

Comprendre et concevoir votre installation électrique solaire autonome

Supports, documents joints à prévoir :

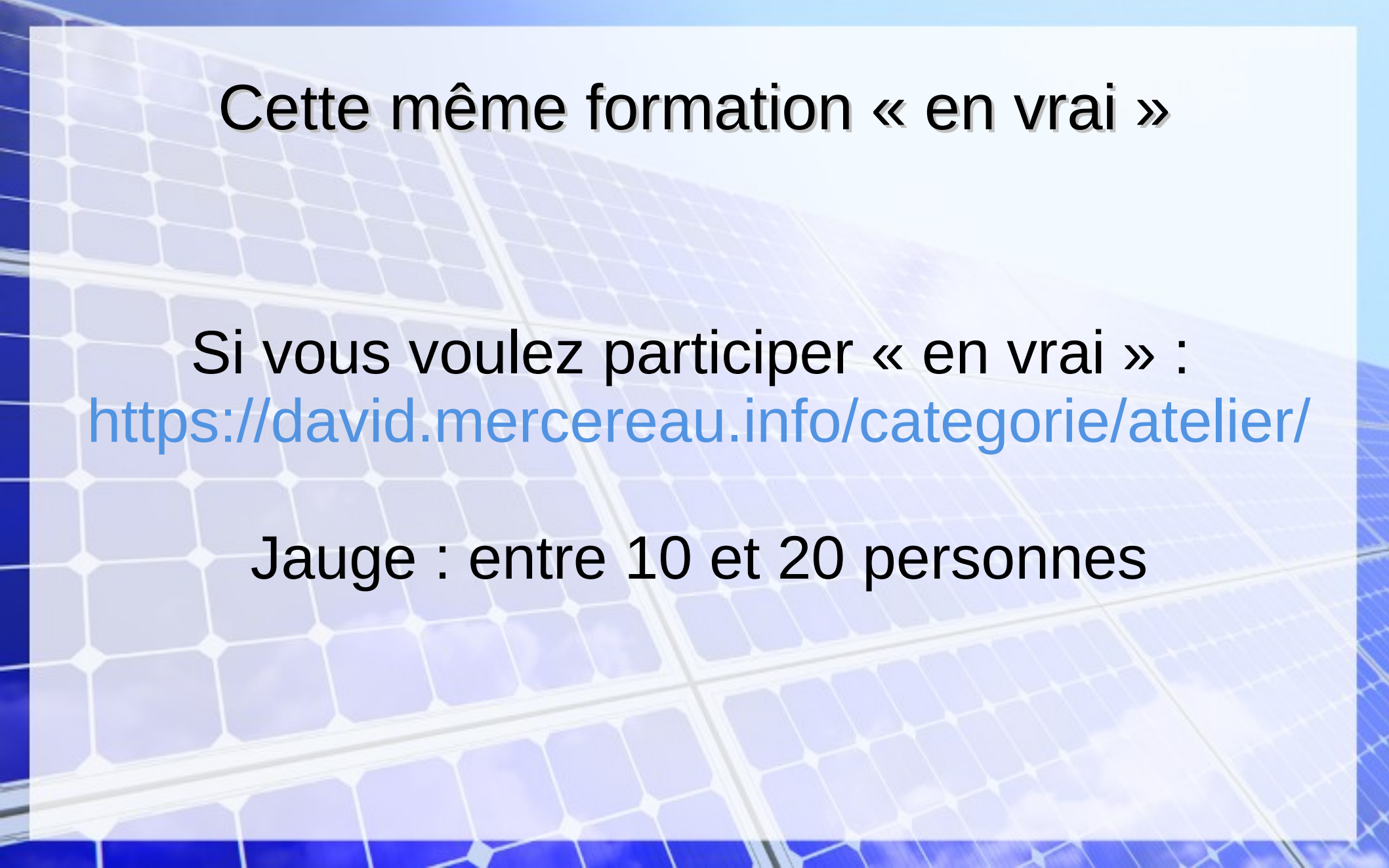
- Liste matériel type ;
- Formules ;

Tous les documents et les liens de ce diapo se trouvent à cette adresse :

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

Avertissement

- Il peut y avoir des approximations, trucs bancals... c'est du direct différé (non monté, sans filet) sur 2 jours de formation
- Désolé pour les "heuuu" "donc heuuuu"... c'est du live...

The background of the slide is a close-up, slightly angled view of a solar panel array. The panels are blue with a grid of white lines, and the perspective creates a sense of depth as they recede into the distance.

Cette même formation « en vrai »

Si vous voulez participer « en vrai » :

<https://david.mercereau.info/categorie/atelier/>

Jauge : entre 10 et 20 personnes

Le savoir n'est rien s'il n'est pas partagé

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

- Soutenir la démarche de partage / dire merci
 - <https://david.mercereau.info/soutenir/>
- Contribuer / améliorer en envoyant vos suggestions

Préparation : 50h

Vidéo v1 : +18h

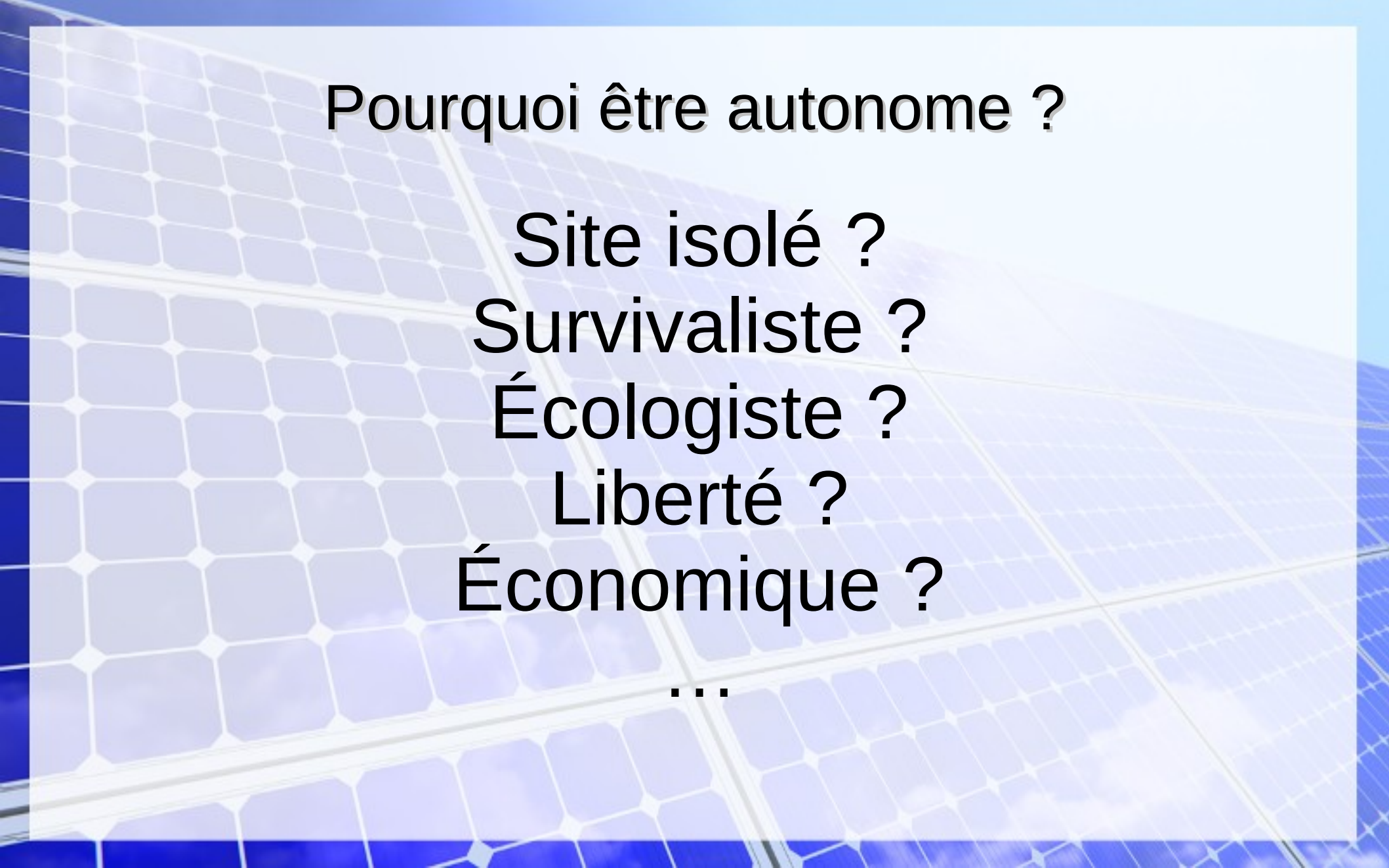
Vidéo v2 : +10h



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-d-e-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 solar panel array. 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 ?

Liberté ?

Économique ?

...

C'est contraignant ?



Différents types d'installation solaire

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



Autonomie c'est légal ?



Bases élec : AC/DC



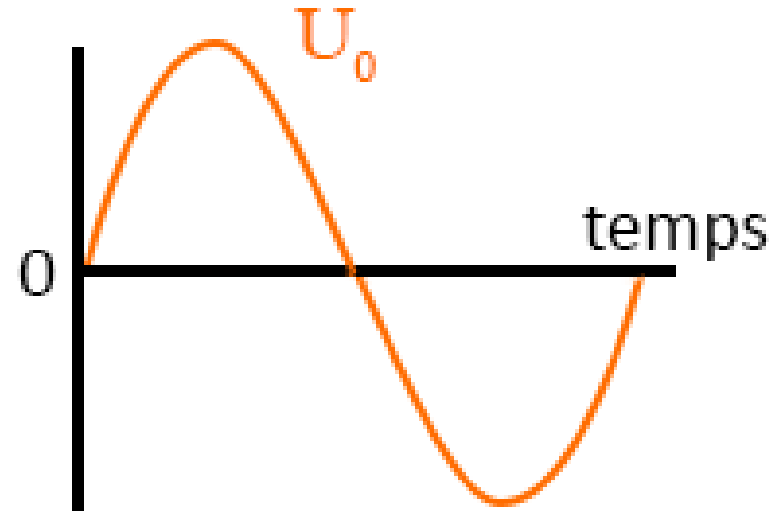
Vidéo sur les dangers de l'électricité et le fonctionnement d'un différentiel

Bases élec : AC/DC



Courant continu (DC)

Souvent 12, 24, 48V



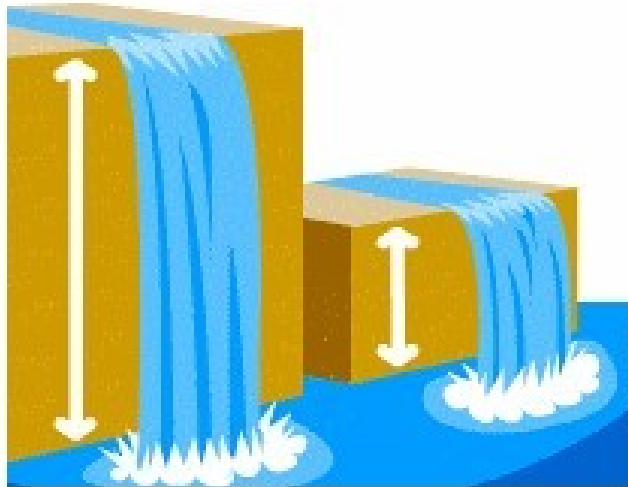
Courant alternatif (AC)

Standard France : 230V

Bases élec : Tension/Intensité/Puissance

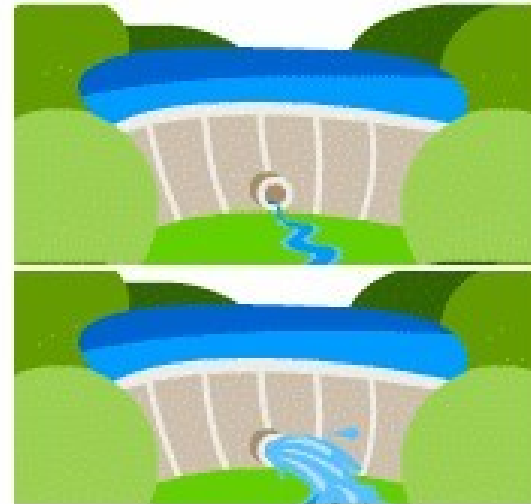
Analogie : Tension

Elle peut être comparée à la hauteur d'une cascade : plus la cascade est haute, plus la pression de l'eau est forte.



Analogie : Intensité

Elle peut être comparée au débit d'une cascade : si on ouvre un barrage en amont de la cascade, le débit d'eau sera plus important.



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

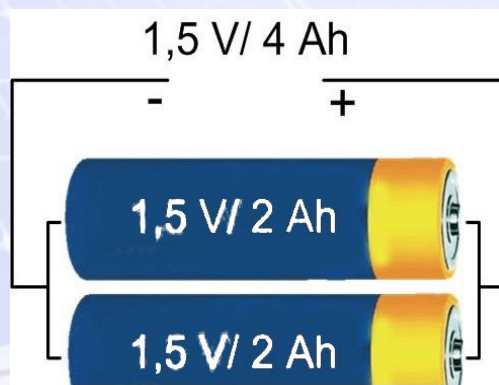
- Une motrice de train : 4 MW ;
- Un moteur d'automobile de 100 ch = 73 600 W, c'est-à-dire 73,6 kW (1 ch = 736 W) ;
- Un lave linge nécessite : 1 000 à 2 000 W ;
- Un ordinateur :
 - Type netbook ou nettop 15 W,
 - De bureau fixe avec son écran à cristaux liquides ; 90 à 200 W
 - De joueur : de 250 à 1 200 W
- Une ampoule à incandescence : 60 W
- Une ampoule à LED de même intensité lumineuse : 6 W
- Un homme : moi 200W, lui (robert) 700W en pointe

Bases élec : montage en parallèle / série

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



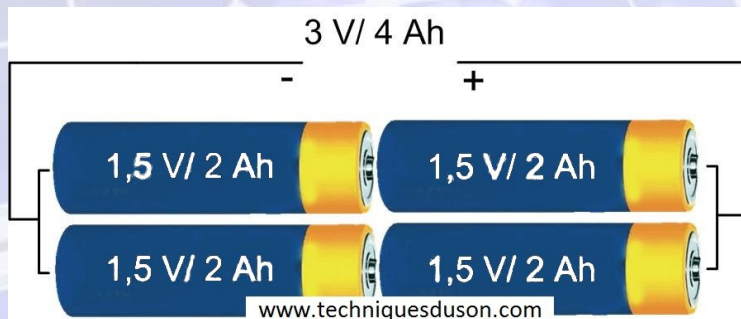
En série, on multiplie la tension & on conserve l'intensité



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

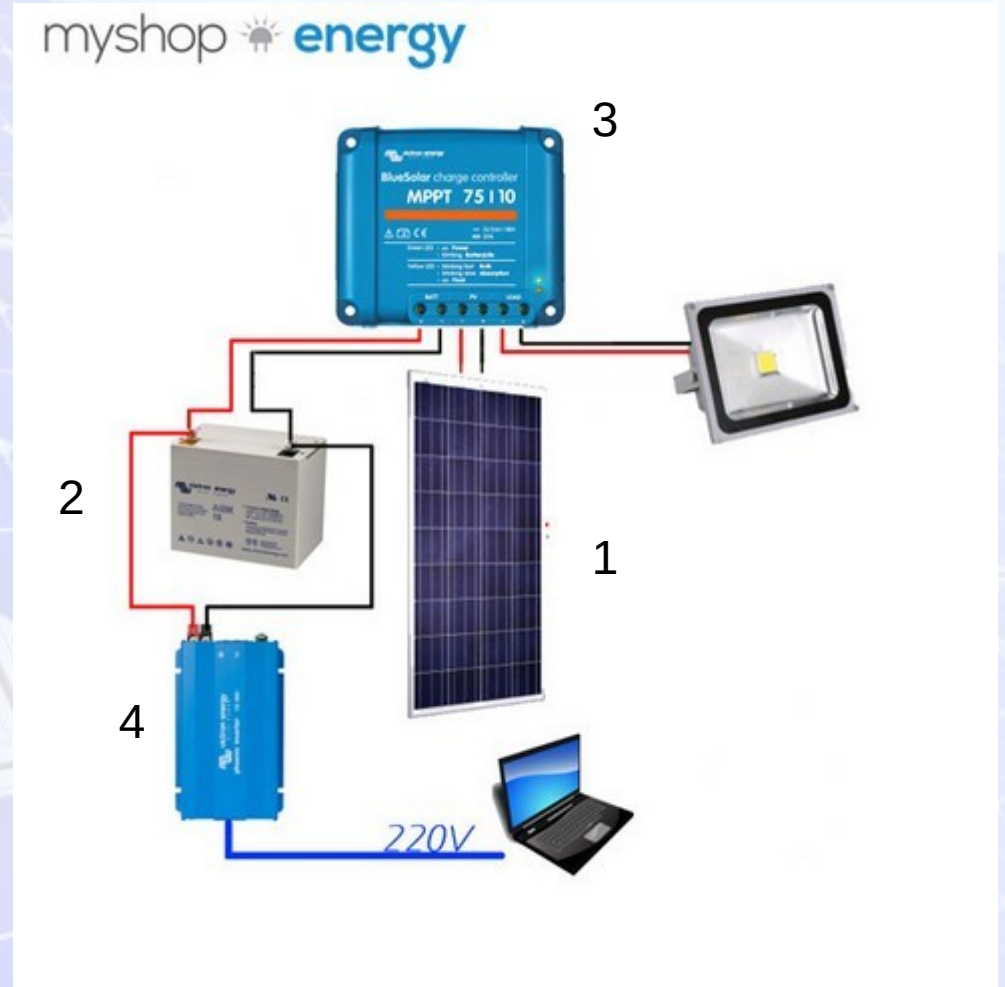


En parallèle, on conserve la tension & on multiplie l'intensité



Tour global d'une installation solaire autonome

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



Différents types de panneaux photovoltaïques

	Avantages	Inconvénients
Monocristallin	- Bon rendement (15%) - Large choix de gammes et nombreux fabricants	- Coût élevé - Rendement médiocre si peu de luminosité et si d'augmentation de la température
Polycristallin	- Coût plus faible que les Monocristallin - Rendement moyen (10%)	- Rendement faible sous faible luminosité
Amorphe	- Un peu moins cher que les autres panneaux. - Fonctionne avec une luminosité faible ou diffuse, même par temps couvert	- Rendement faible en plein soleil, de 6 %

