le régulateur pour les Benmahmoud ?



# Le régulateur des Benmahmoud ?

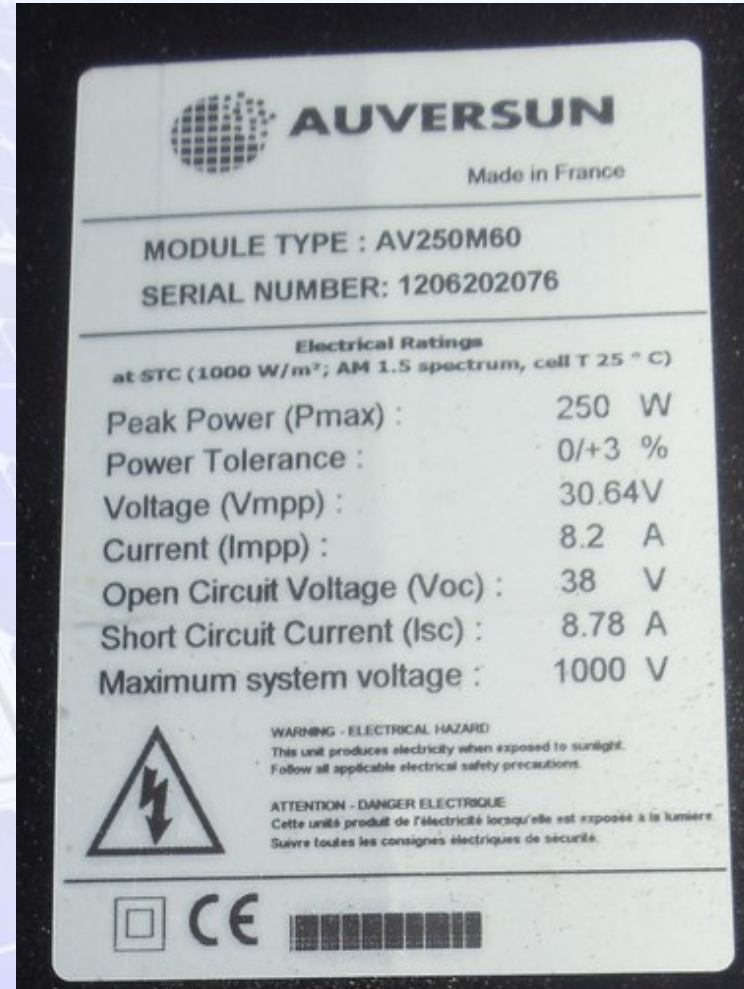
On le choisie en fonction de :

- 1) La tension final du parc de batterie
- 2) Les caractéristiques des panneaux et leur câblage ensemble (série/parallèle)

# Le régulateur des Benmahmoud ?

Infos sur nos panneaux :

- Puissance max : 250W
- Tension de circuit ouvert (Voc) : 35,91
- Courant de court-circuit (Isc) : 8,73





# Le régulateur des Benmahmoud ?

1ère hypothèse : Avec les 4 panneaux 250Wc en série, et un parc de batteries en 24V, le régulateur type MPTT 150/45 accepte :

- 1300W de puissance maximum de panneaux :
  - Avec un total de 4 panneaux en 250W, on monte à 1000W
- 150V de tension PV maximale de circuit ouvert :
  - Avec 4 panneaux en série ayant une tension ( $V_{doc}$ ) de 35.91V, on monte à 143.64V ( $35,91 \times 4$ )
- 50A de courant de court-circuit PV maximal :
  - Avec 1 parallèle, les panneaux ayant une intensité ( $I_{sc}$ ) de 8.73A et une **marge de sécurité de 38%**, on monte à 12A,

Le budget est d'environ 450€, limite de l'appareil en tension



# Le régulateur des Benmahmoud ?

2ème hypothèse : Avec les 2 panneaux 250Wc en série, et un parc de batteries en 24V, 2 régulateurs type MPTT 100/30, un 100/30 accepte :

- 880W de puissance maximum de panneaux :
  - Avec un total de 2 panneau(x) en 250W, on monte à 500W (?)
- 100V de tension PV maximale de circuit ouvert :
  - Avec 2 panneau(x) en série ayant une tension ( $V_{doc}$ ) de 35.91V, on monte à 71.82V ( $35,91 * 2$ )
- 35A de courant de court-circuit PV maximal :
  - Avec 1 parallèle, les panneaux ayant une intensité ( $I_{sc}$ ) de 8.73A et une **marge de sécurité de 38%**, on monte à 12A,

Le budget est d'environ  $2*200 = 400€$  (50€ de – que la 1<sup>er</sup> hypothèse)

The background of the slide is a close-up, low-angle shot of several rows of solar panels. The panels are tilted upwards towards the top right of the frame. They have a blue monocrystalline or polycrystalline surface with a grid of thin white lines. The perspective creates a strong sense of depth and repetition. The sky in the background is a pale, clear blue.

**Le convertisseur pour les  
Benmahmoud ?**

# Le convertisseur des Benmahmoud ?

On le choisie en fonction de :

- 1) L'entrée : La tension final du parc de batterie :  
24V
- 2) La sortie : Les besoins en puissance max :  
750W



# Le convertisseur des Benmahmoud ?

Le convertisseur **24/800** accepte, avec un parc de **24V** :

- **700 W** max
- 1600 W en pointe
- Budget : 310 - 376 €



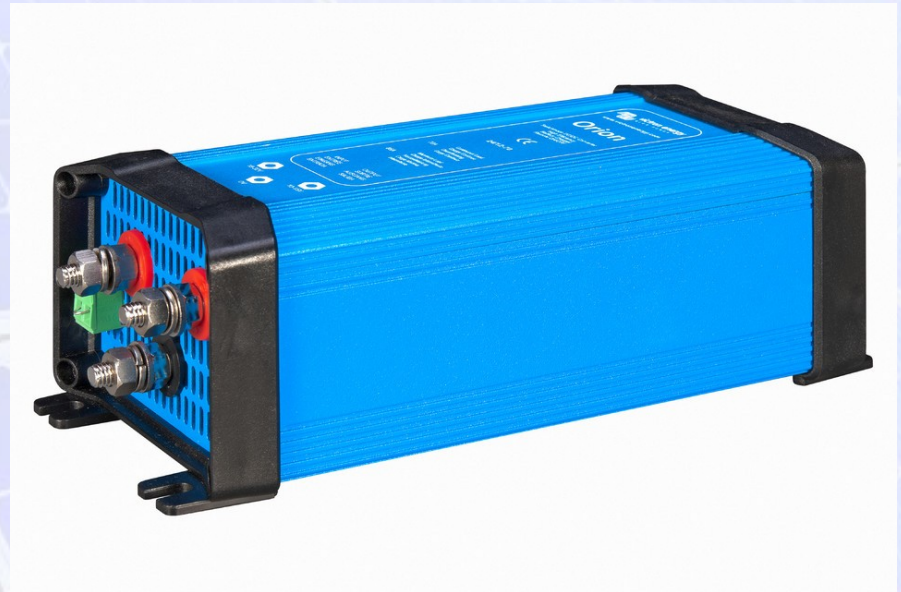
# Un convertisseur DC DC ?

Pas ce besoin chez les Benmahmoud.