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

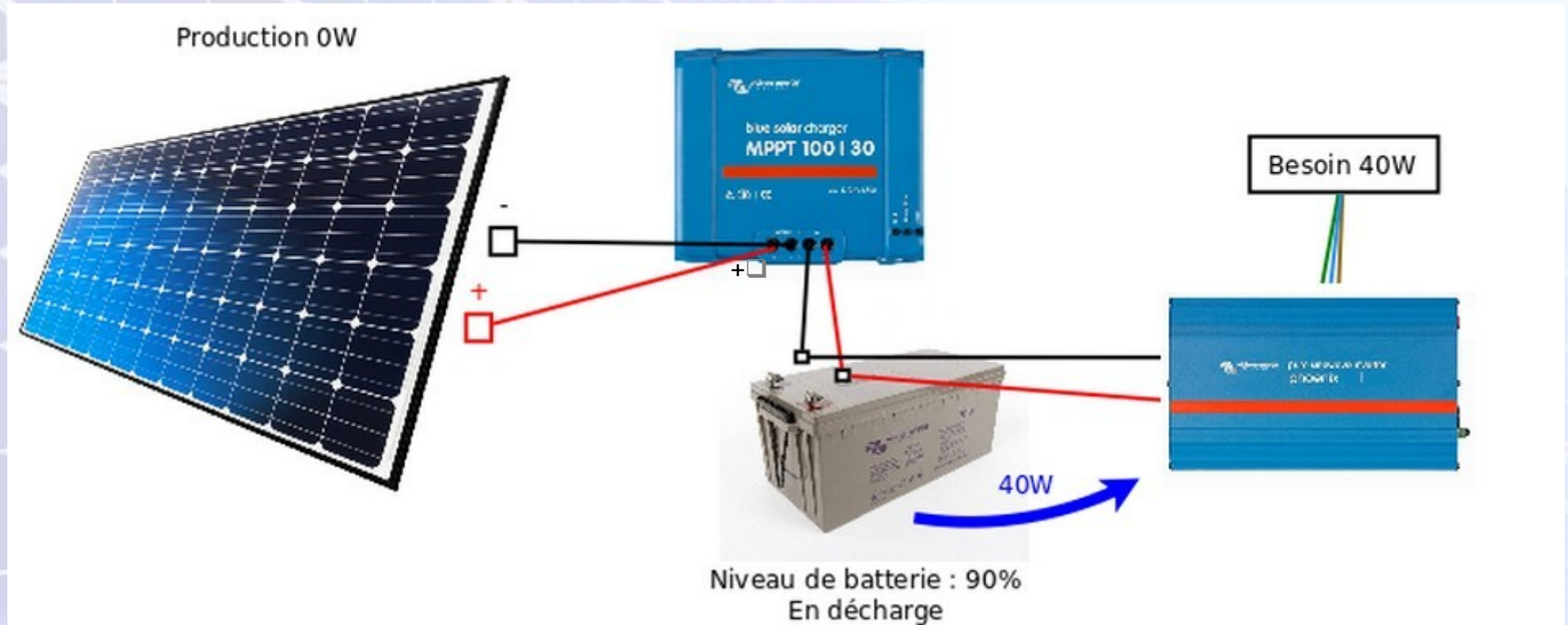


MPPT (conseillé) :

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



Fonctionnement d'un régulateur MPPT



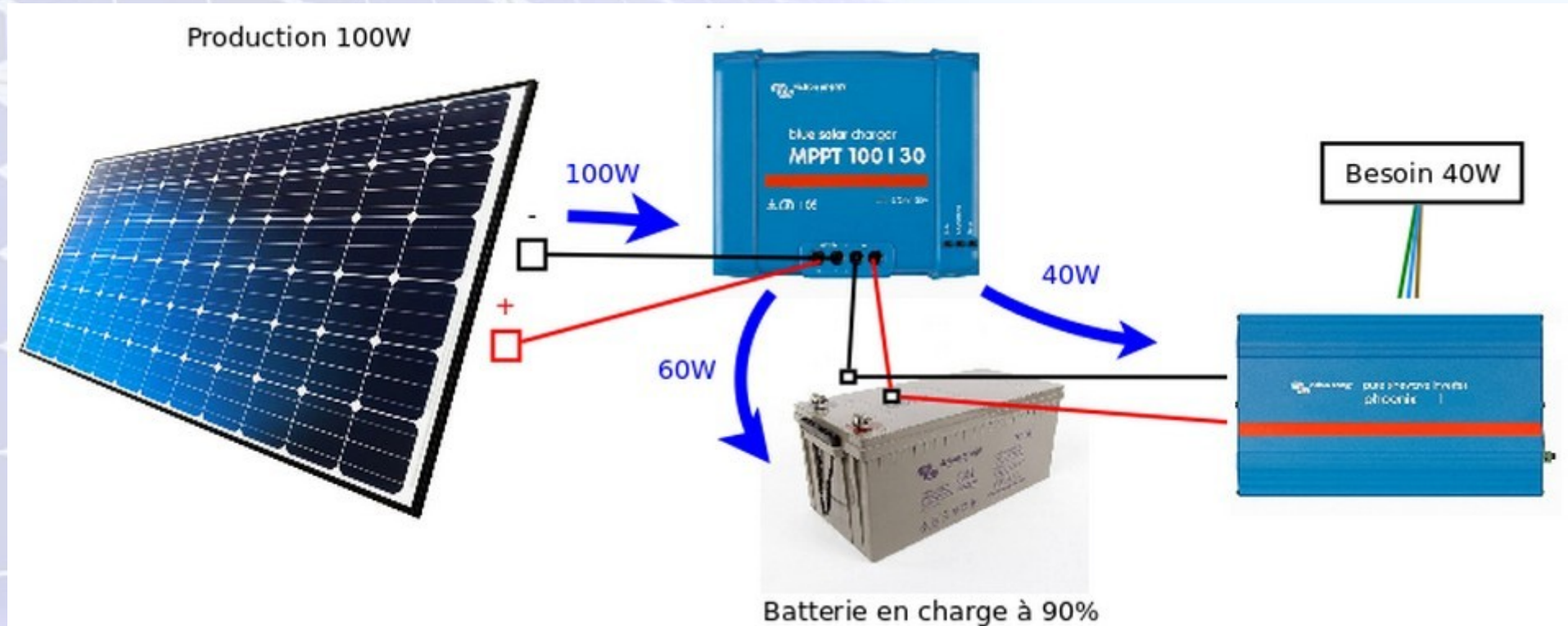
MPPT en mode bulk car niveau de batterie $\neq$ 100 %

Fonctionnement d'un régulateur MPPT



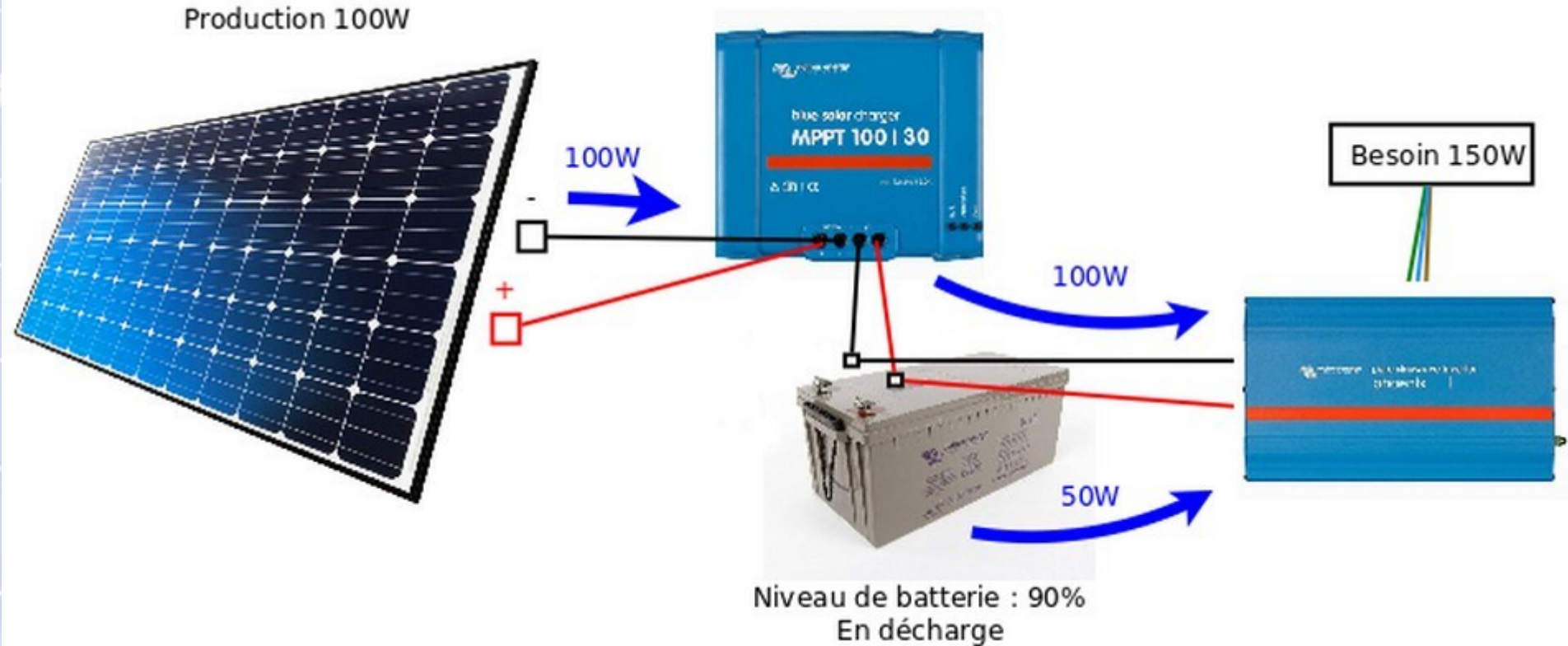
MPPT en mode bulk car niveau de batterie $\neq$ 100 %

Fonctionnement d'un régulateur MPPT



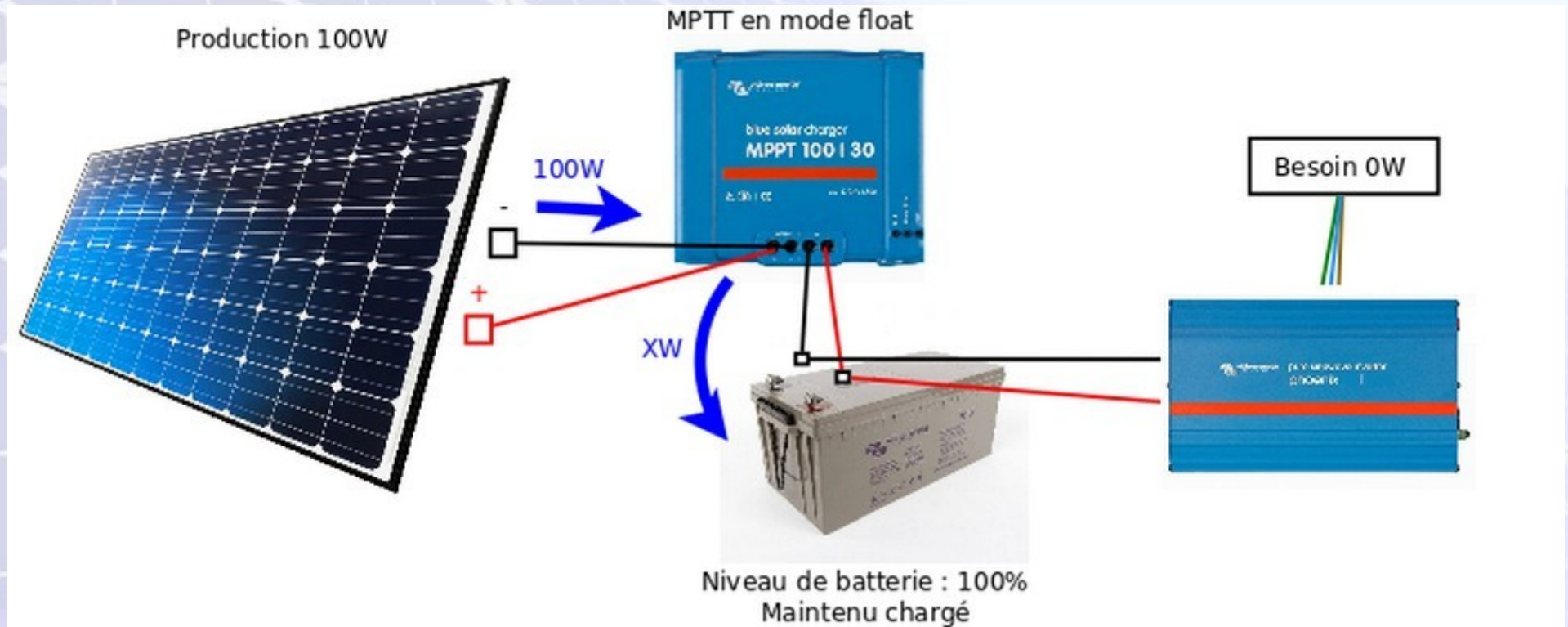
MPPT en mode bulk car niveau de batterie $\neq$ 100 %

Fonctionnement d'un régulateur MPPT



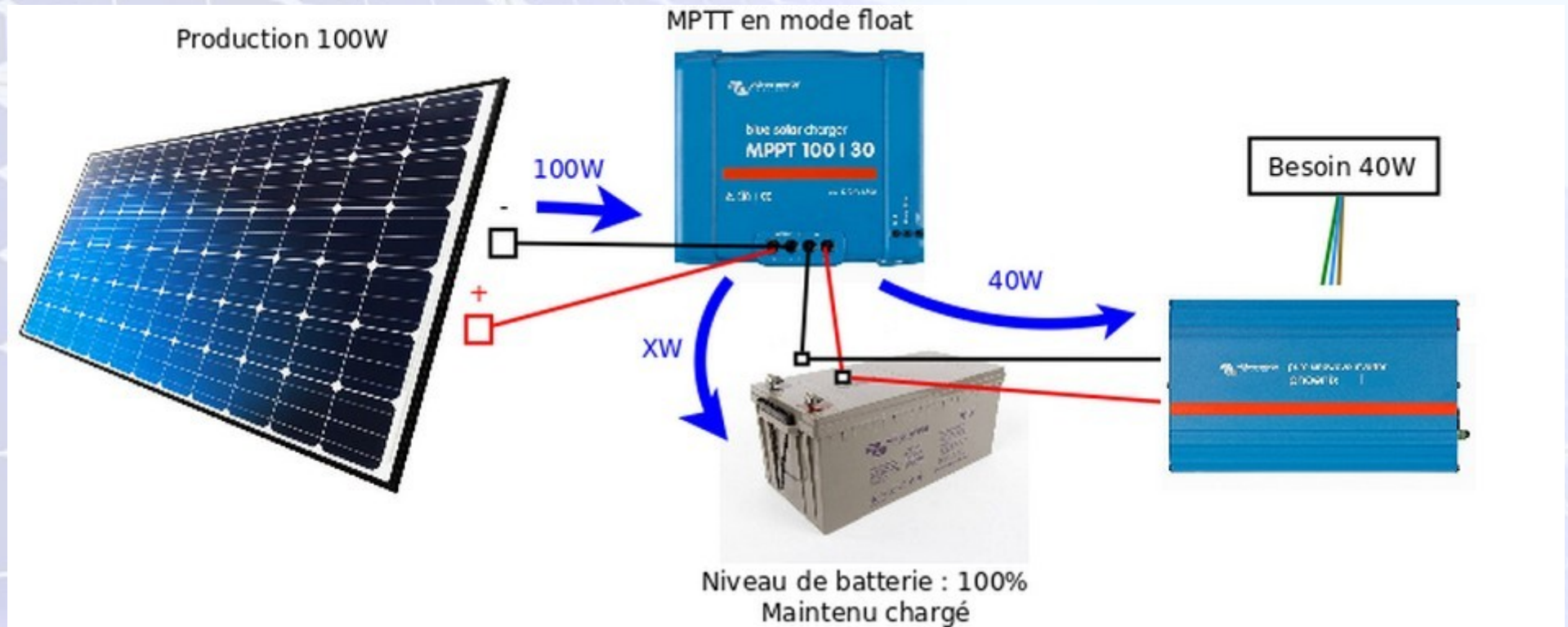
MPPT en mode bulk car niveau de batterie $\neq$ 100 %

Fonctionnement d'un régulateur MPPT



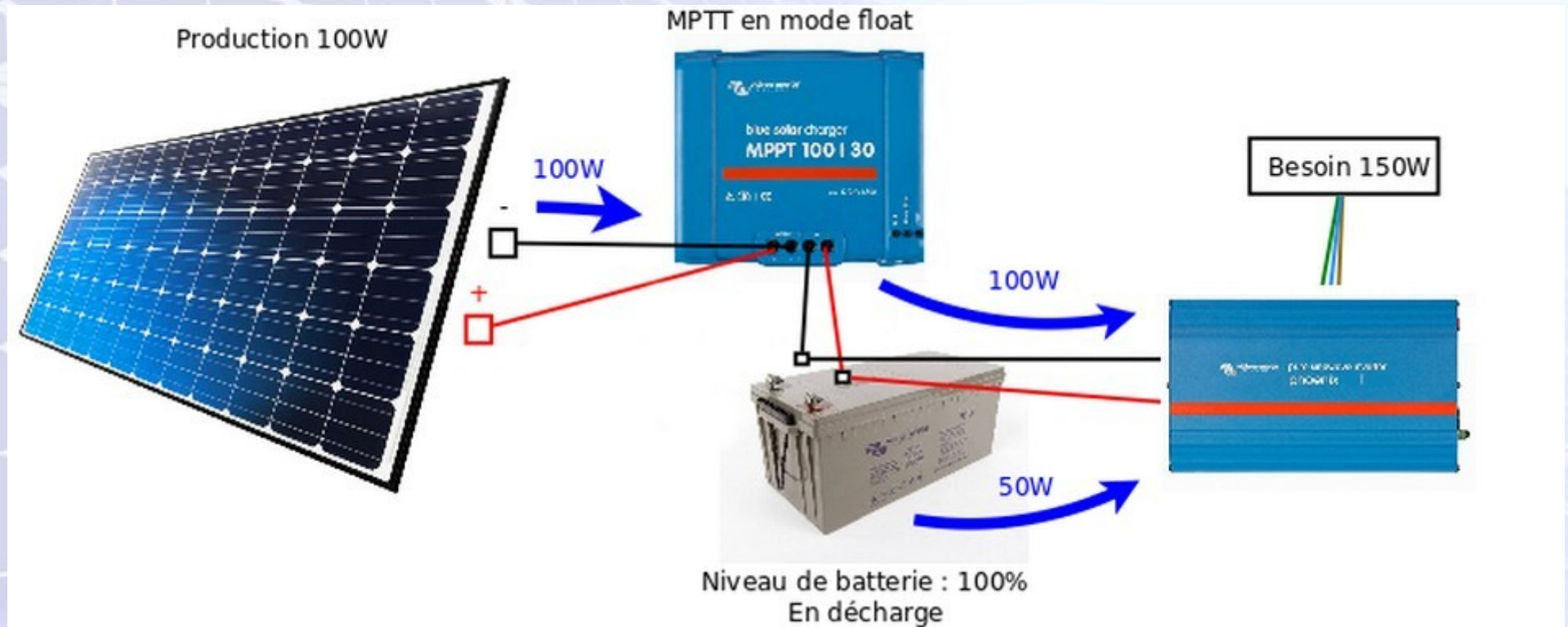
MPPT en mode Float car niveau de batterie = 100 %

Fonctionnement d'un régulateur MPPT



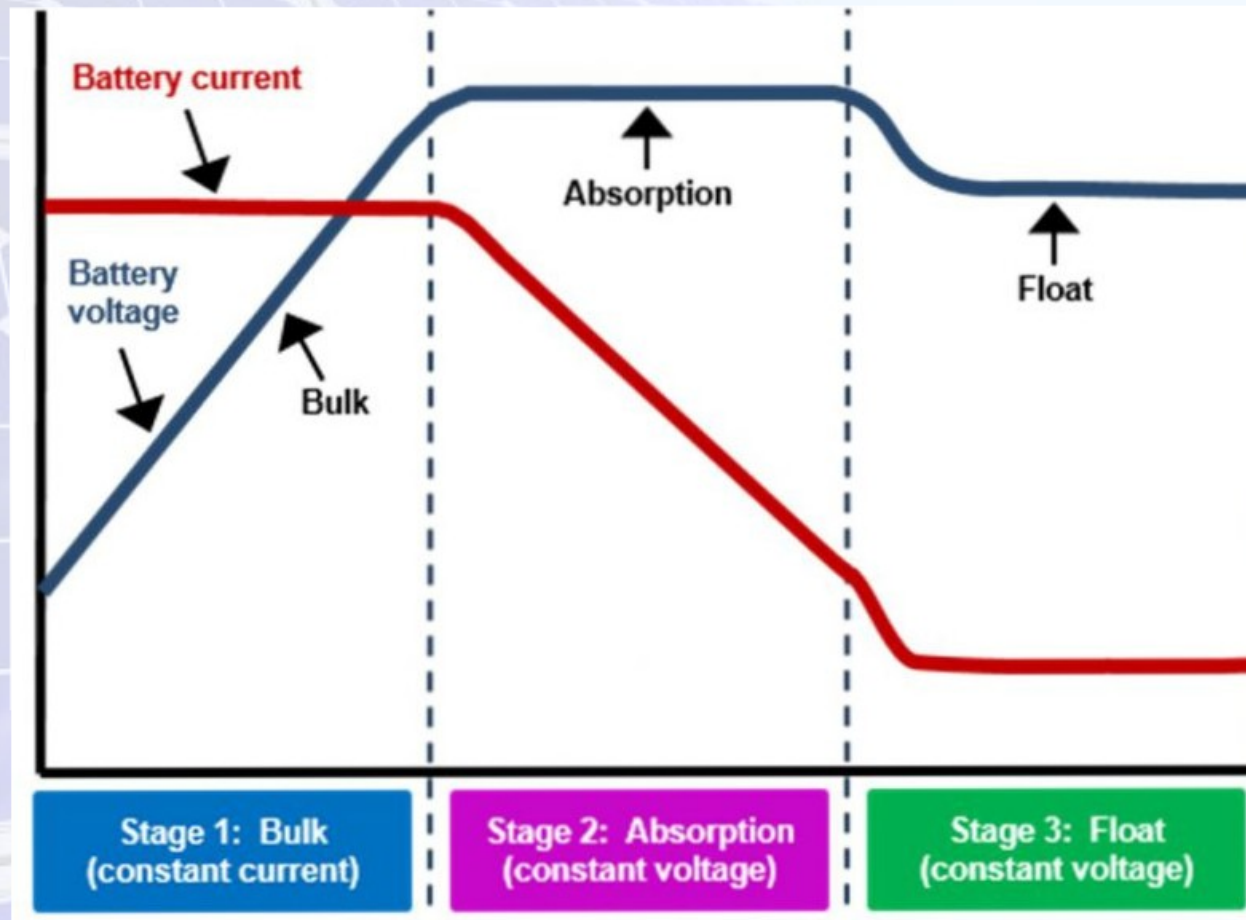
MPPT en mode Float car niveau de batterie = 100 %

Fonctionnement d'un régulateur MPPT



MPPT en mode float mais va repasser en mode bulk

Fonctionnement d'un régulateur MPPT : Absorption



Fonctionnement d'un régulateur MPPT : Absorption

La durée d'absorption est déterminée sur la tension de batterie au repos, au début de chaque journée conformément au tableau suivant :

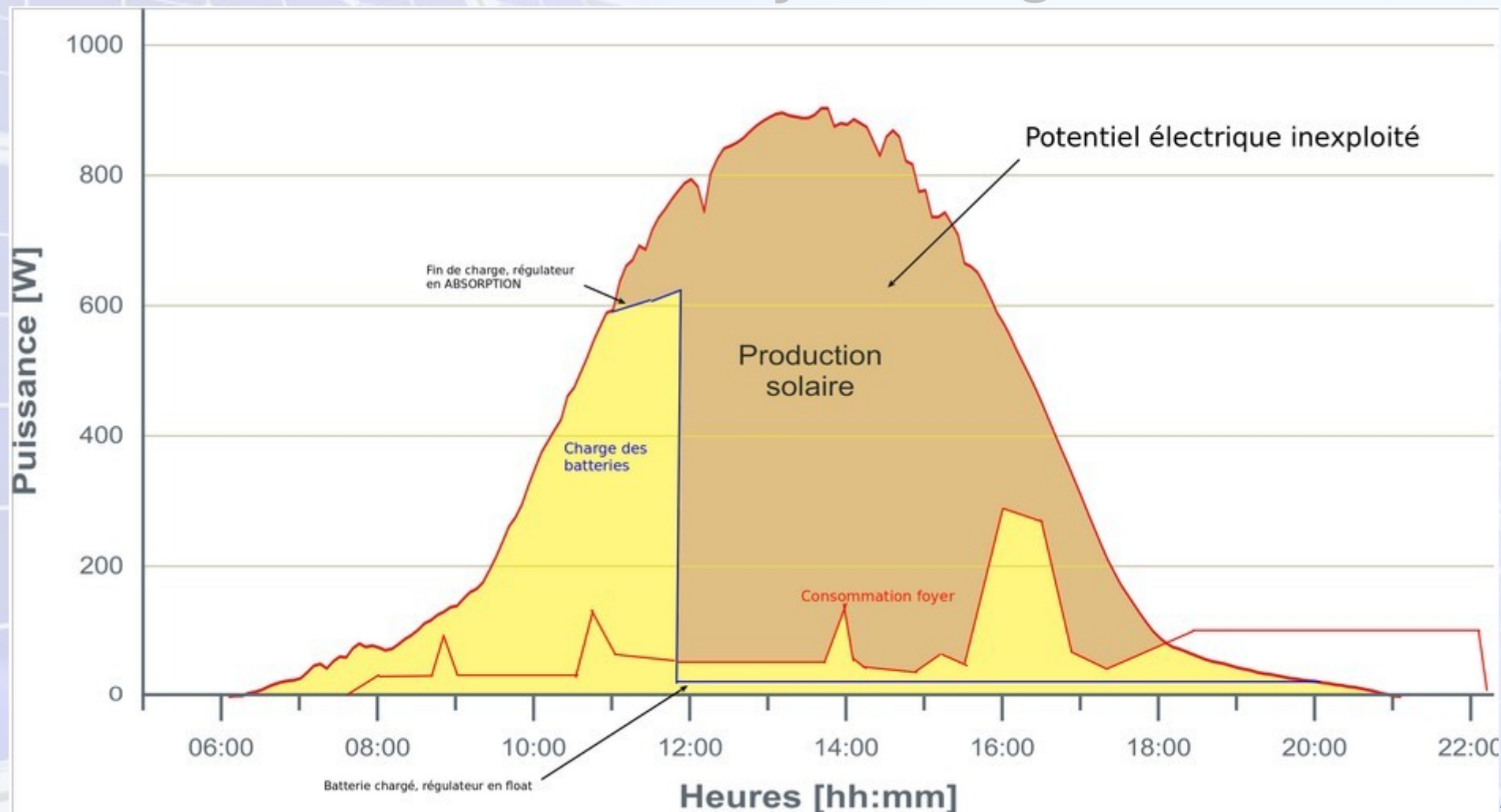
Tension de batterie V_b (@démarrage)	Multiplicateur	Durée maximale d'absorption
$V_b < 11,9 \text{ V}$	x 1	6 heures
$11,9 \text{ V} < V_b < 12,2 \text{ V}$	x 2/3	4 heures
$12,2 \text{ V} < V_b < 12,6 \text{ V}$	x 1/3	2 heures
$V_b > 12,6 \text{ V}$	x 1/6	1 heure

Différents types de batteries

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

Source 1, source 2

Comment ça charge ?



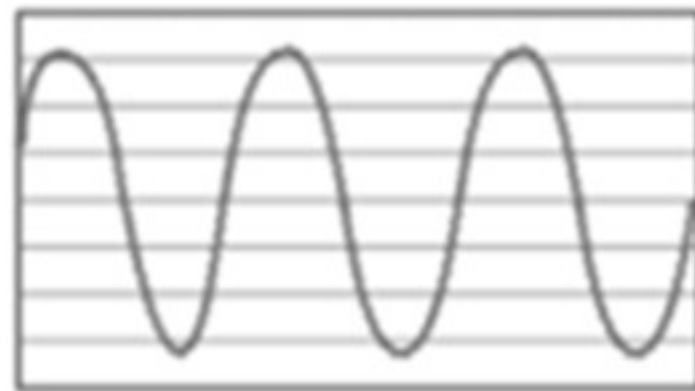
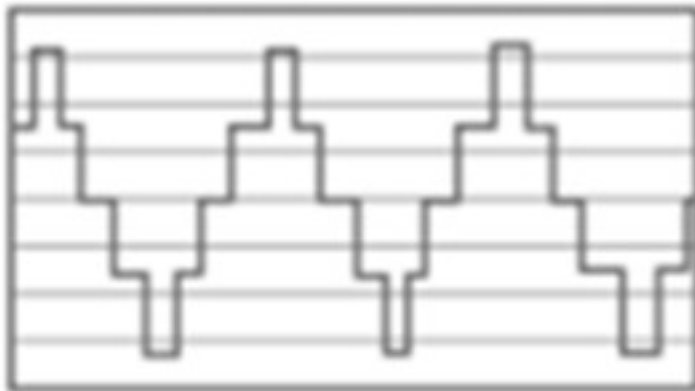
Convertisseurs

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

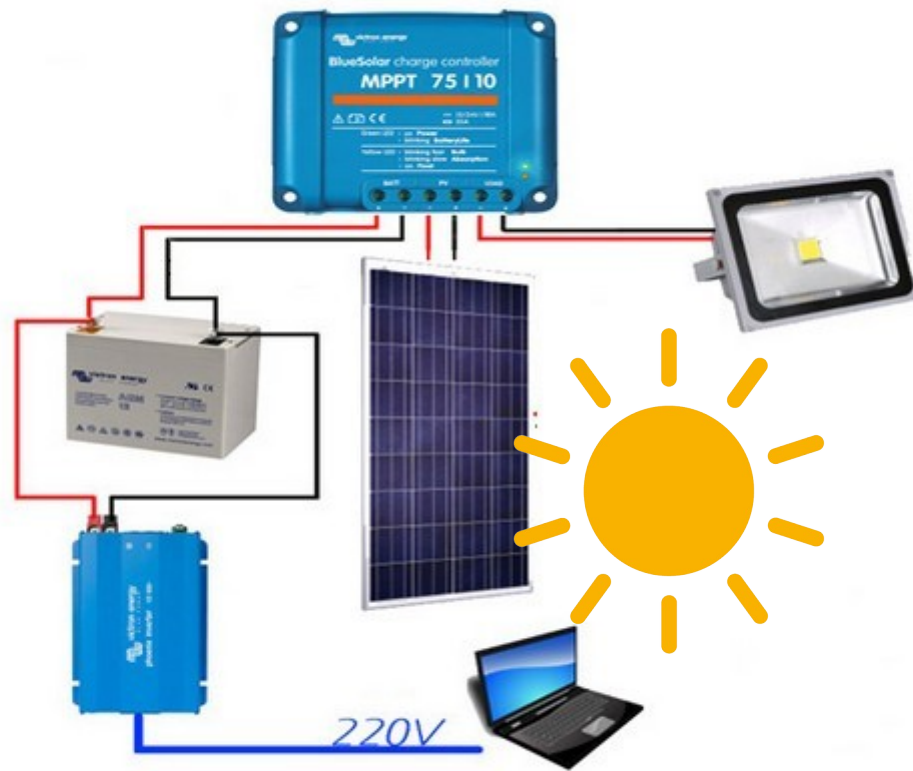
Le double réseau 230V et 12V est possible mais coûteux

The background of the slide is a close-up, low-angle shot of several rows of solar panels. The panels are tilted and recede into the distance, creating a strong sense of perspective. The lighting is bright, suggesting a sunny day, with some glare visible on the surface of the panels.

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>

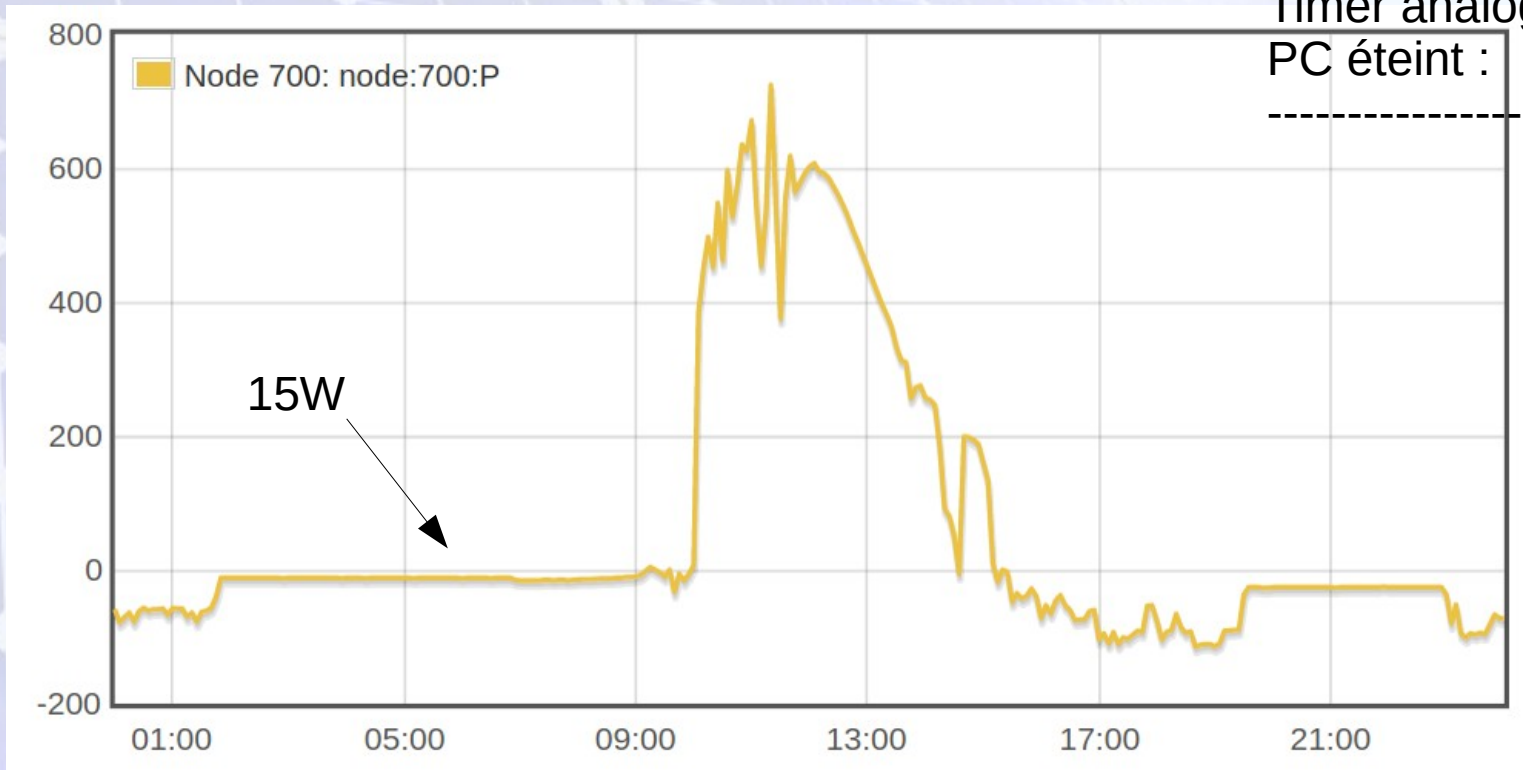


Vigilance bruit de fond

Sur la journée 15W de bruit de fond ça fait 360Wh/j

Convertisseur :	8W
2 télérupteur :	2W
Timer analogique :	2W
PC éteint :	2W

15W



Un foyer moyen c'est entre 100 et 200W de bruit de fond soit entre 2400 et 4800Wh/j (11%)

Vigilance bruit de fond : comment le calculer ?

- Le linky vous le dit... (sympa)
- Un wattmètre à « pince » (non invasif) à la sortie du compteur
- Un wattmètre dans le tableau
- Passer sur tous les appareils...



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 à 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€)



La vidéo qui vous fera dire que c'est énergivore un grille pain

Les besoins journaliers : bouilloire

Pas de bouilloire ?

Si si, l'été au soleil

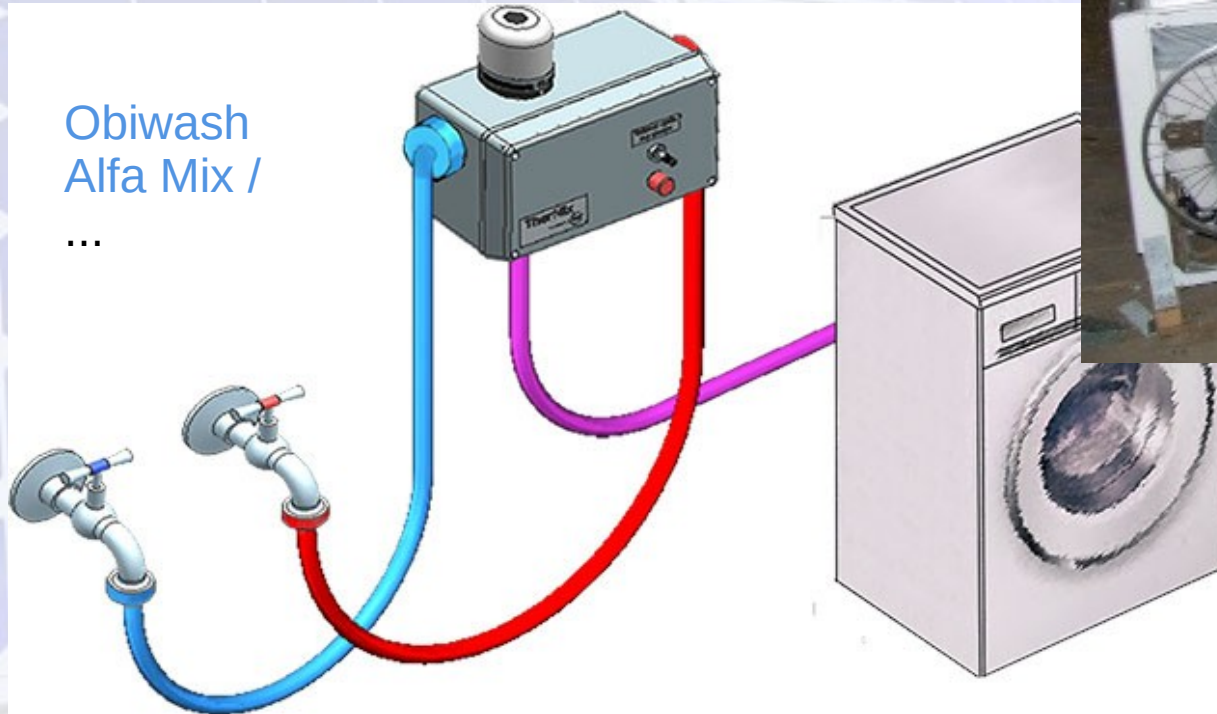
L'hiver sur le poêle

Sinon sur la
gazinière



Les besoins journaliers : lave linge

Pas de lave linge ?