Il se choisi en fonction de la tension d'entrée du parc de batterie, la tension de sortie voulu et le besoin en puissance maximum

Exemple convertisseur DC DC 24/12 25A

- Tension entrée 24V
- Tension de sortie 12V
- Courant max 25A





C'est tout pour les Benmahmoud ?



# Un contrôleur de batteries minimum pas cher

- Permet de connaître **très approximativement** l'état de la batterie
- Avec des **tableau de correspondances** :



Budget : ~15€

| Charge (%) | Batterie 12V (V) |
|------------|------------------|
| 100        | 12,65            |
| 90         | 12,57            |
| 80         | 12,50            |
| 70         | 12,45            |
| 60         | 12,36            |
| 50         | 12,28            |
| 40         | 12,20            |
| 30         | 12,12            |
| 20         | 12,00            |
| 10         | 11,85            |
| 0          | 11,70            |

# Un (vrai) contrôleur de batterie

- Permet de connaître l'état de la batterie, connaître le % restant, les heures restantes...
- Le calcul se fait en mesurant les courants de charge et de décharge et intègre des fonctions complexes telles que le rendement et le facteur de Peukert.

Budget : ~150€

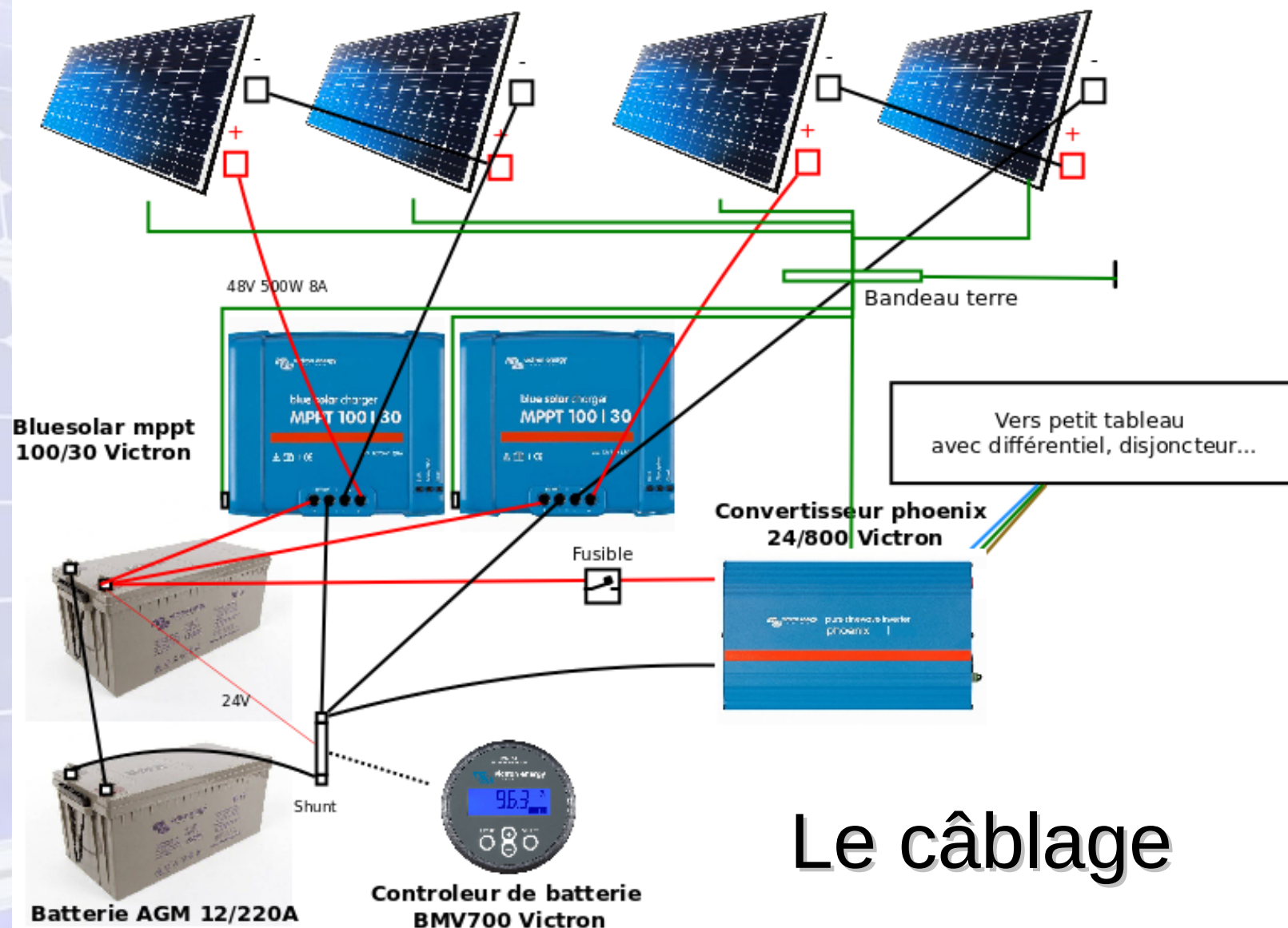


# Où acheter le matériel

- Panneaux solaires : bonnes occasions faciles, gratuit
- Régulateur / onduleur : occasion possible mais difficile
- Batterie : neuve
- Internet :
  - Kit solaire à éviter, pas adapté à ces besoins
- Pro non loin de chez vous :
  - Sécurité, il valide l'installation, conseille pour la mise en œuvre, pas beaucoup plus cher
  - <http://www.insoco.org/>