Les besoins journaliers : ECS

Pas de chauffe eau ?

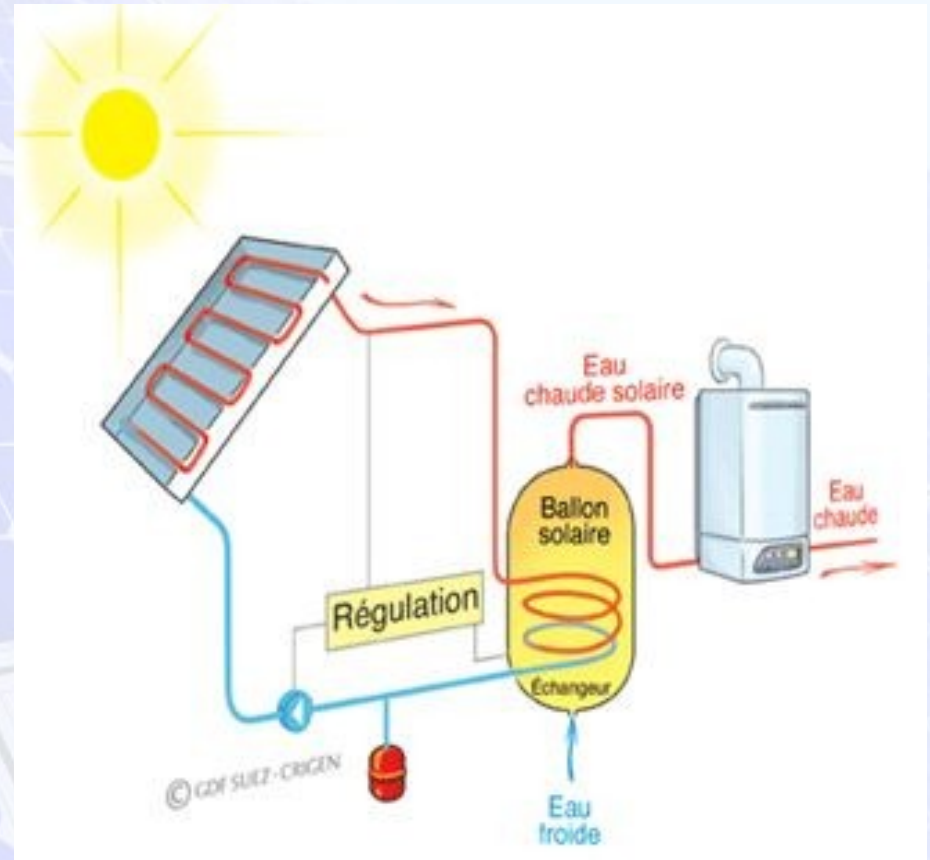
Privilégier le solaire thermique

+ poêle à bois + gaz

OU

utilisation du surplus solaire

+ chaleur du poêle...



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

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

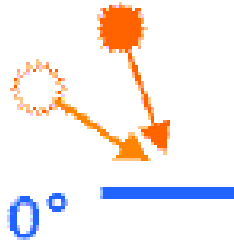
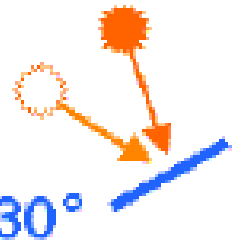
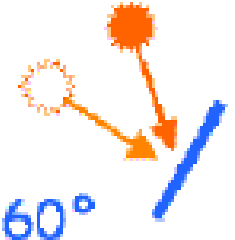
On considère un besoin max à **750W**

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. They have a blue monochrome color scheme with a grid of white lines separating the individual cells. The lighting is bright, suggesting a sunny day, with some light flare visible in the upper right corner.

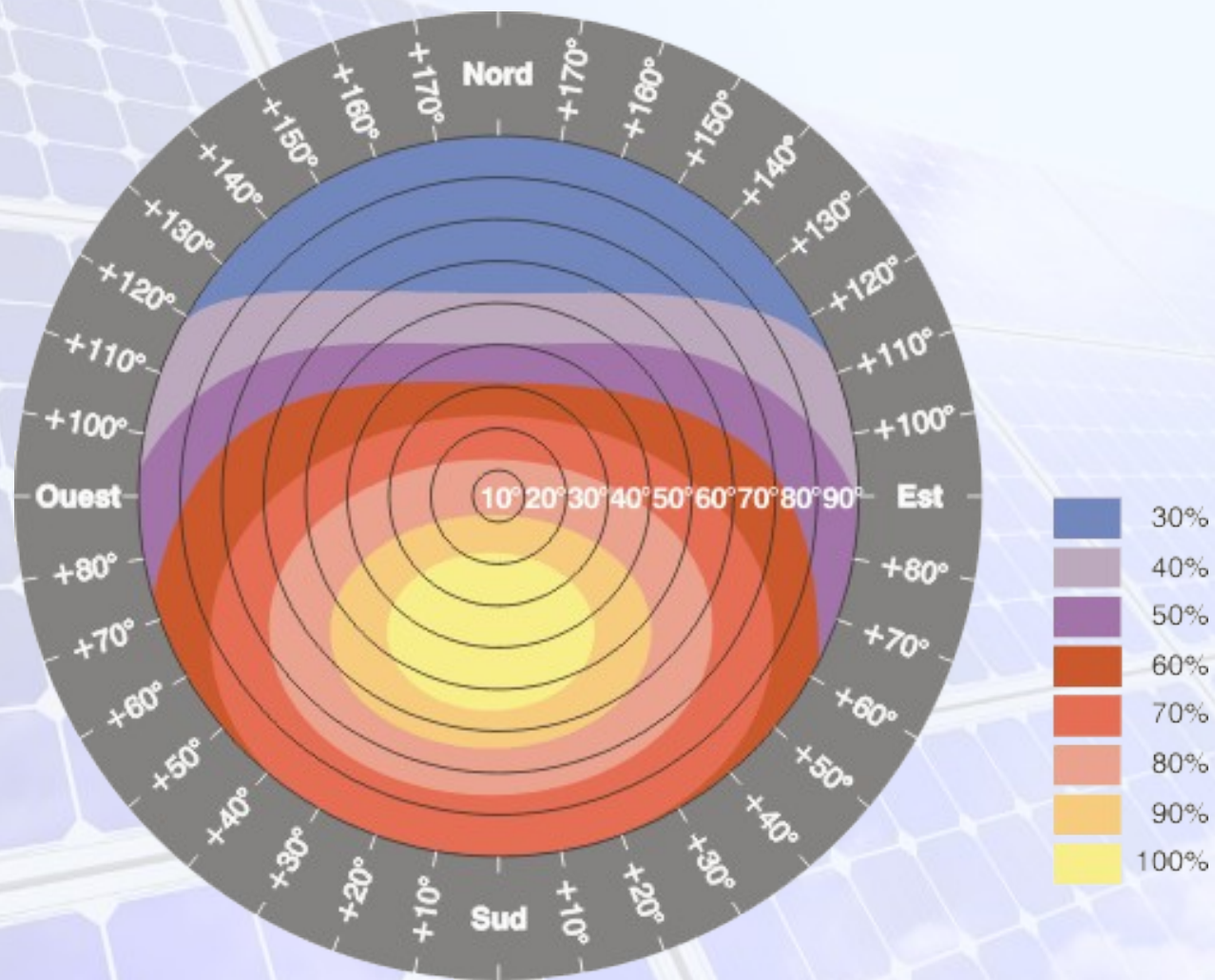
Combien de panneaux pour les
Benmahmoud ?



Les panneaux des Benmahmoud ?

	 0°	 30°	 60°	 90°
SUD	87%	100%	93%	67%
SUD-EST SUD-OUEST	87%	95%	86%	62%
EST 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

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/m² par jour ☒ ou en kWh/m² 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	2.09	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/m²/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 : 2 panneaux de 400Wc = 800W

Budget : entre 520€ et 880€

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**



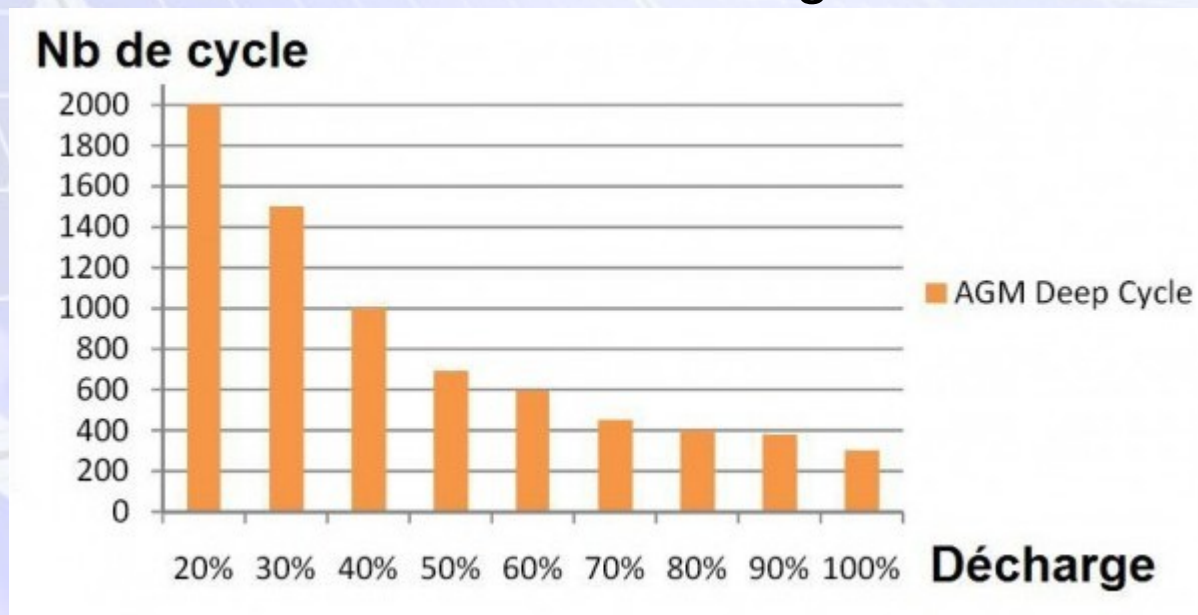
The background of the slide is a close-up, low-angle shot of several rows of solar panels. The panels are tilted upwards and to the right, creating a strong sense of perspective. They have a blue monochrome color scheme with a grid of white lines. The lighting is bright, suggesting a sunny day, with some light flare visible in the upper right corner.

Combien de batteries pour les
Benmahmoud ?

Les batteries des Benmahmoud ?

Pour du AGM, il y a des contraintes :

- Courant de charge / décharge max : 20 % (dans les docs constructeur)
 - Exemple : batterie de 100Ah, le courant de charge est de 18A
- Décharge 20 %
- Note : GEL = 10 %



Les batteries des Benmahmoud ?

Garantir une longue vie aux batteries :

- Ne pas décharger profondément fréquemment
- Prévoir chargeur possible
- Ne pas dépasser les 20 % 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

200Ah de batterie (en 24V)

Est-ce qu'on respecte les 20 % 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 :

- $200Ah \times 20/100 = 40A$ 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 ~20%)

Les batteries :

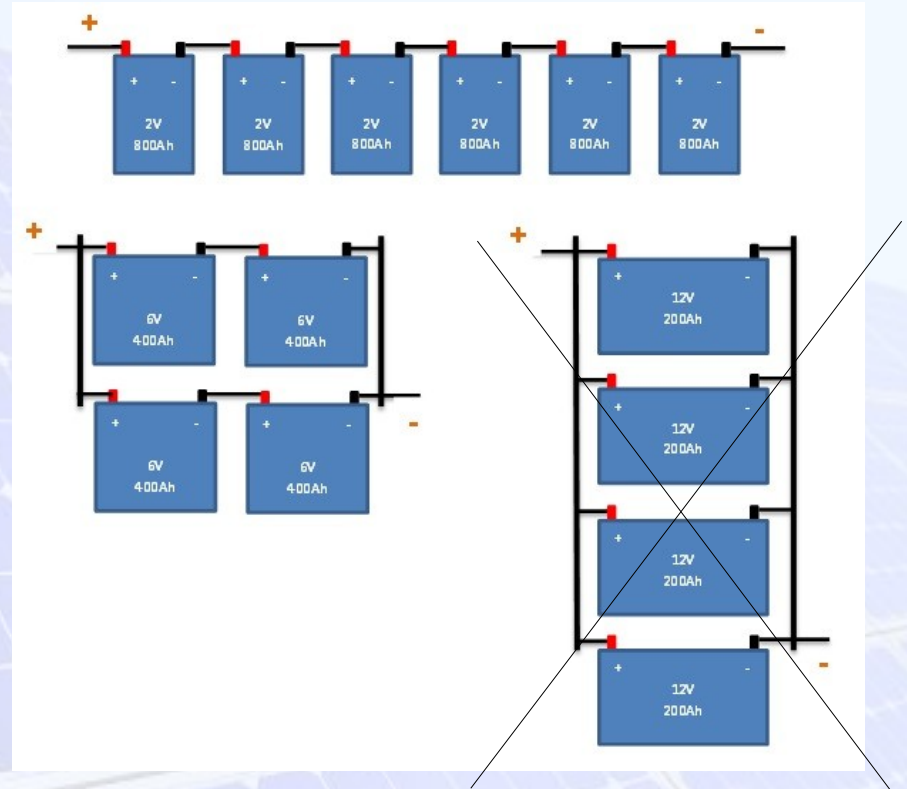
- $200\text{Ah} \times 20/100 = 40\text{A}$ de courant de décharge max

Le besoin max des Benmahmoud a été estimé à 750W

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

C'est donc bon !

Branchement des batteries

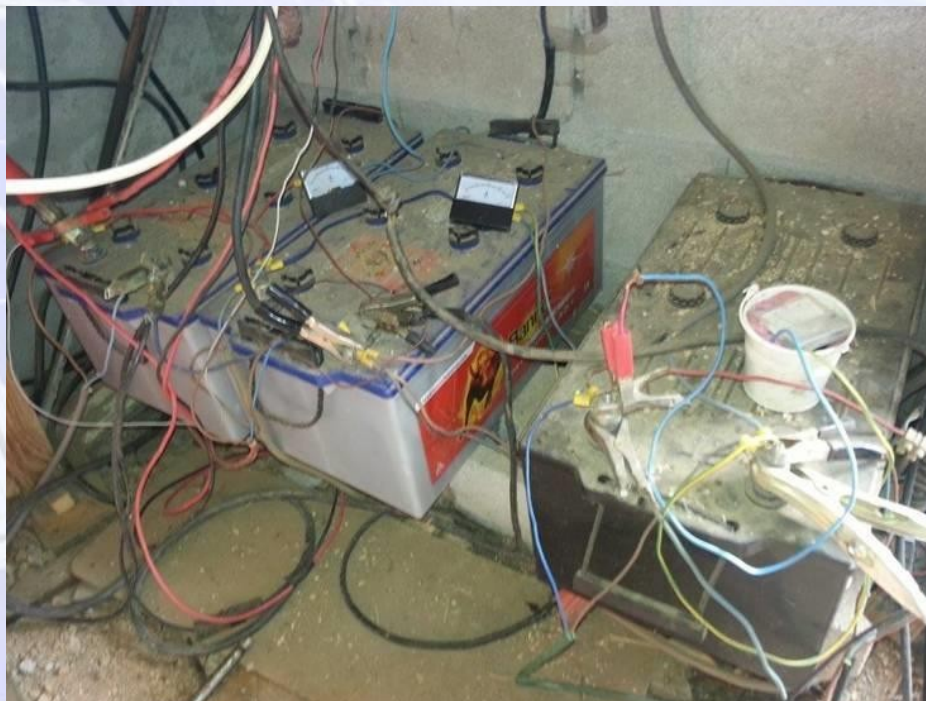


- Parc optimum : pas de mise en //
- Pas plus d'une // sinon gros risque de déséquilibre
- Plus de détails :

<https://www.batterie-solaire.com/Mobile/MBCPPlayer.asp?ID=1316>

Aller plus loin sur les batteries

- PDF de 120 pages bien détaillés :
<http://sitelec.org/download.php?filename=cours/victron/batteries.pdf>



Vérifier, simuler

- PVGIS :
https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/

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 ?