4 panneaux 250W 24V 8A



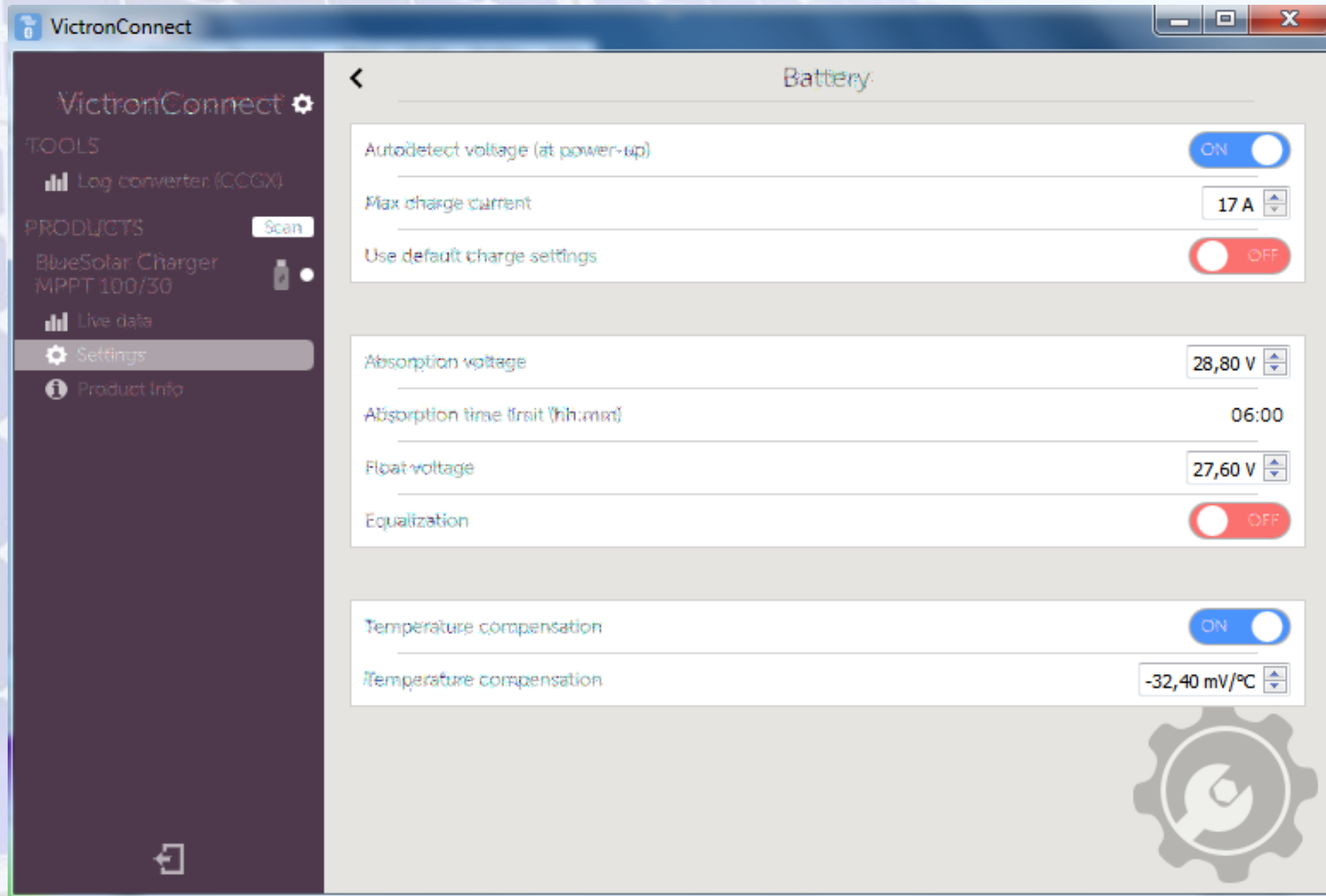
# Le câblage

# Installation chez les Benmahmoud





# Brider les régulateurs



Avant à 30A



The background of the slide is a close-up, low-angle shot of several rows of solar panels. The panels are tilted upwards and recede into the distance, creating a strong sense of perspective. The surface of the panels is covered in a grid of small, square photovoltaic cells, separated by thin white lines. The overall color palette is dominated by shades of blue and white, with the sky visible in the upper right corner.

Les comptes des Benmahmoud ?

# Les comptes des Benmahmoud

- Panneaux : entre 600€ et 836€
- Batteries : entre 796€ et 1228€
- Régulateur de charge : 400€
- Convertisseur : entre 310 et 376€
- Contrôleur de batterie : 150€

Total : entre 2256€ et 2984€



# Les comptes des Benmahmoud

- C'est rentable ?
  - Enercoop : 0.16830 € (le kW)
    - Conso 1kWh/j sur 30j = 5,09 € + 10€ d'abonnement = **15,04€ / mois**
  - EDF : 0.15640 € (le kW)
    - Conso 1kWh/j sur 30j = 4,69 + 8,4€ d'abonnement = **13,09 € / mois**
  - L'installation autonome :
    - 2200€ / 10 ans / 12 mois = **18,3€ / mois**
    - 3200€ / 20 ans / 12 mois = **13,3€ / mois**

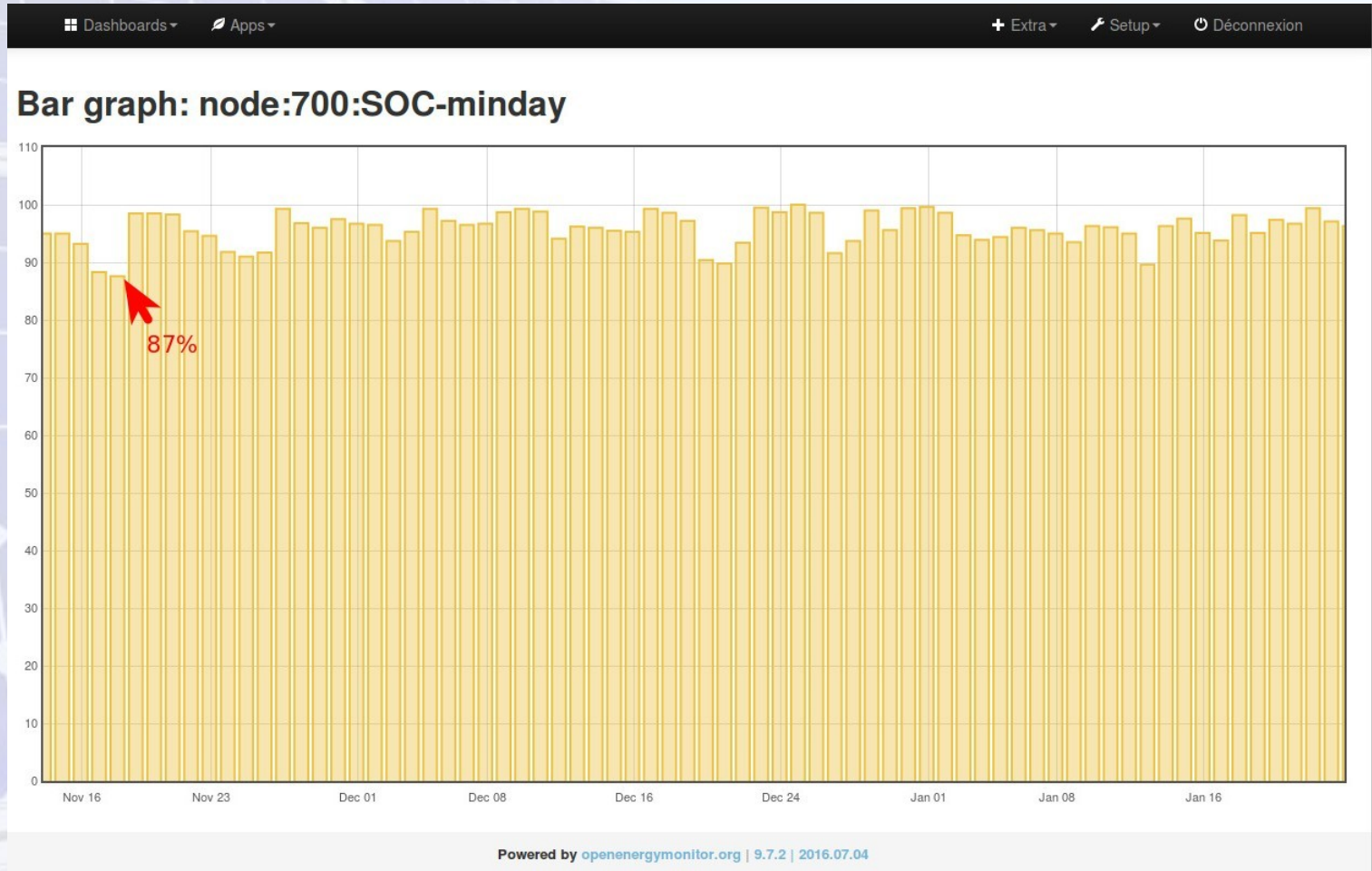




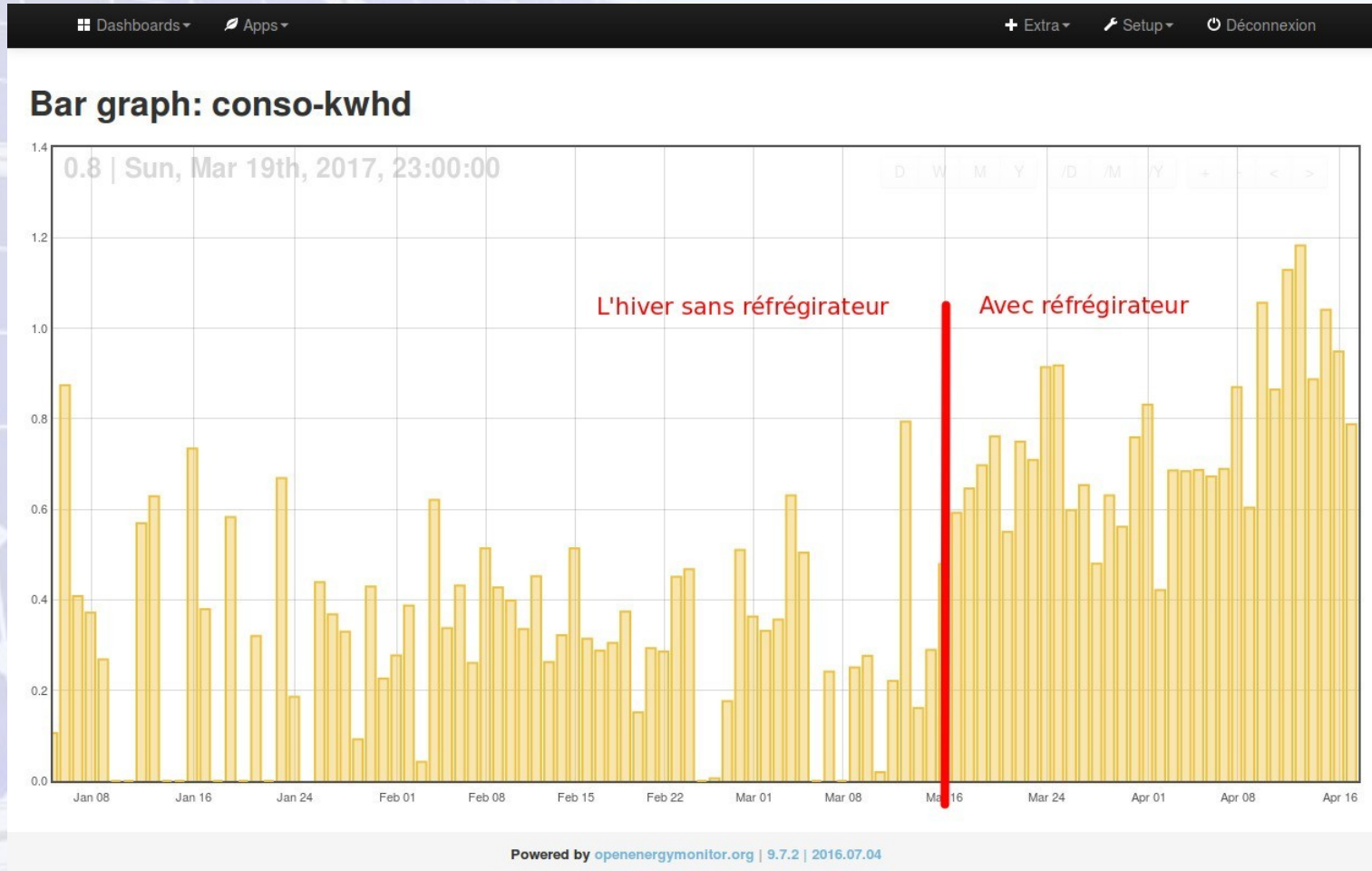


~1 an après chez les Benmahmoud

# ~1 an après chez les Benmahmoud



# ~1 an après chez les Benmahmoud

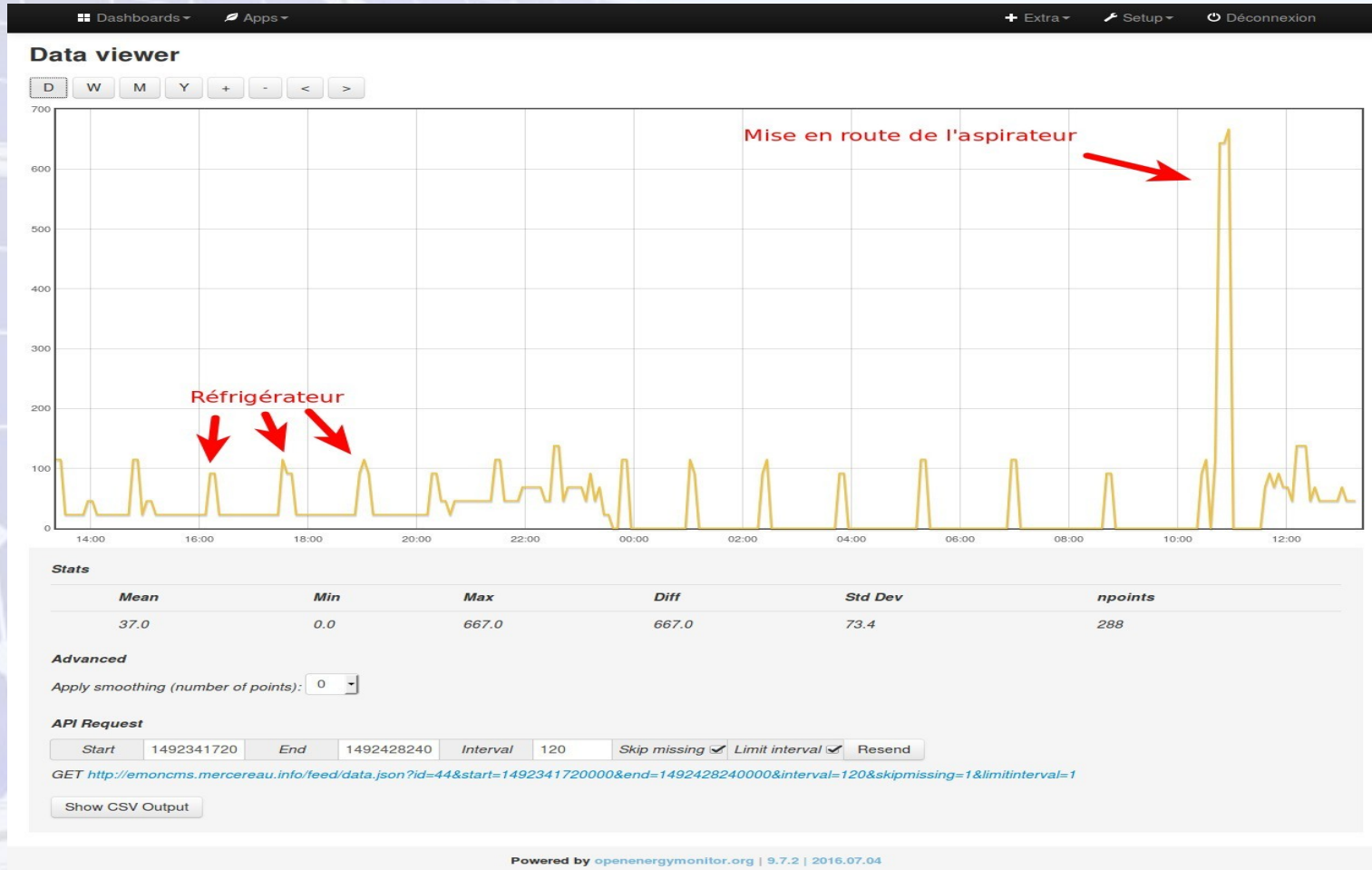




# ~1 an après chez les Benmahmoud



# ~1 an après chez les Benmahmoud

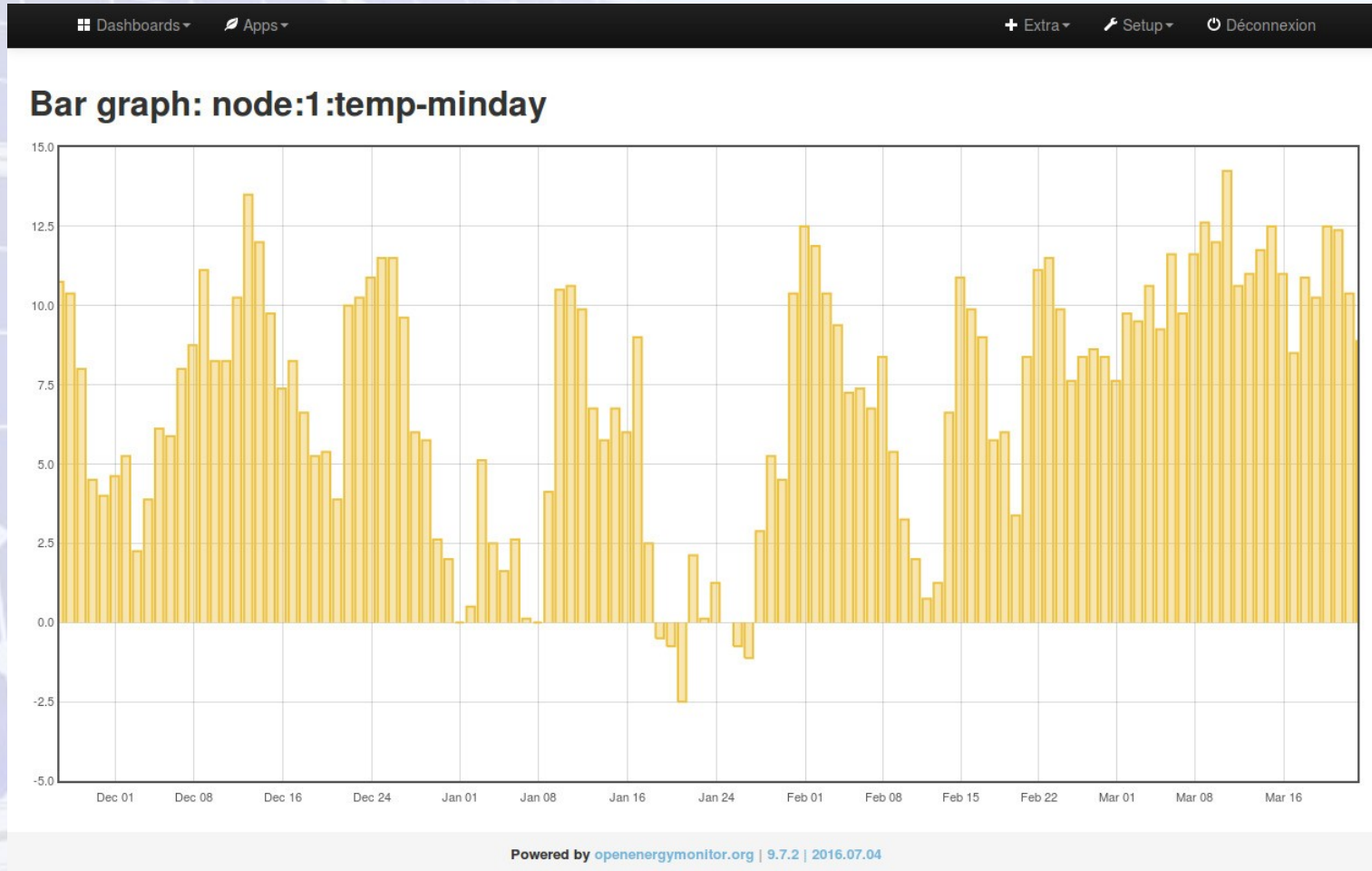


# ~1 an après chez les Benmahmoud





# ~1 an après chez les Benmahmoud



# Un autre exemple d'installation 3kWh/j

- Besoin 3kWh/j
- Inclinaison des panneaux :  $30^\circ$  (car toiture)
- Orientation S S-E
- Résultat :
  - 2275Wc de panneaux
  - 365Ah de batterie

Régulateur Victron MPPT 150/60 - Tr



25mm<sup>2</sup>



25mm<sup>2</sup>

Boîte de jonction MPPT  
à 5 entrées, avec fusibles  
sur chaque polarité,  
sur chaque chaîne de panneaux.

13m

15 modules 185Wc soit 2775Wc

4mm<sup>2</sup>