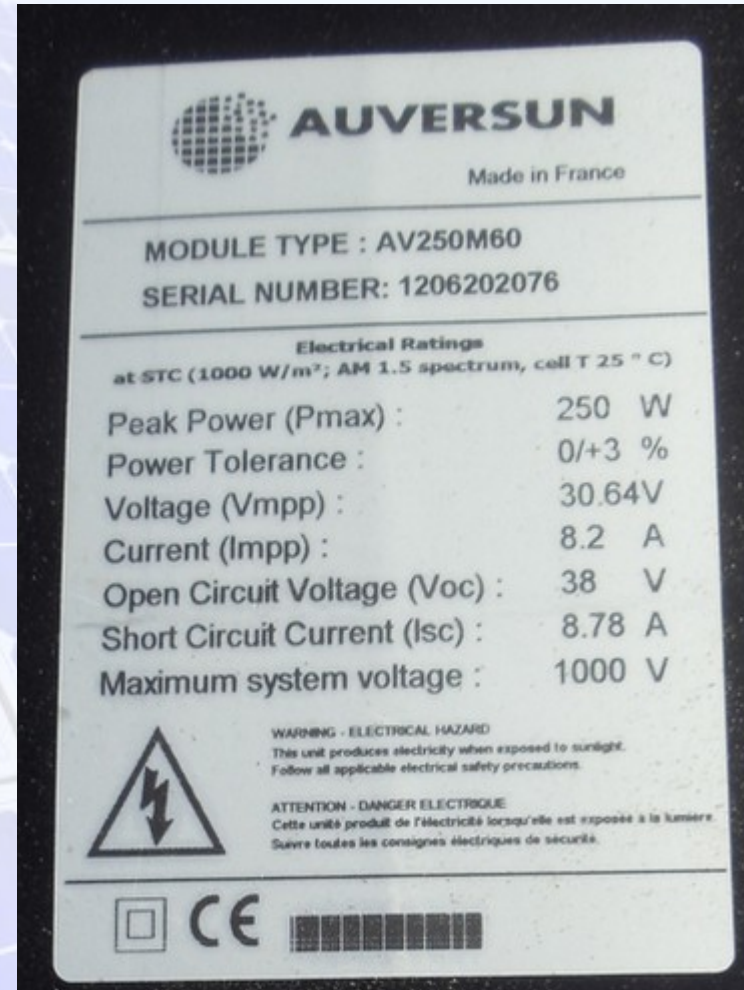
On le choisit en fonction de :

- 1) La tension finale 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) : 38
- Courant de court-circuit (Isc) : 8,73
- **Information commerciale :
Panneau 12/24/48V**

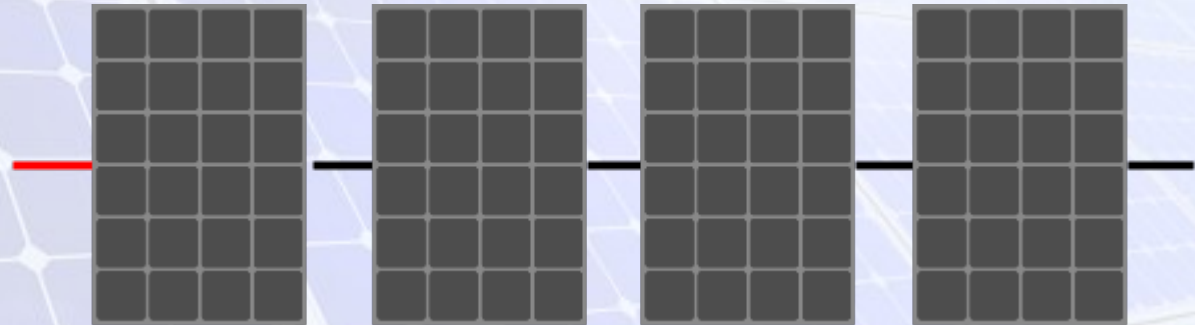


Le régulateur des Benmahmoud ?

Hypothèse de câblage des panneaux

Tout en série (4s) :

- 1000W (250×4)
- 152V (38×4)
- 8,73A ($8,73 \times 1$)



Infos sur nos panneaux :

- Puissance max : 250W
- Tension de circuit ouvert (Voc) : 38
- Courant de court-circuit (Isc) : 8,73

Le régulateur des Benmahmoud ?

1ère hypothèse full série : Avec les 4 panneaux 250Wc en série, et un parc de batteries en 24V, régulateurs type MPPT 250/85 accepte :

- 2900W de puissance maximum de panneaux :
 - Avec un total de 4 panneaux en 250W, on monte à 1000W (?)
- 250V de tension PV maximale de circuit ouvert :
 - Avec 4 panneaux en série ayant une tension (V_{doc}) de 38V, on monte à 158V ($38 * 4$) et une **marge de sécurité de 20%**, pour la hausse de température ça monte à 182,4V ($158 * 1,2$)
- 85A 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 10%**, on monte à 9,57A,

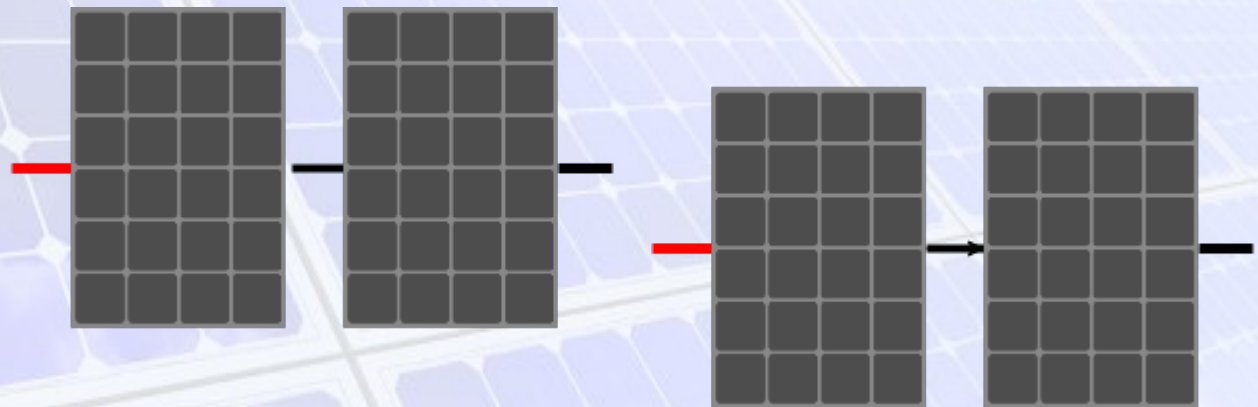
Le budget est d'environ 960 €

Le régulateur des Benmahmoud ?

Hypothèse de câblage des panneaux

2x 2s :

- 500W (250×2)
- 76V (38×2)
- 8,73A ($8,73 \times 1$)



Infos sur nos panneaux :

- Puissance max : 250W
- Tension de circuit ouvert (Voc) : 38
- Courant de court-circuit (Isc) : 8,73

Le régulateur des Benmahmoud ?

2ème hypothèse : Avec les 2 panneaux 250Wc en série, et un parc de batteries en 24V, 2 régulateurs type MPPT 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 38V, on monte à 76V ($38 * 2$) et une **marge de sécurité de 20%**, pour la hausse de température ça monte à 91,2V ($76 * 1,2$)
- 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 10%**, on monte à 9,57A,

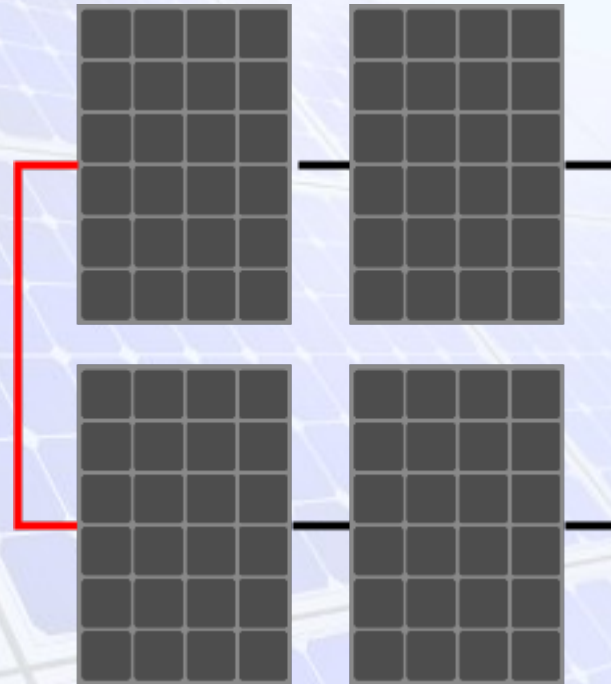
Le budget est d'environ $2 * 200 = 400€$

Le régulateur des Benmahmoud ?

Hypothèse de câblage des panneaux

1 parallèle (2s 2p) :

- 1000W (250×4)
- 76V (38×2)
- 17,46A ($8,73 \times 2$)



Infos sur nos panneaux :

- Puissance max : 250W
- Tension de circuit ouvert (Voc) : 38
- Courant de court-circuit (Isc) : 8,73

Le régulateur des Benmahmoud ?

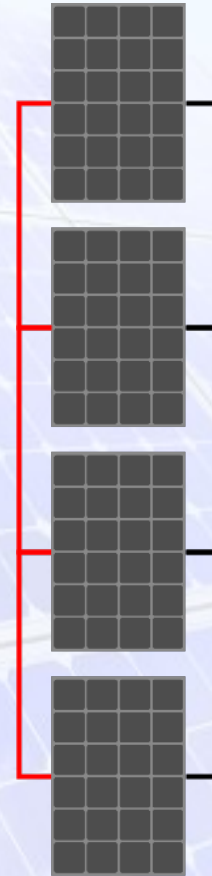
Hypothèse de câblage des panneaux

4 parallèle (4p) :

- 1000W (250×4)
- 38V (38×1)
- 34,92A ($8,73 \times 4$)

Infos sur nos panneaux :

- Puissance max : 250W
- Tension de circuit ouvert (Voc) : 38
- Courant de court-circuit (Isc) : 8,73





Le convertisseur pour les
Benmahmoud ?

Le convertisseur des Benmahmoud ?

On le choisit en fonction de :

- 1) L'entrée : La tension finale 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 €



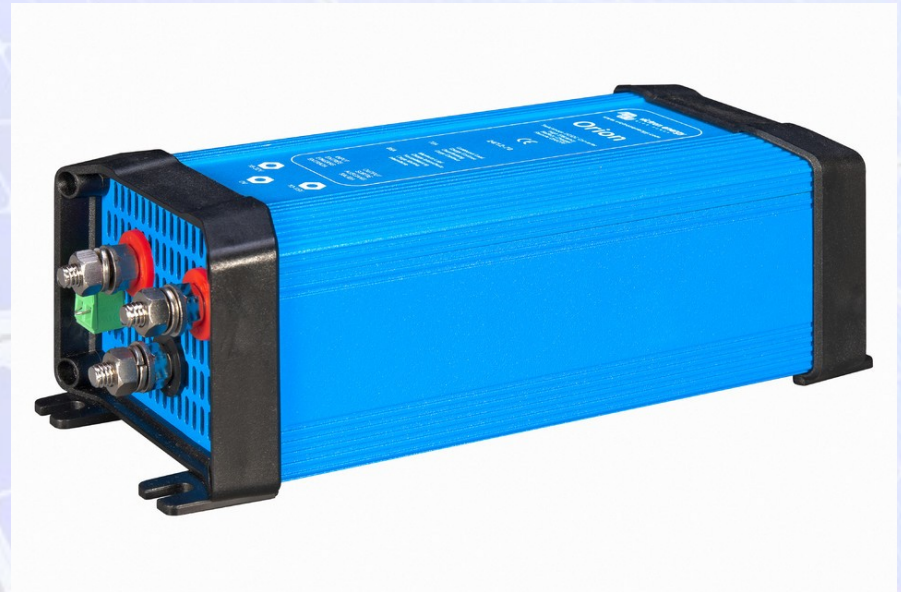
Un convertisseur DC DC ?

Pas ce besoin chez les Benmahmoud.

Il se choisit en fonction de la tension d'entrée du parc de batterie, la tension de sortie voulue 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 **tableaux 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**.

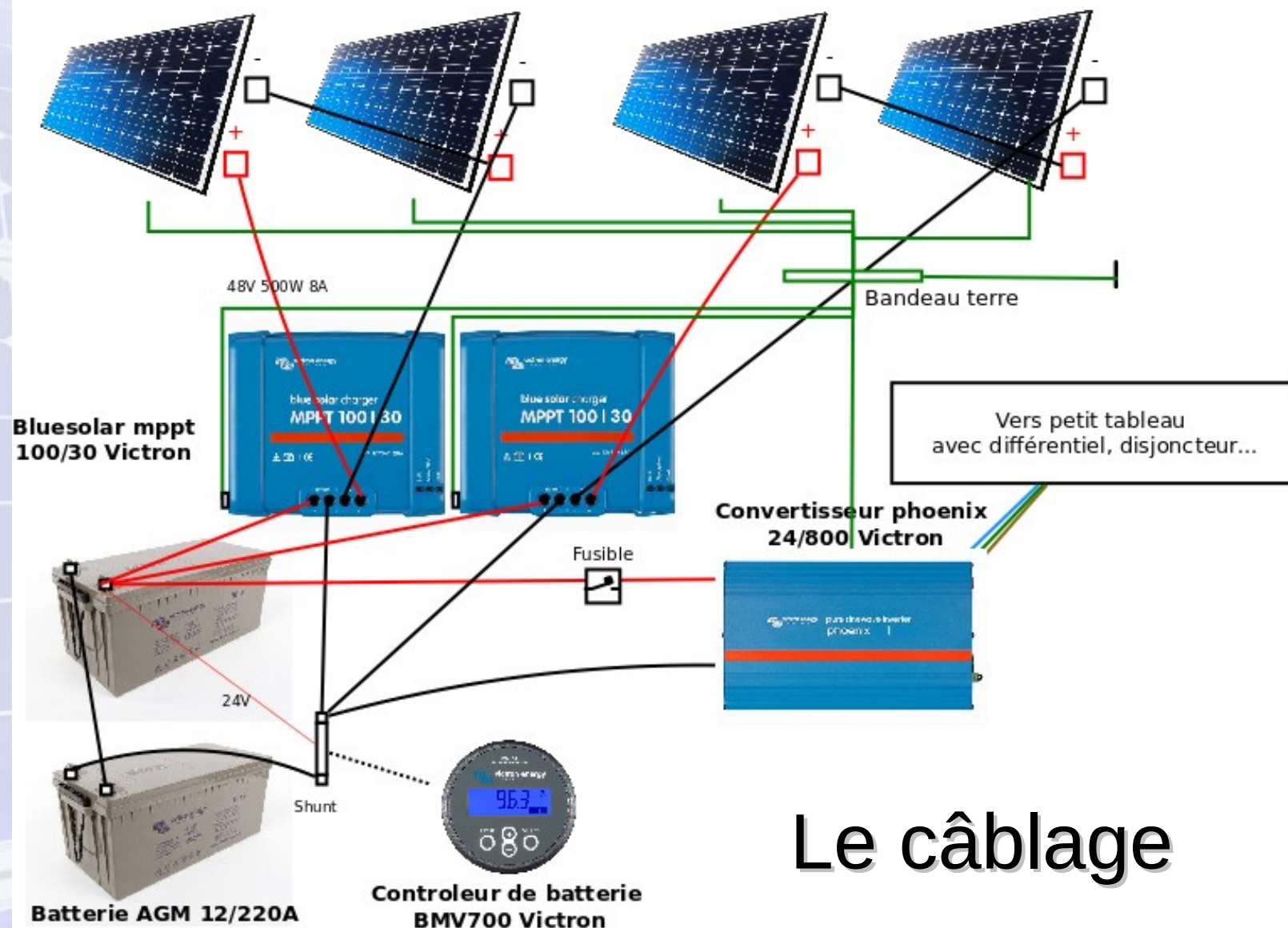
Budget : ~150€



Où acheter le matériel

- Panneaux solaires : bonnes occasions faciles, gratuit
- Régulateur / convertisseur : 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, conseillé pour la mise en œuvre, pas beaucoup plus cher
 - <http://www.insoco.org/>

4 panneaux 250W 24V 8A



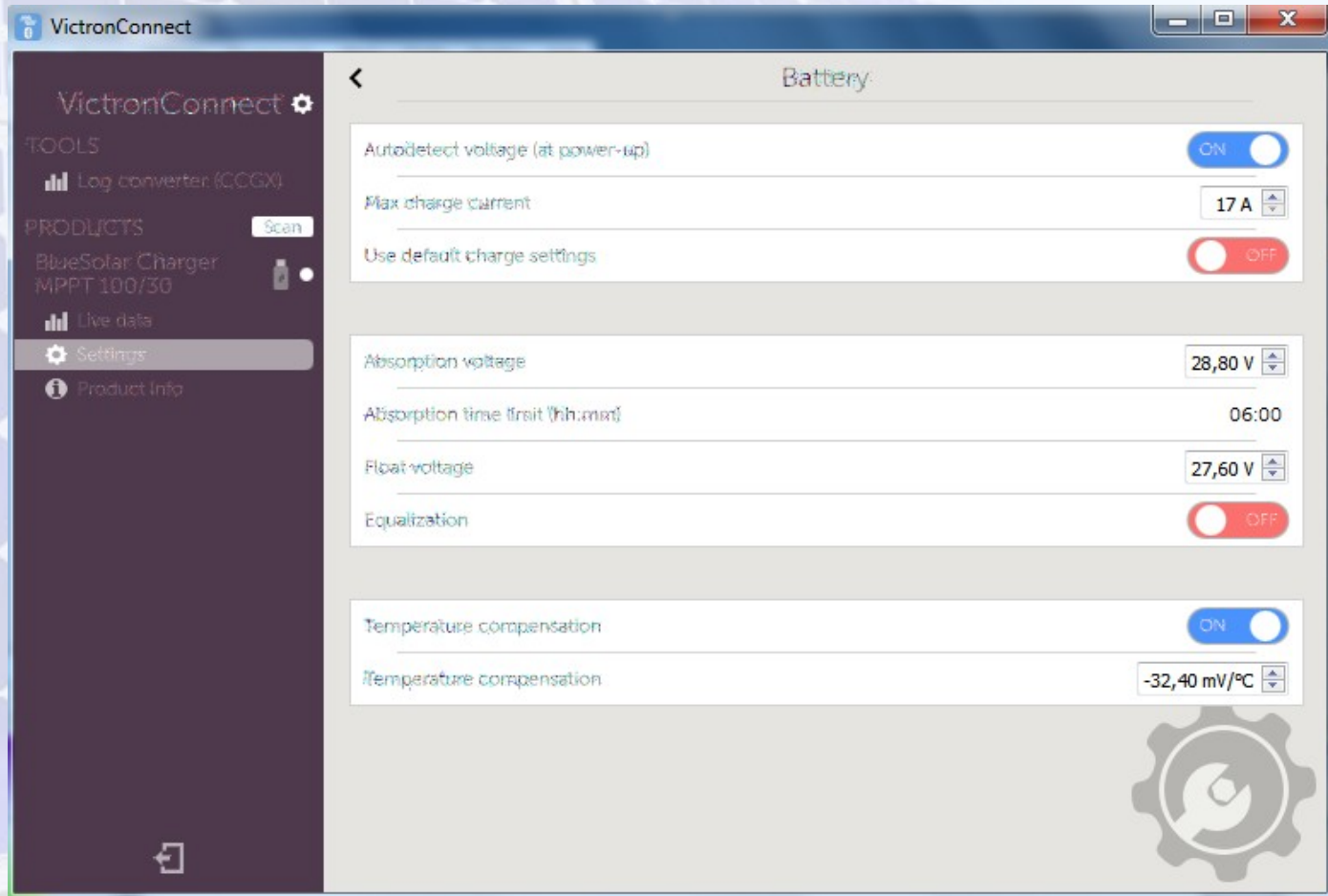
Installation chez les Benmahmoud



Installation chez les Benmahmoud

- Couvrir les panneaux ou faire l'opération la nuit
- Ordre de câblage
 - BMV sur batterie
 - Convertisseur batterie
 - Régulateur sur batterie (détection auto tension batterie)
 - Régulateur sur panneau
- Décâblage : strict inverse