$P_m = 185 \text{ W}$   
 $V_{mp} = 37 \text{ V}$   
 $I_{mp} = 5.01 \text{ A}$   
 $V_{oc} = 44.2 \text{ V}$   
 $I_{sc} = 5.44 \text{ A}$

Conso estimée : 3kWh/j  
Autonomie : 3 j  
Orientation : S – SE  
Inclinaison : 30°  
Altitude : 500m  
Pose : Toiture  
Batteries : 48V

25mm<sup>2</sup>



Contrôleur  
de charge  
BMV700

Méga  
Fusibles  
125A / 58V

8 batteries Rolls 6V - S550 (C10 = 364Ah)



25mm<sup>2</sup>

Convertisseur / Chargeur 48V 3000 VA (2500 Watts) 50A

35mm<sup>2</sup>

1,5m



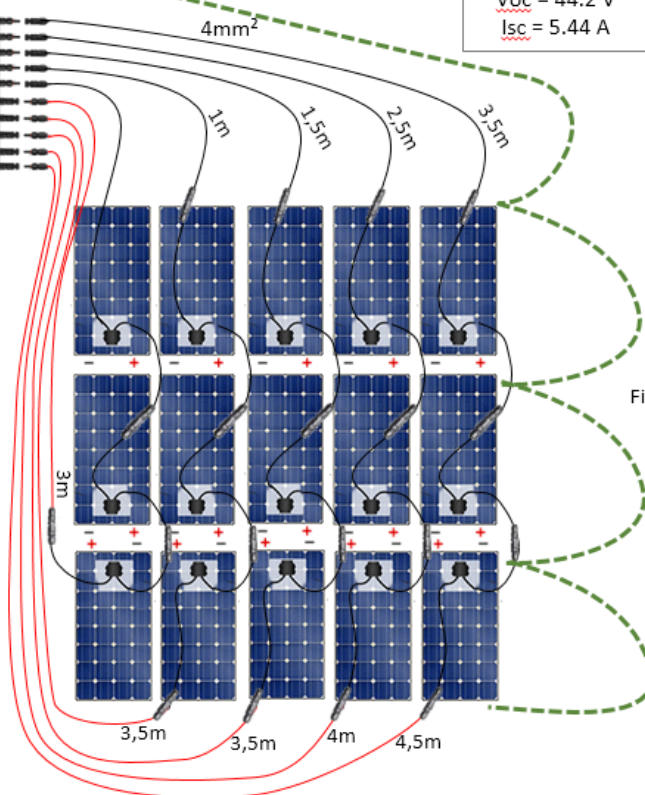
Coupe batterie

3G6mm<sup>2</sup>



6m

16 mm<sup>2</sup>



Fils de terre sur les rails



# A vous !

Déterminer

- 1) Vos besoins
- 2) La puissance de panneaux
- 3) Le parc de batteries
- 4) Le régulateur
- 5) Le convertisseur
- 6) Faire un beau schéma si vous avez le temps
- 7) On en parle !