Brider les régulateurs



Avant à 30A

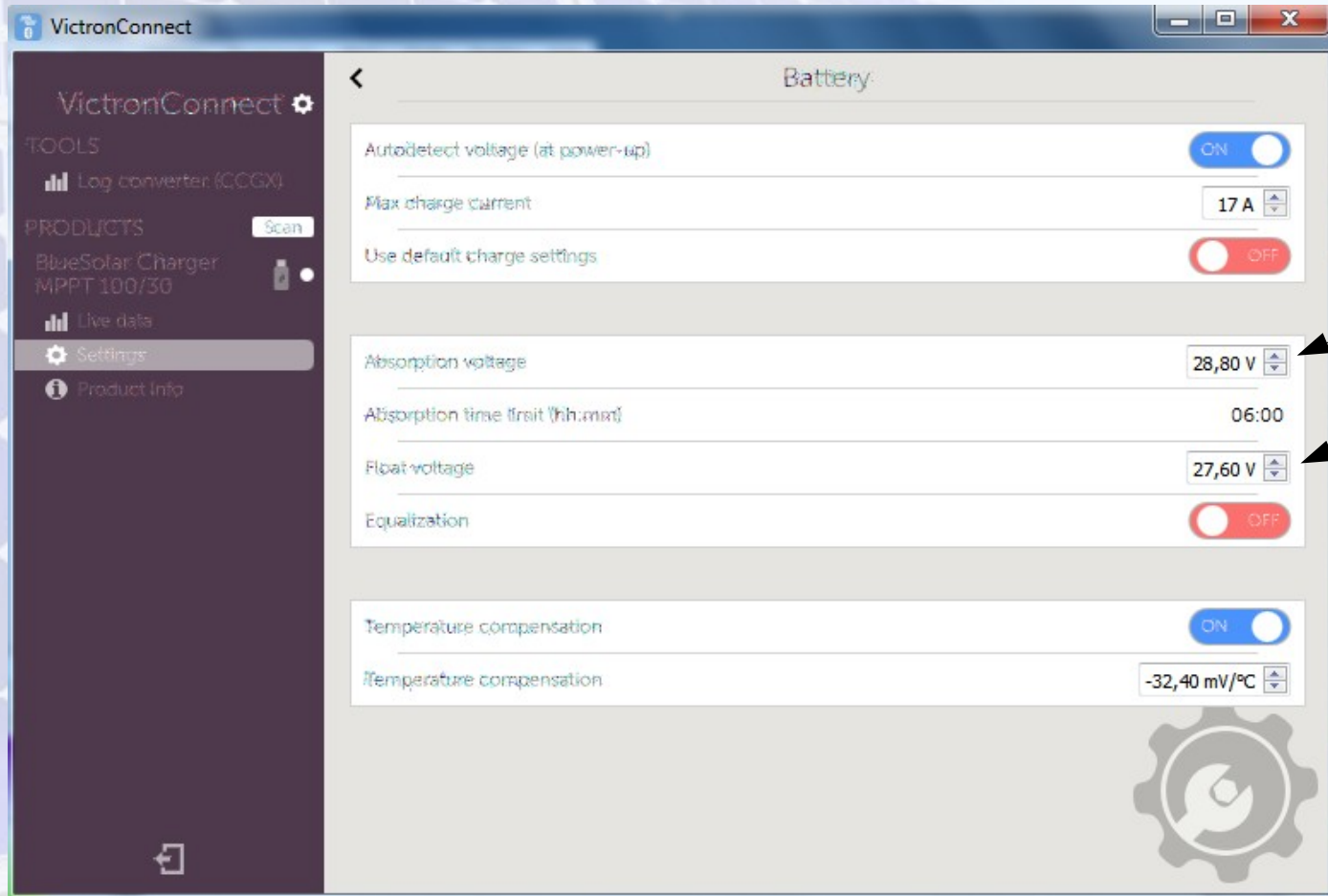
Vérifier seuil de tension Absorption/Float

Extrait de la documentation batterie des Benmahmoud

	Utilisation en Floating (V)	Cyclage Normal (V)	Cyclage Recharge rapide (V)
Victron AGM "Deep Cycle"			
Absorption		14,2 - 14,6	14,6 - 14,9
Float	13,5 - 13,8	13,5 - 13,8	13,5 - 13,8
Veille	13,2 - 13,5	13,2 - 13,5	13,2 - 13,5
Victron Gel "Deep Cycle"			
Absorption		14,1 - 14,4	
Float	13,5 - 13,8	13,5 - 13,8	
Veille	13,2 - 13,5	13,2 - 13,5	
Victron Gel "Long Life"			
Absorption		14,0 - 14,2	
Float	13,5 - 13,8	13,5 - 13,8	
Veille	13,2 - 13,5	13,2 - 13,5	

source

Vérifier seuil de tension Absorption/Float



28,8V abs

27,6V float

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.

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 ?
 - EDF : 0.20 € (le kW)
 - Conso 1kWh/j sur 30j = 6 + 9€ d'abonnement = **15 € / mois**
 - L'installation autonome :
 - 2200€ / 10 ans / 12 mois = **18,3€ / mois**
 - 3200€ / 20 ans / 12 mois = **13,3€ / mois**



Les comptes

- Pour une installation avec les mêmes contraintes mais des besoins de 5000Wh/j
 - EDF : 0.20 € (le kW)
 - Conso 5kWh/j sur 30j = 30 + 9€ d'abonnement = **39€/mois**
 - L'installation autonome :
 - 7500€ / 10 ans / 12 mois = **62€ / mois**
 - 9600€ / 20 ans / 12 mois = **40€ / mois**



C'est écologique ?

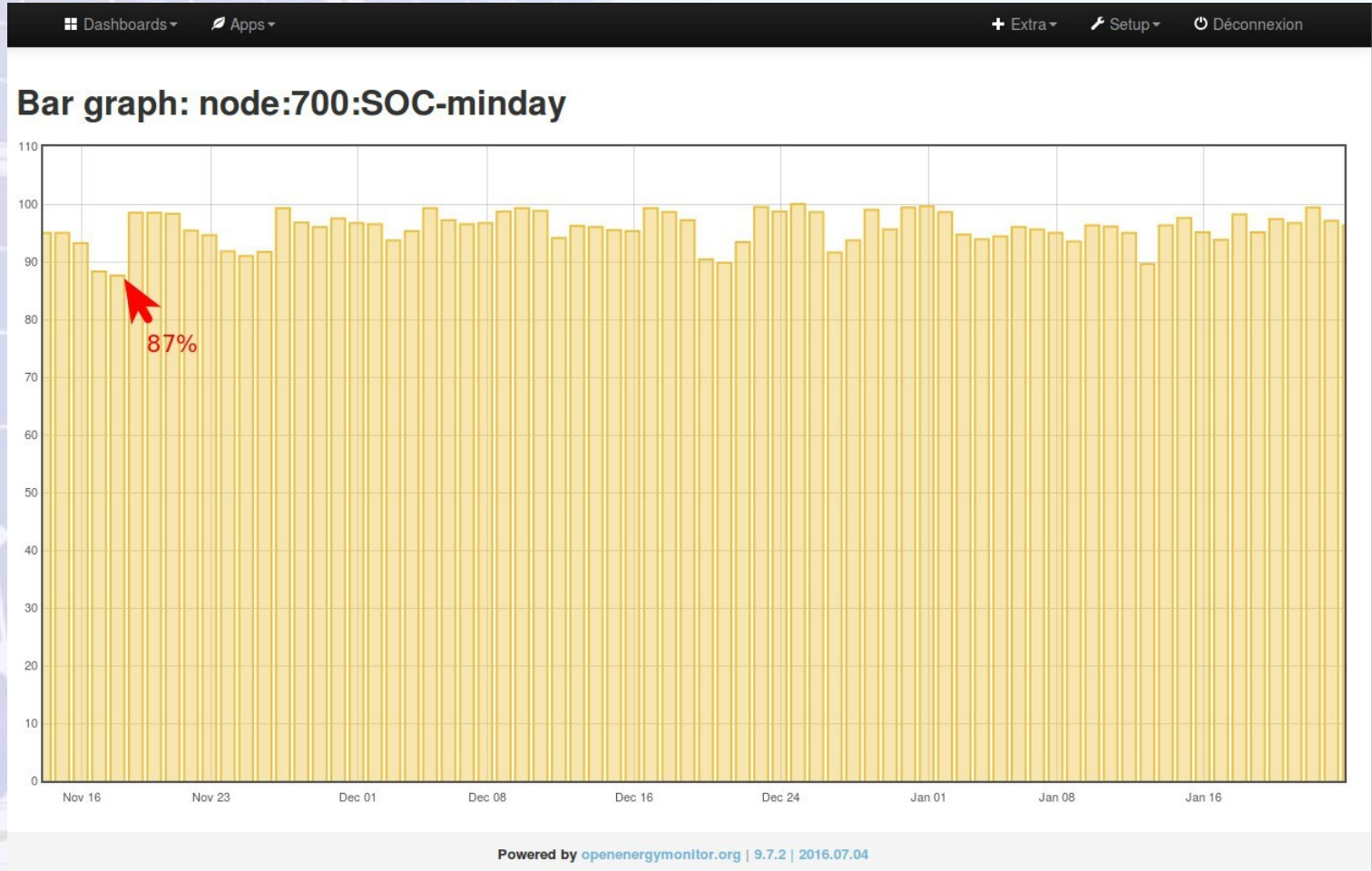
- Oui si
 - L'effort de réduction des besoins a été fait
 - Système bien dimensionné à ces besoins
- Oui car :
 - Contraint à stopper son besoin d'énergie (plus de croissance)
 - Pédagogique sur le volet non abondance (si enfant dans le foyer...)
- Pourrait l'être plus si mutualisation possible (contrainte légale et humaine / gestion)
- Non si la volonté est d'avoir le même confort que sur le réseau...



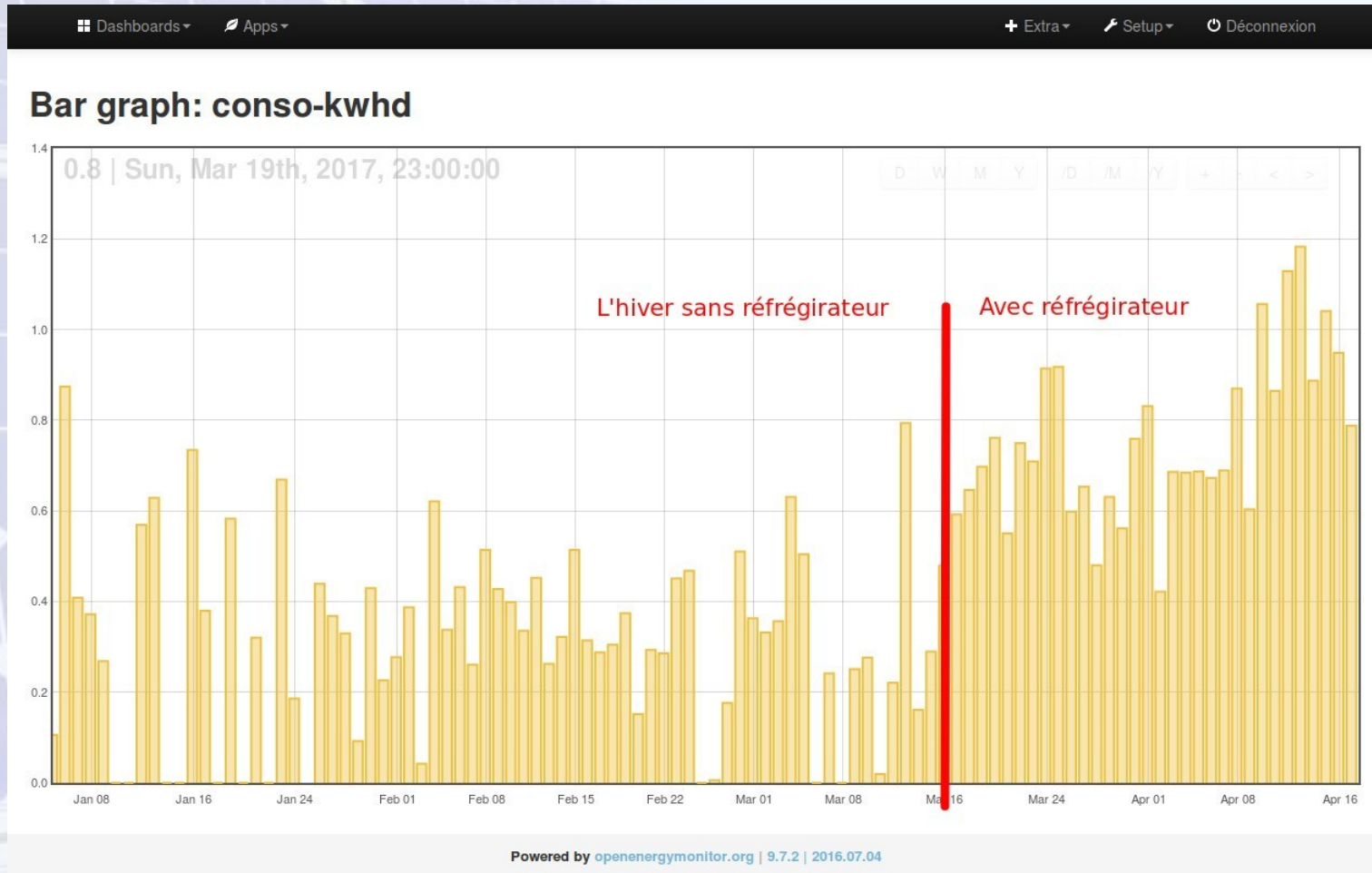


~1 an après chez les Benmahmoud

~1 an après chez les Benmahmoud



~1 an après chez les Benmahmoud



~1 an après chez les Benmahmoud



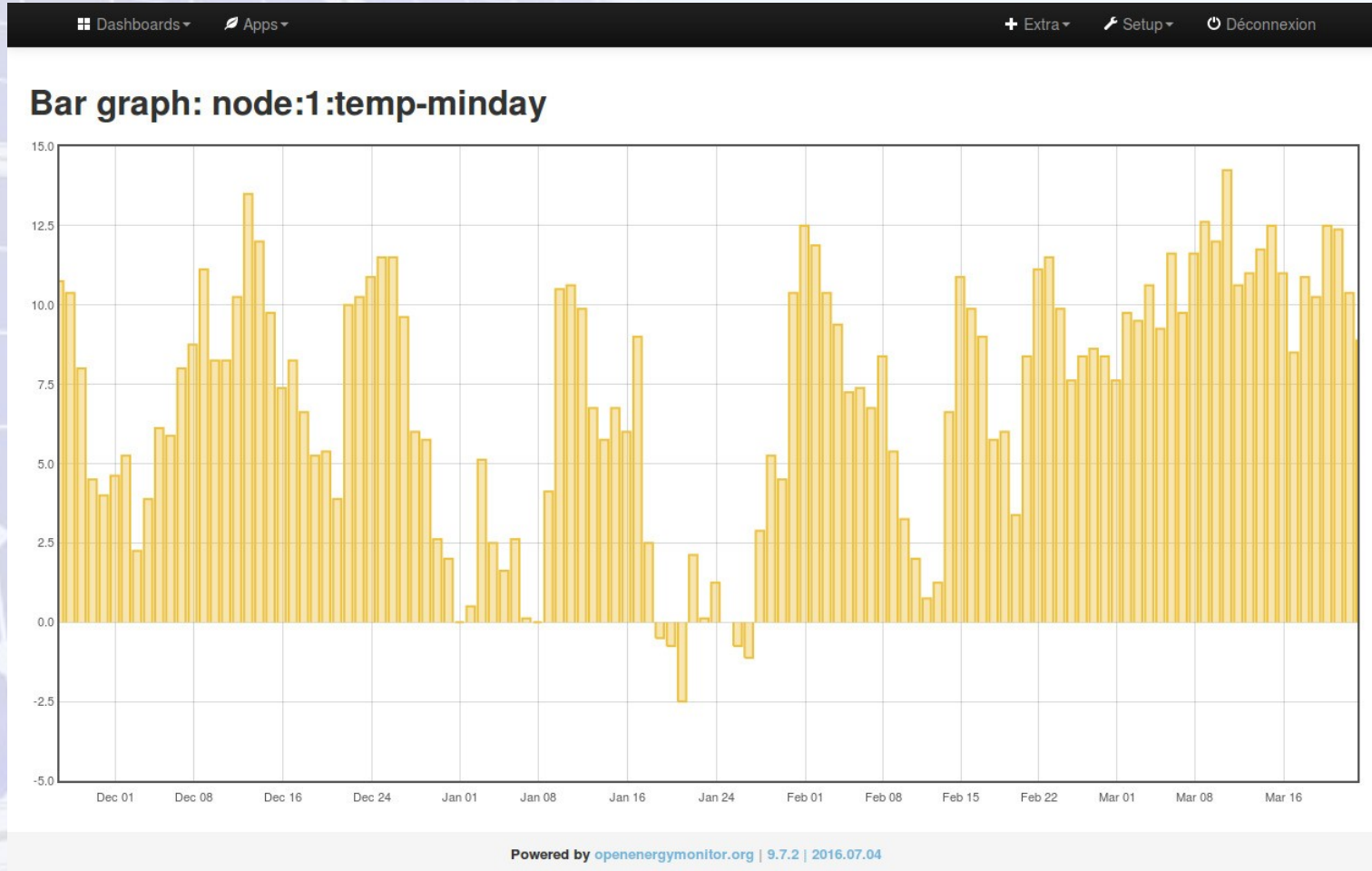
~1 an après chez les Benmahmoud



~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° (car toiture)
- Orientation S S-E
- Résultat :
 - 2275Wc de panneaux
 - 365Ah de batterie