# C'est pénible ces calculs !

- Oui ! Donc j'ai pondu CalcPvAutonome :
  - <http://calcpvautonome.zici.fr/>
  - Pour les Benmahmoud c'est [ici](#)





# Ressources / se faire aider

- Livre « [Montages photovoltaïques à bricoler soi-même](#) » : Très orienté pratique, c'est celui qui m'a le plus aidé
- Livre « [Le photovoltaïque pour tous](#) ». Je ne l'ai pas lu, mais on me l'a conseillé, c'est une grosse bible
- Des asso comme le [Groupement des Particuliers Producteurs d'Electricité Photovoltaïque](#) propose de la [documentation](#).
- [Un forum de passionnés](#) hyper disponibles pour répondre à vos questions, c'est aussi une mine d'or pour l'apprentissage à travers des témoignages, expériences...
- [Un témoignage documenté](#).
- Des guides : [photovoltaïque.guidenr.fr](#) [arebor-energie.fr](#), [montbrun-bocage.com](#), [erm-energies.com](#)...



# Câblage

$$S = \text{Rho} \times L \times I / \text{PT}$$

- S (mm<sup>2</sup>) : Section du conducteur
- Rho (ohm) : Résistivité du conducteur
  - 0,017ohm pour le cuivre
  - 0,019ohm pour le cuivre à 50°
- L (m) : Longueur aller + retour du conducteur
- I (A) : L'intensité (ici la puissance des panneaux / la tension des batteries)
- PT (V) : Perte de tension acceptée au niveau des câbles
  - 3% minimum, on considère 1% en DC

Pour éviter l'échauffement : **pas moins de 6A/mm<sup>2</sup>**

# Exemple câblage des Benmahmoud

Pour un câble de 1,5m (aller) entre le régulateur et la batterie (24V) avec 500W de panneaux

$$S = 0.019 \times (1,5 \times 2) \times (500 / 24) / (24 \times 1/100) = 4,94 \text{mm}^2$$

$$(500\text{W} / 24\text{V}) \div 6\text{A} / \text{mm}^2 = 3,4 \text{mm}^2, \text{ c'est OK !}$$

On utilisera donc un câble solaire isolé souple de section de 4mm<sup>2</sup>

# Que faire du surplus ?

9 mois / 12 trop de production

- Chauffer de l'eau
- HHO ou Hydrogène
- ...

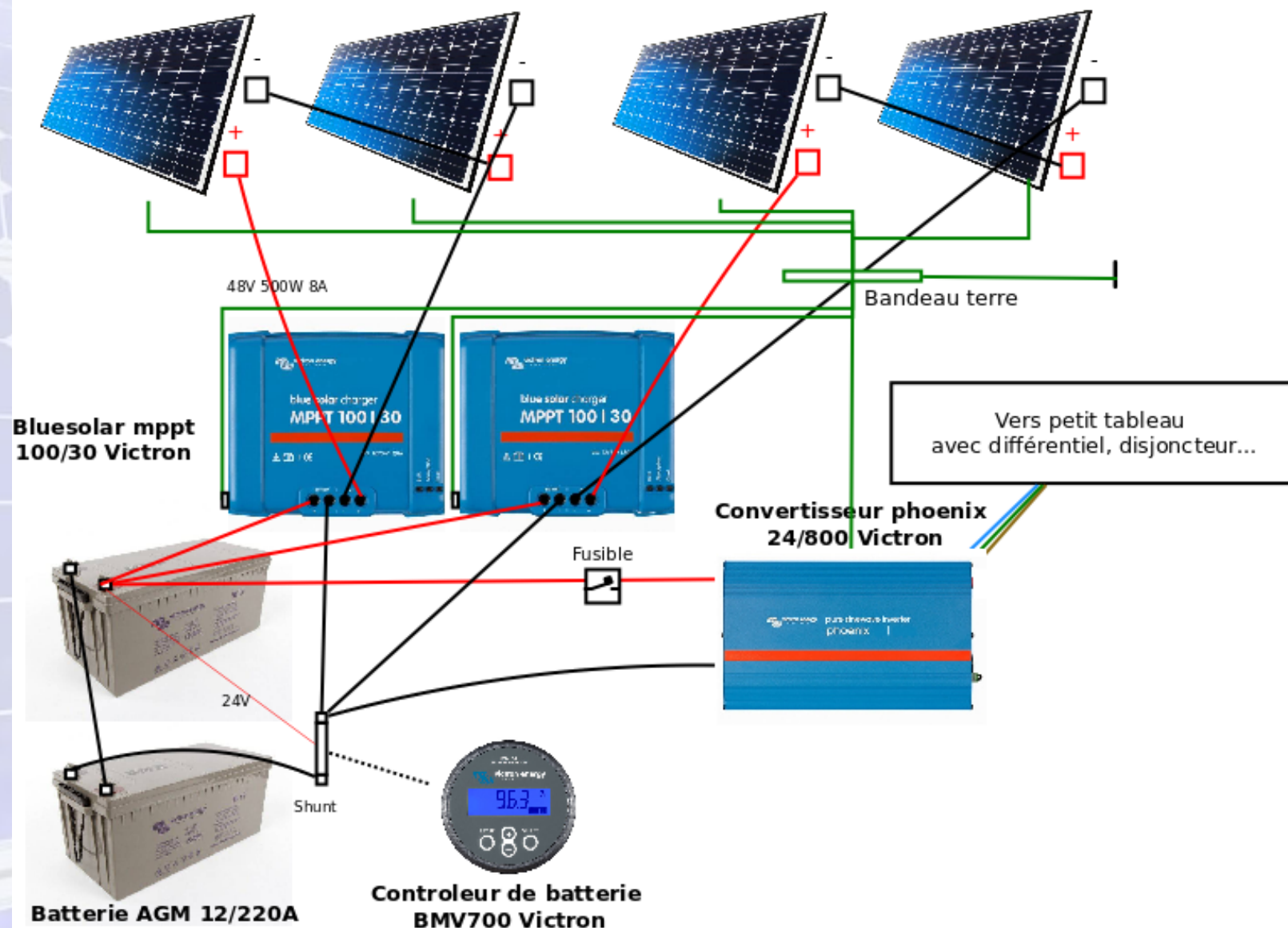


# Protection fusible

Minimum 1 pour protéger les batteries



4 panneaux 250W 24V 8A

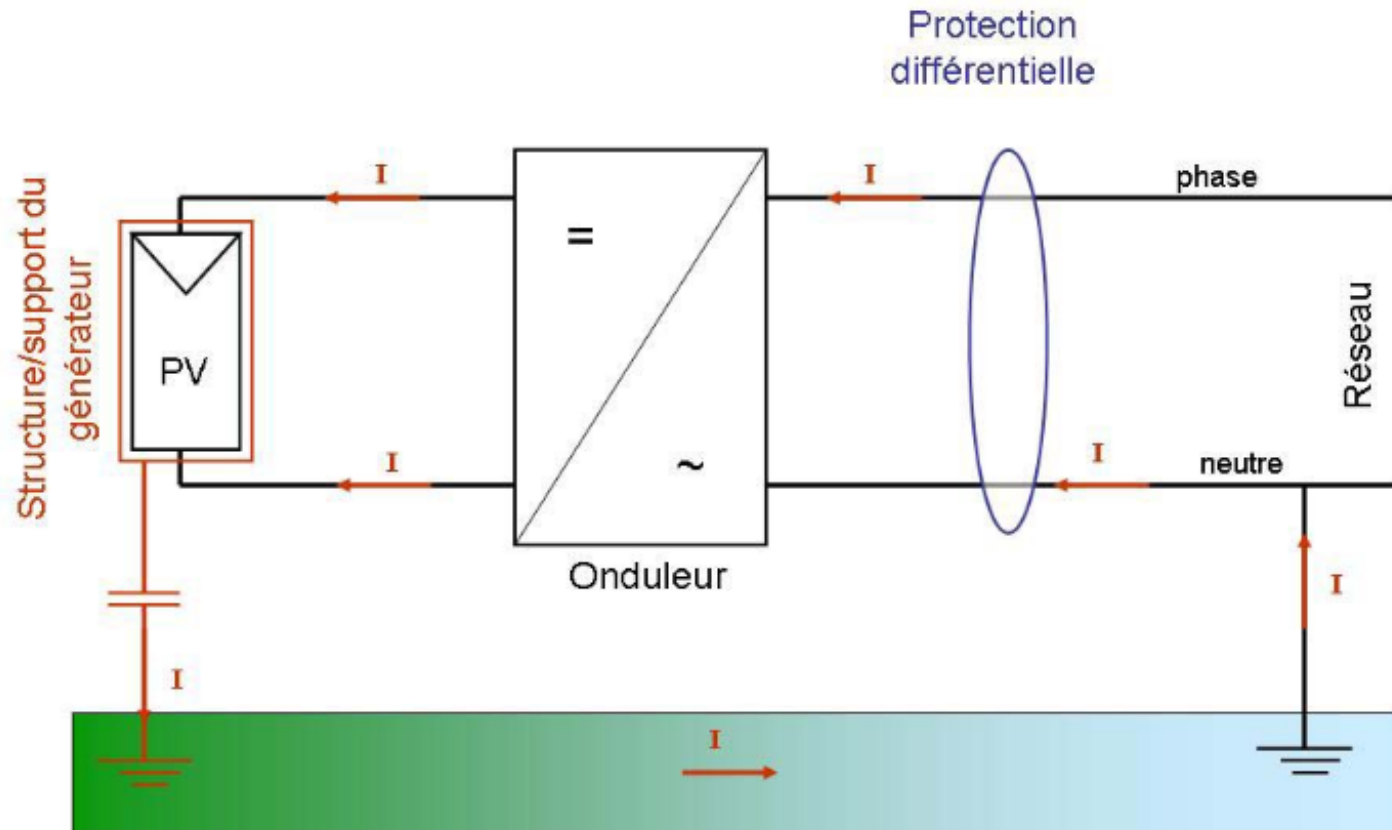


# Coupe batterie





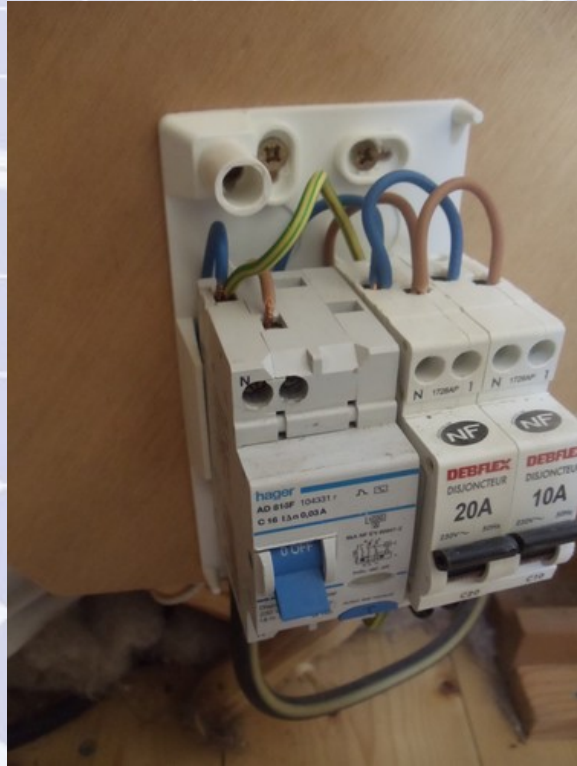
# Régime neutre TT



Vidéo sur les dangers de l'électricité et le fonctionnement d'un différentiel

# Régime neutre TT

Phase / terre : 230V



Terre sur neutre  
Avant le différentiel  
(sortie convertisseur)