Régulateur Victron MPPT 150/60 - Tr



25mm²



25mm²

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

15 modules 185Wc soit 2775Wc

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

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

25mm²

13m

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



25mm²

Contrôleur
de charge
BMV700

Méga
Fusibles
125A / 58V

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

35mm²

1,5m



Coupe batterie

3G6mm²

16 mm²

6m



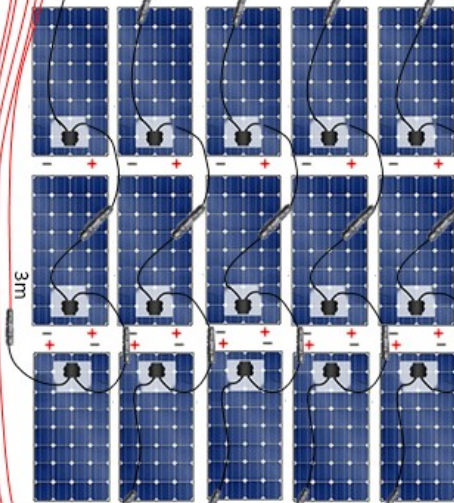
4mm²

1m

1.5m

2.5m

3.5m



3m

3,5m

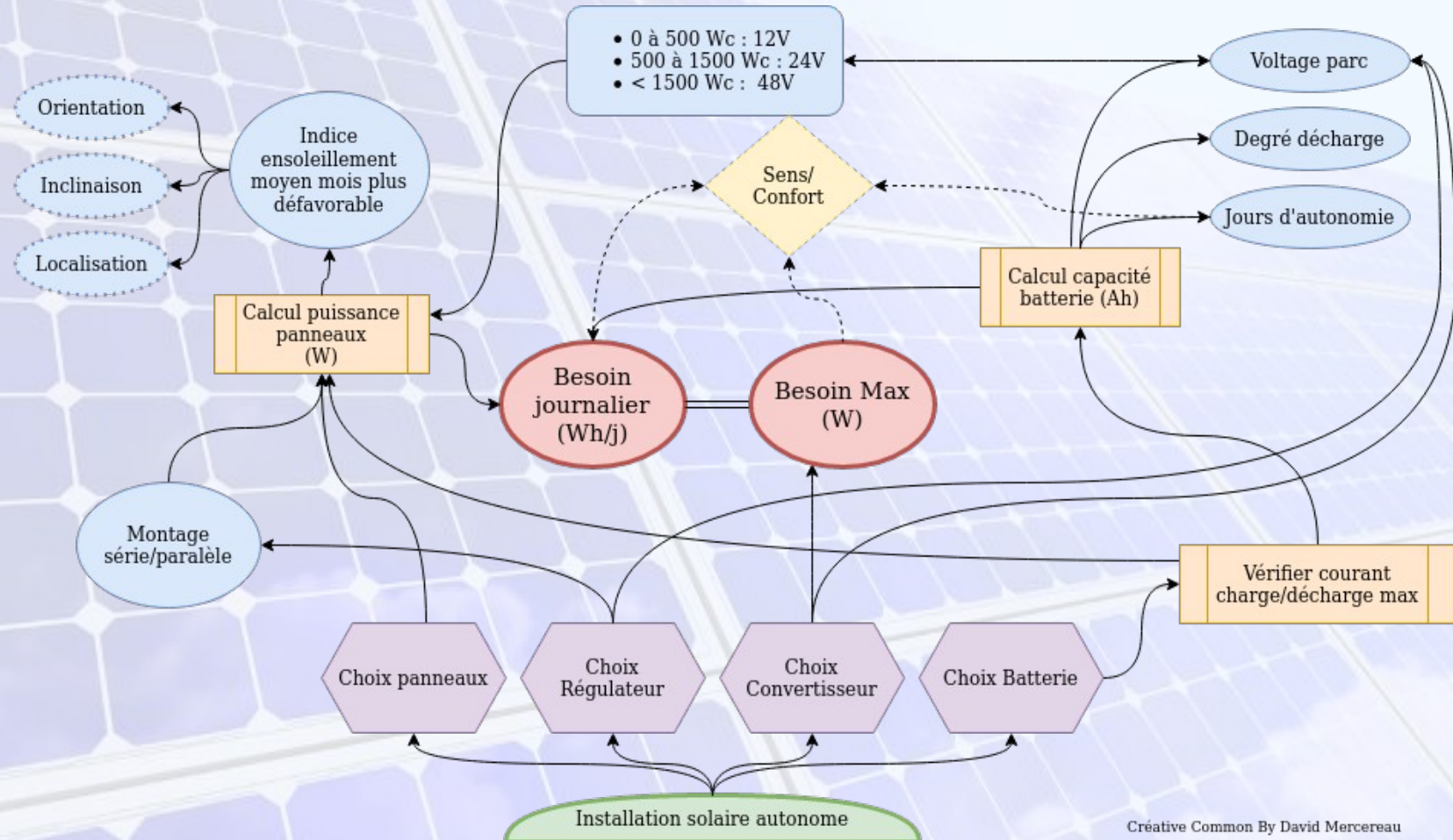
3,5m

4m

4,5m

Fils de terre sur les rails

Schéma de pensée



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 :
 - calcpv.net
 - Pour les Benmahmoud c'est [ici](#)



Faire évoluer son installation

- Possible mais pas simple
 - Batteries : mixer vieille batterie avec neuve = batterie neuve meurt prématurément
 - Panneaux :
 - Dans la limite de l'acceptation du régulateur, sinon 2ème régulateur
 - Dans la limite du courant de charge max admissible par les batteries
 - Convertisseur :
 - Dans la limite du courant de décharge des batteries
- Viser juste c'est encore le mieux à faire...

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 ou du gaz :
 - groupe électrogène



Production secondaire : éolienne

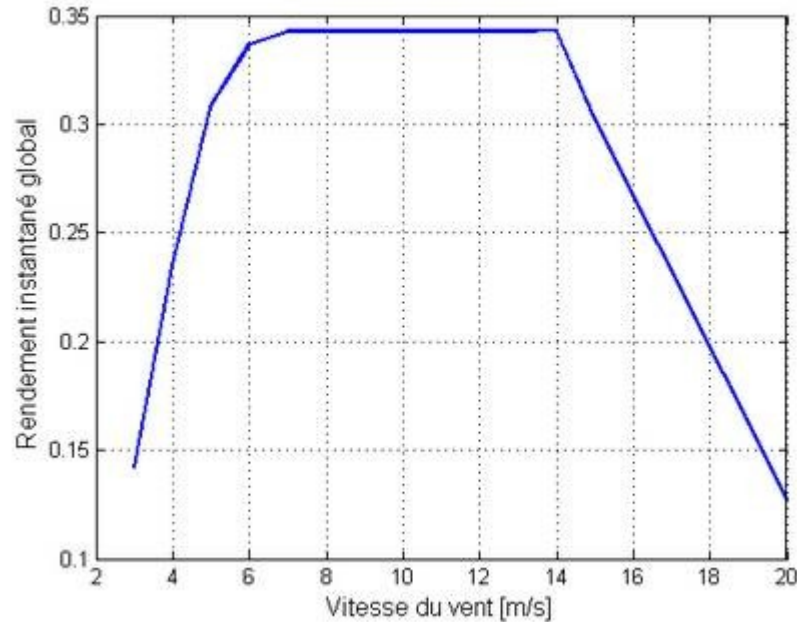
Quelle installation vous paraît la plus pertinente ?



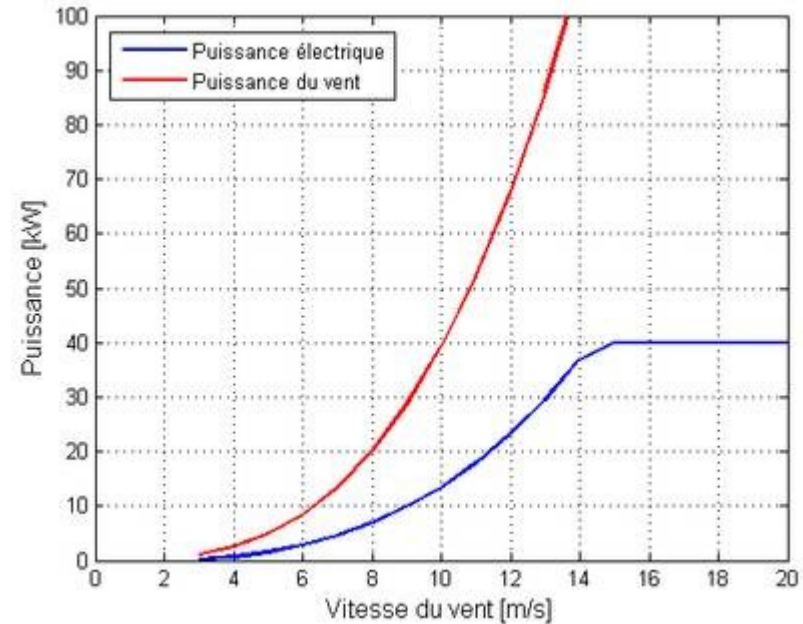
Un youtubeur test une éolienne verticale ici

Production secondaire : éolienne

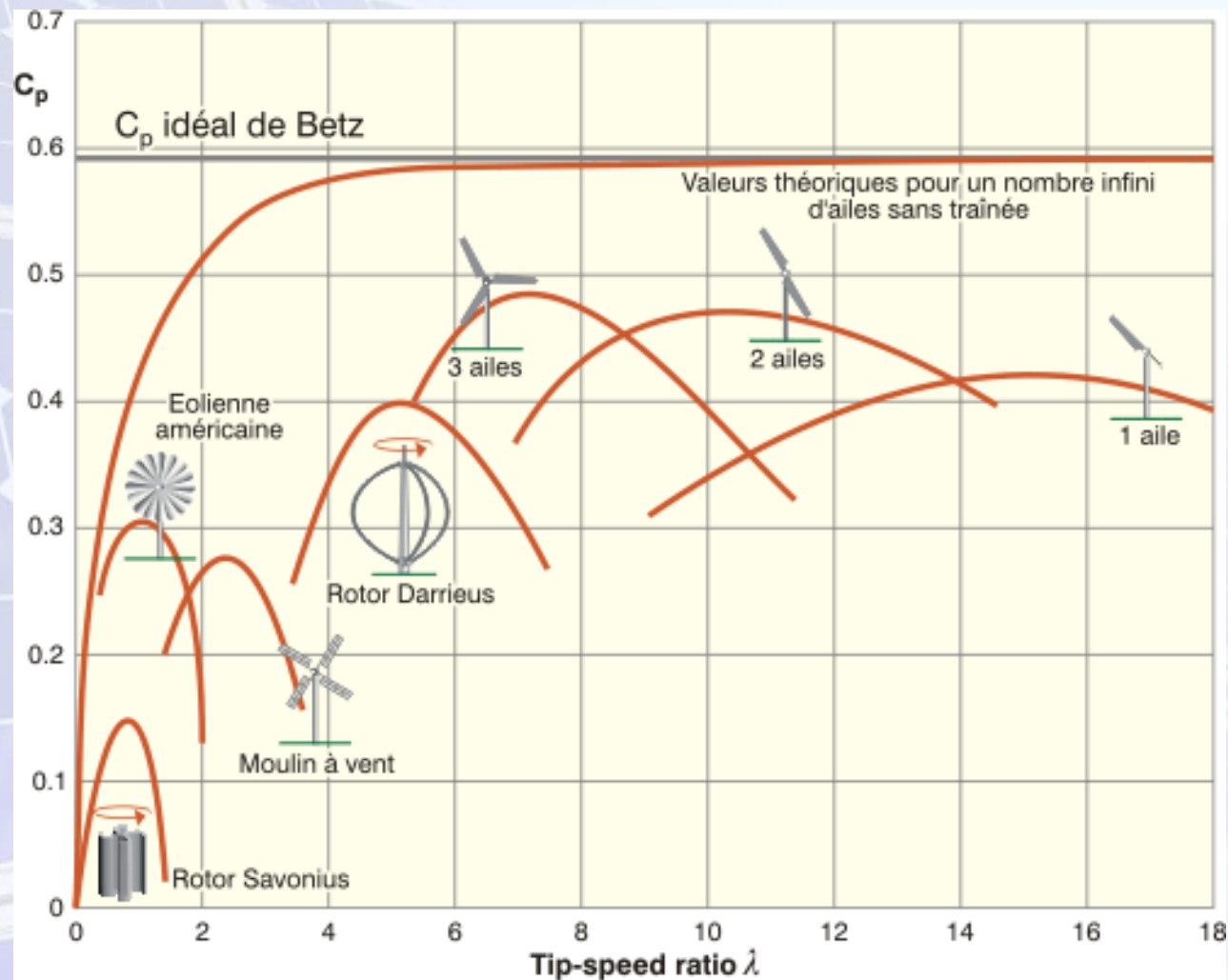
Rendement éolienne



Puissance / vent

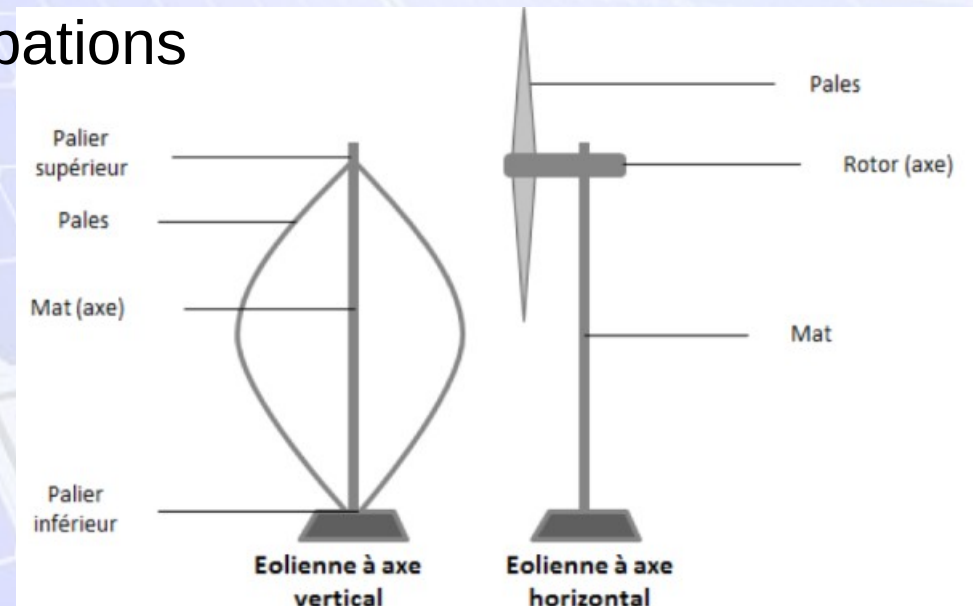


Production secondaire : éolienne



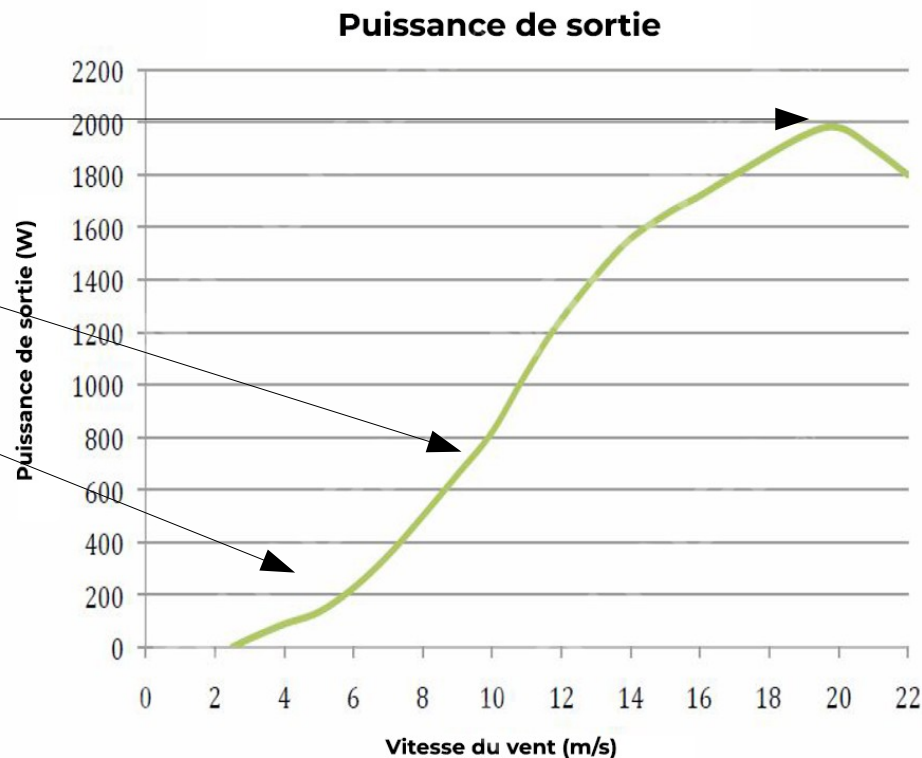
Production secondaire : éolienne

- Axe horizontal : produit à fort vent
 - Produit moins bien à faible hauteur (mini 12m de haut)
 - Mat de 12m = 5 000€
- Axe vertical : produit à faible vent mais pas à fort vent
 - Moins perturbé par les perturbations dues à l'environnement
- Les courbes de production :
 - Vent constant
 - Sans perturbation
 - Bref, conditions de labo...



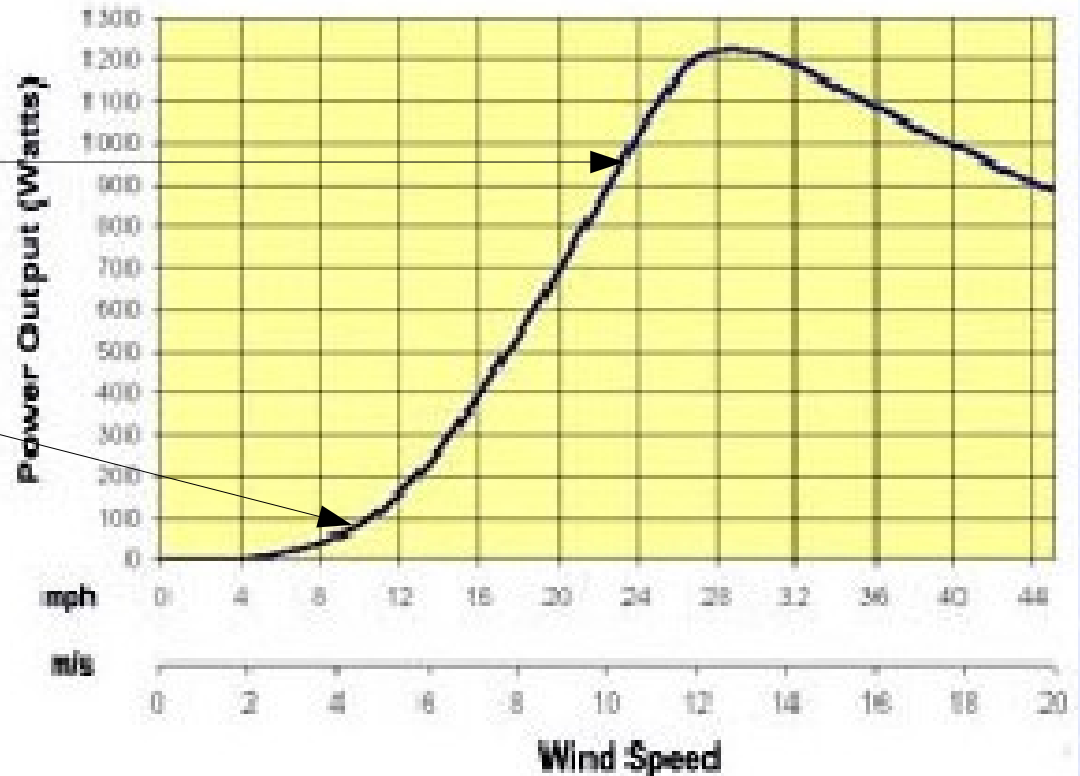
Production secondaire : éolienne

- Éolienne Newmeil x-2000 (pour 2000 W annoncés)
2270€ avec régulateur ou 3100€ avec mat de 5m...
- 2000W à 20m/s (72km/h)
- 35km/h = 800W
- 20km/h (5m/s) = 100W



Production secondaire : éolienne

- Éolienne Bergey Excel 1kW 9 599€ avec régulateur + 5 000€ mat de 12m
- 1000W à 24m/s (86,4km/h)
- 20km/h (5m/s) = 100W



Production secondaire : éolienne

- Aventure de déballage d'une éolienne 300W 12V à 400€ qui ne produit en fait que quelques Watt...