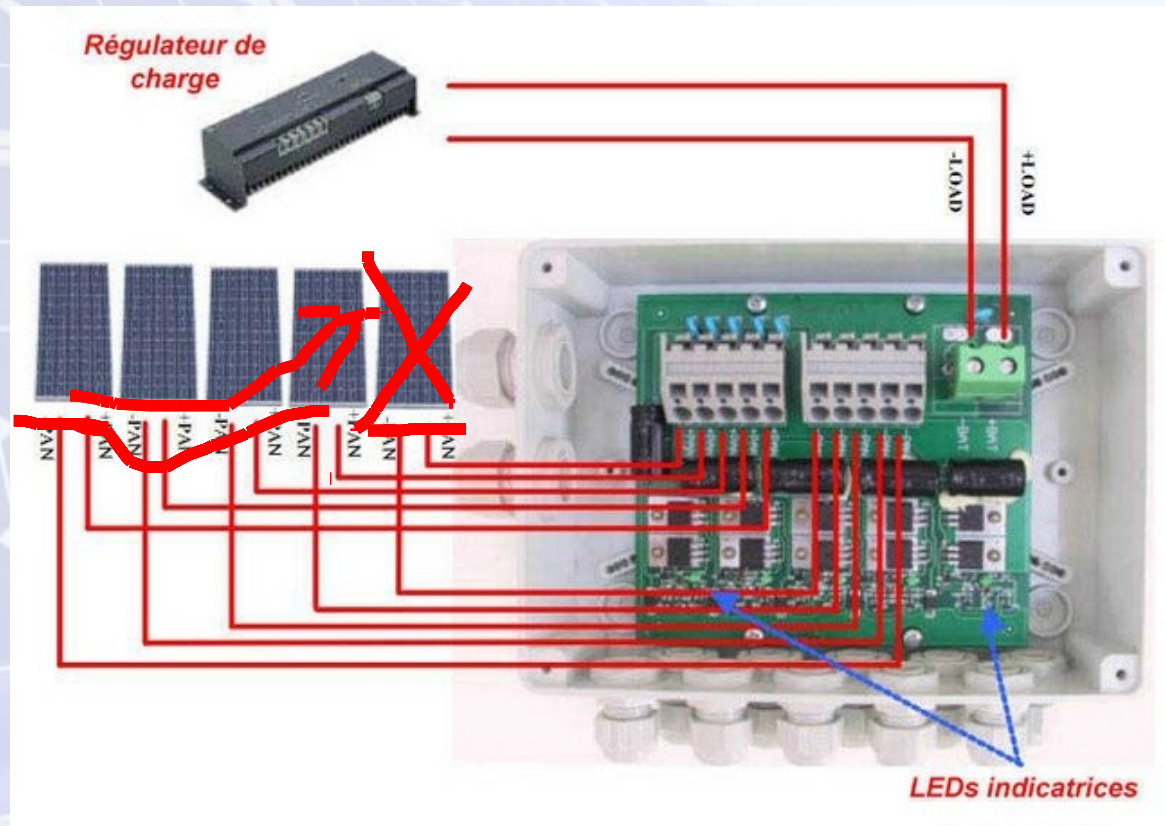
Neutre / terre : 0V

# La terre en DC

Cas d'utilisation appareil en DC.  
Mettre le négatif de la batterie à la terre pour  
préserver les équipements



# Boîtier de jonction



Régulateur Victron MPPT 150/60 - Tr



25mm<sup>2</sup>



25mm<sup>2</sup>

Boîte de jonction MPPT  
à 5 entrées, avec fusibles  
sur chaque polarité,  
sur chaque chaîne de panneaux.

13m

15 modules 185Wc soit 2775Wc

4mm<sup>2</sup>

$P_m = 185 \text{ W}$   
 $V_{mp} = 37 \text{ V}$   
 $I_{mp} = 5.01 \text{ A}$   
 $V_{oc} = 44.2 \text{ V}$   
 $I_{sc} = 5.44 \text{ A}$

Conso estimée : 3kWh/j  
Autonomie : 3 j  
Orientation : S – SE  
Inclinaison : 30°  
Altitude : 500m  
Pose : Toiture  
Batteries : 48V

25mm<sup>2</sup>

8 batteries Rolls 6V - S550 (C10 = 364Ah)



25mm<sup>2</sup>

Contrôleur  
de charge  
BMV700

Méga  
Fusibles  
125A / 58V

Convertisseur / Chargeur 48V 3000 VA (2500 Watts) 50A

35mm<sup>2</sup>

1,5m



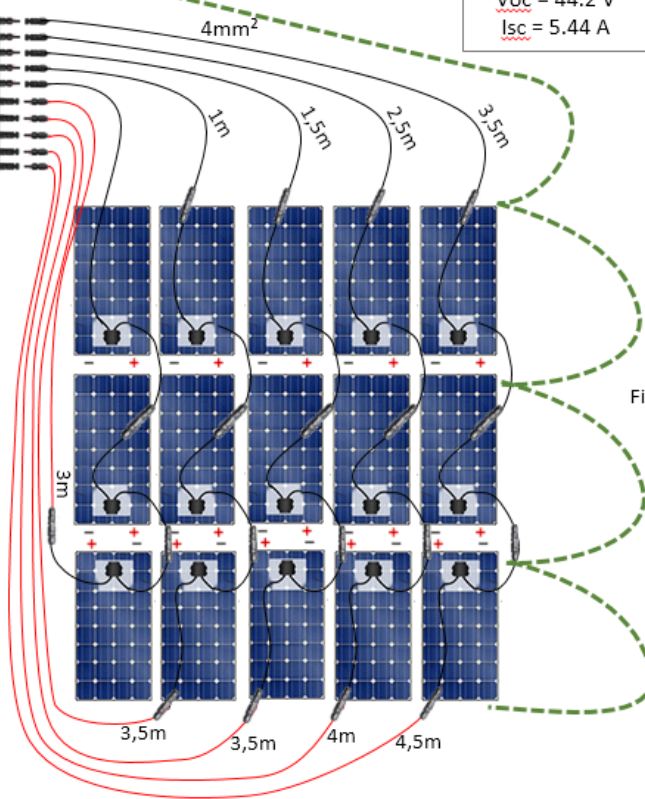
Coupe batterie

3G6mm<sup>2</sup>



6m

16 mm<sup>2</sup>



Fils de terre sur les rails

# Monitoring libre de droit

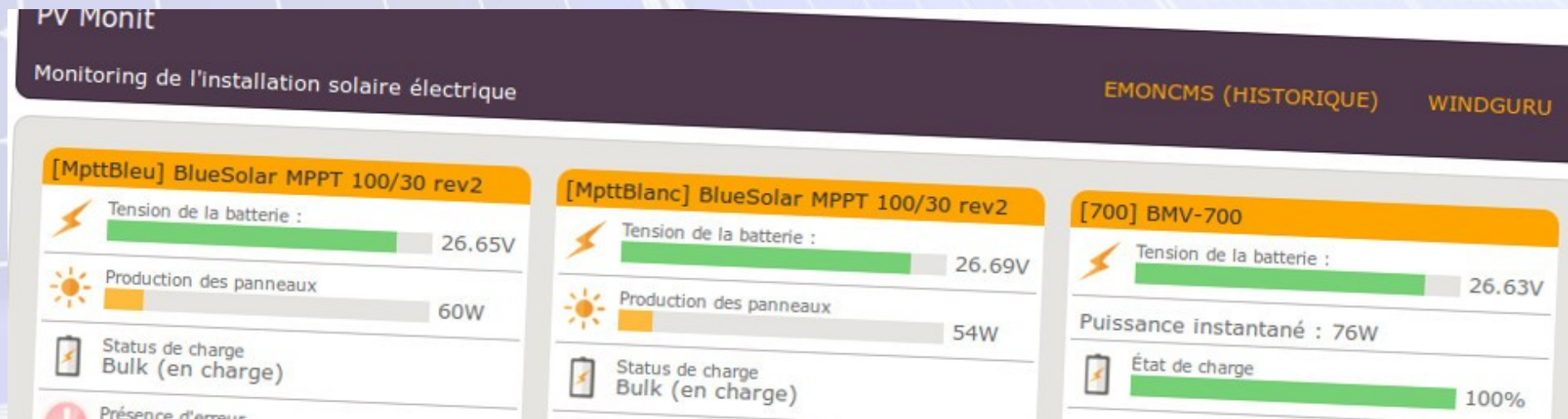
- OpenEnergyMonitor.org
  - <https://guide.openenergymonitor.org/applications/solar-pv/>





# Monitoring libre de droit

- PvMonit
  - <http://david.mercereau.info/pvmonit-monitoring-de-mon-installation-photovoltaïque-autonome/>
  - <https://github.com/kepon85/PvMonit/>



# Le savoir n'est rien s'il n'est pas partager

La formation est libre, si vous éprouvé de de la reconnaissance, ou un besoin de contribution, vous pouvez l'exprimer :

- Dire merci
- Faire un don ponctuel
- Faire un don récurrent
- Contribuer / améliorer en envoyant vos suggestions



# The End

By David Mercereau  
Licence créative common 0