- Analyse poussé d'une éolienne axe vertical en labo puis 4 mois au vent

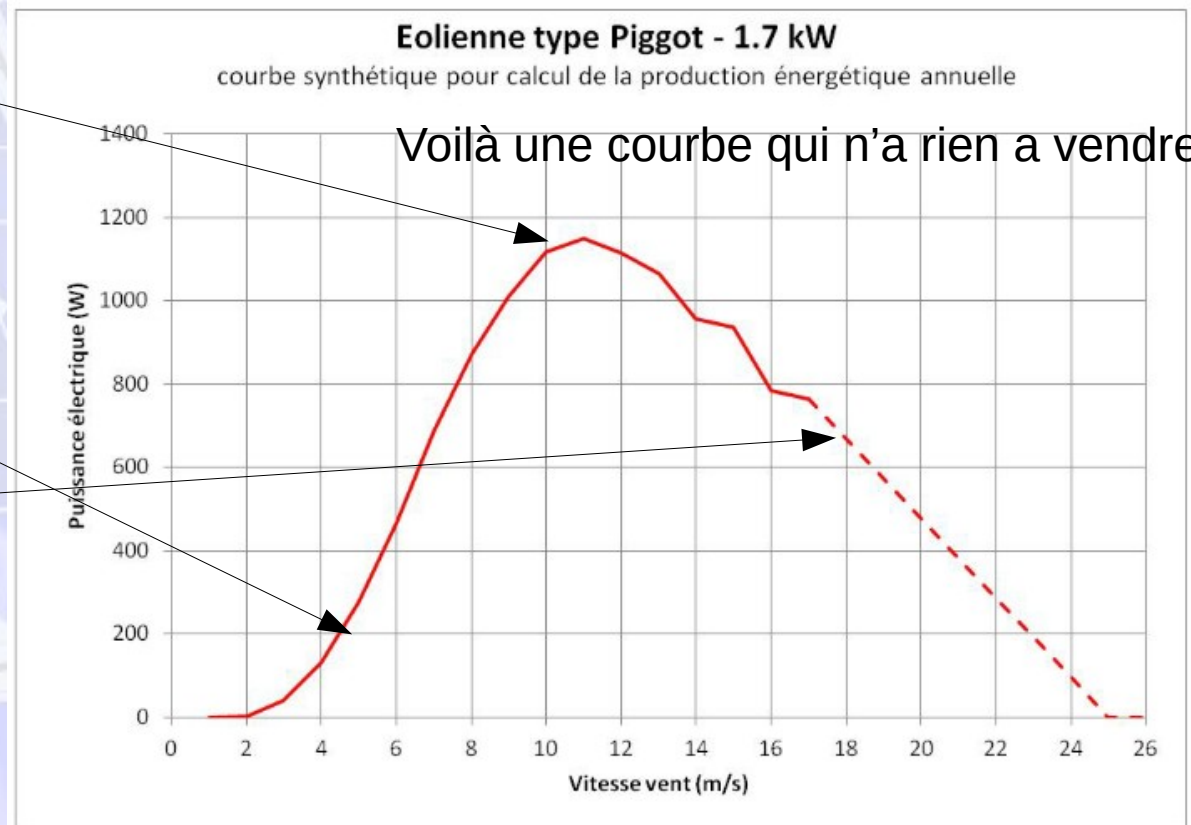
Production secondaire : éolienne

- Éolienne [open source Piggott](#), ~1300 € pour une éolienne de 1500W sans mat et beaucoup de travail (compétences en bois, métal, résine, électricité...)



Production secondaire : éolienne

- Éolienne [open source Piggott](#)
- 1200W à 10m/s (36km/h)
- 20km/h (5m/s) $\sim$ 200W
- 50km/h $\sim$ 600W



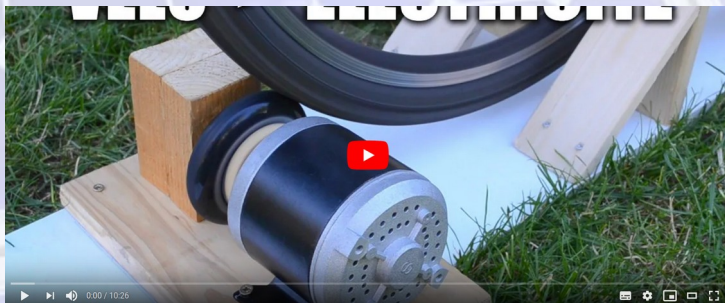
Production secondaire : Hydrolienne

- Géniale car eau présente l'hiver donc bon complément solaire ;
- L'idéal : il faut avoir un court d'eau sur son terrain avec du débit... (complexe hors montagne)
 - Cristof48 : [Turbine Pelton](#)
 - Trop plein d'étang... Même si 20Wh ça fait 480Wh/j en continu...



Production alternative : vélo

- 410W pour un coureur du tour de France en plein effort
- 200W en continu pour un homme en forme
 - Benmahmoud 1000Wh/j
 - Soit 5h de vélo / j
- Incroyable expérience en parle
 - Est-ce écologique ? Viable ?



1h de vélo = 24h d'énergie

Très inexact...!



Human Powered Generator

Monsieur bidouille en parle

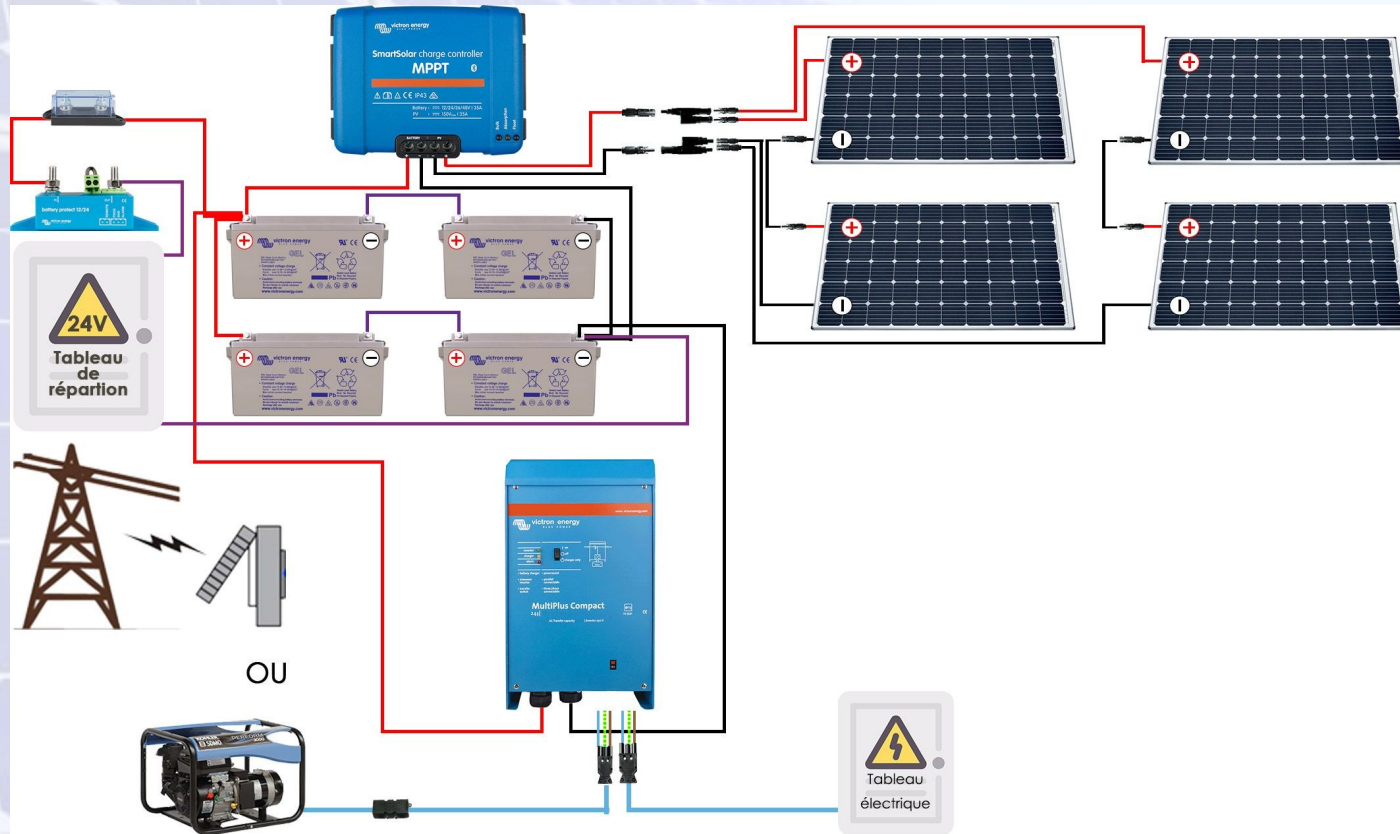
Production : Groupe électrogène

- Uniquement groupe électrogène **inverter**
 - Tension stable
 - Fréquence stable
 - Adapte régime moteur à la puissance demandée donc :
 - Consomme moins (moteur pas toujours à fond)
 - Moins de bruit...
 - Beaucoup plus cher...
 - 1900W : 875€
 - 2600W : 1800€
 - 5000W : 1800€
 - Avec allumage électronique (contact sec) pour que ce soit automatique.

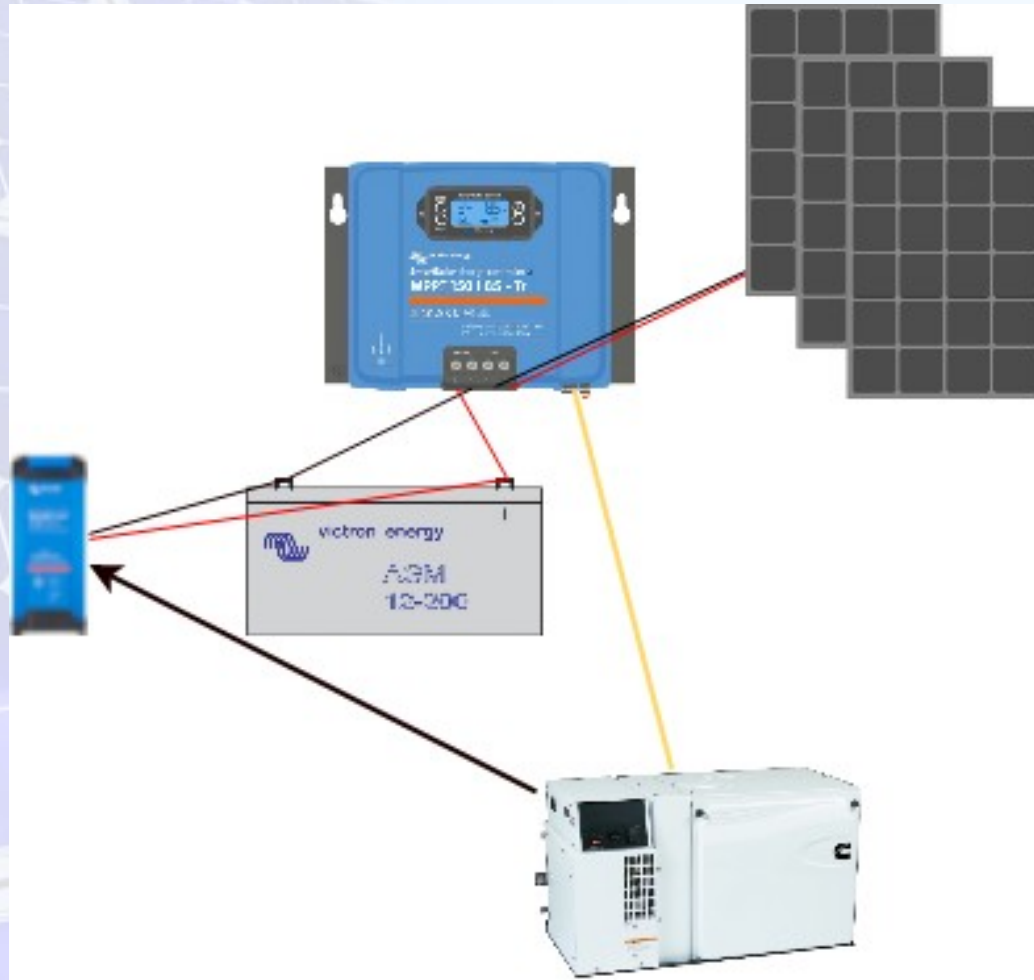
Groupe électrogène

Libellé	Chiffre	Unité
Capacité du parc de batteries	220	Ah
Voltage du parc de batteries	24	V
Capacité de charge du chargeur de batteries	16	A
Soit	384	Wh
Énergie nécessaire pour 1 % de batterie chargée	52,8	Wh
Par heure avec le chargeur je peux charger (% de batterie)	7,27	%
Consommation de carburant du groupe électrogène avec le chargeur de batterie branché	0,4	L/h *
Pour recharger 1 % de batterie, j'ai un besoin en carburant de	0,055	L
Consommation moyenne d'un véhicule	6,25	L/100km
1 % de charge de batterie sur groupe c'est l'équivalent d'un trajet en voiture de	0,88	km
10 % de charge de batterie sur groupe c'est l'équivalent d'un trajet en voiture de	8,8	km

Groupe électrogène sur chargeur/convertisseur



Groupe électrogène avec relai MPPT

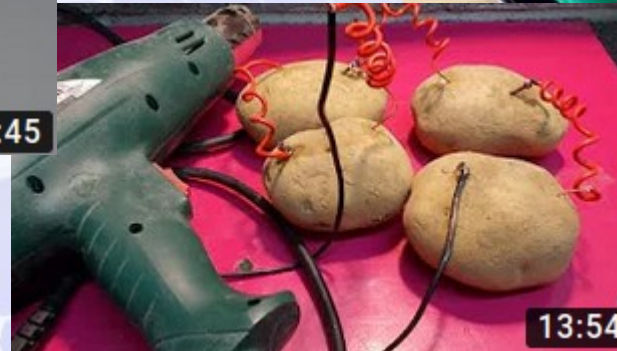
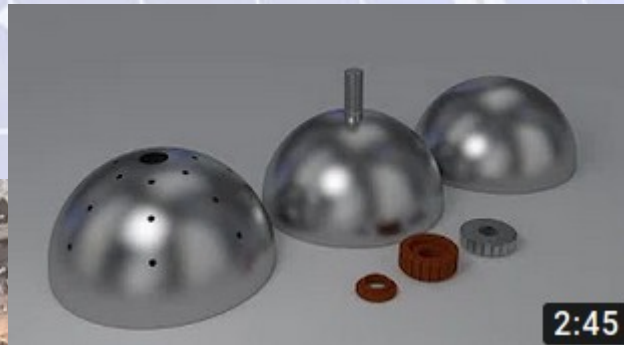


Groupe électrogène avec relai BMV



Production fantasmée...

- Énergie libre, générateur surnuméraire, machin quantique...
 - La plupart basée sur le principe de mouvement perpétuel (encore jamais démontré)
 - Incroyable expérience en parle, monsieur bidouille aussi

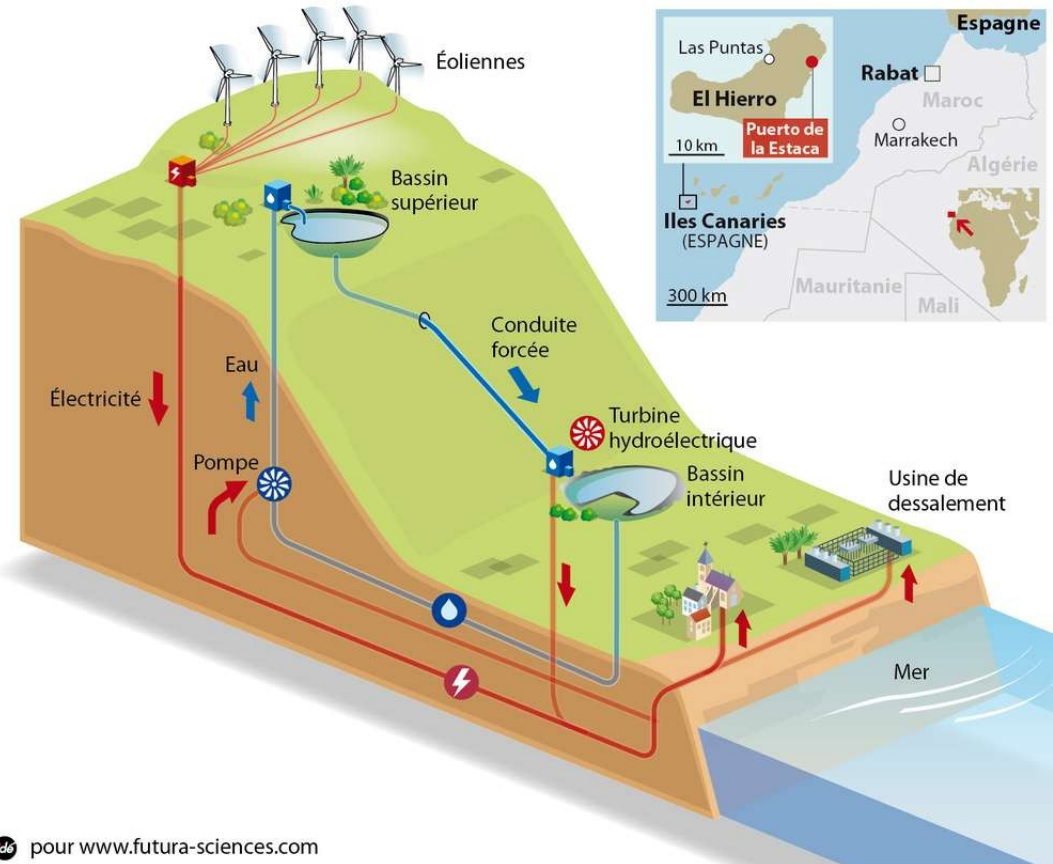


Stockage alternatif : île El Hierro

- 11.000 habitants autonomes
- Avant : 6.000 tonnes de pétrole pour l'énergie
- Maintenant (65 millions d'euros) :
 - Production :
 - 80 % : 5 éoliennes à 64m de haut (c'est une île, vent alizés toute l'année), générateurs hydroélectriques 11,3 MW
 - 20 % Panneaux solaires
 - Stockage : 550.000 m³ situés 700 m plus haut

Stockage alternatif : île El Hierro

Cinq éoliennes et une centrale hydro-éolienne



Stockage alternatif : île El Hierro



Stockage alternatif : eau gravité

- Énergie potentielle = $(G \times M \times D \times P) / 3600$
 - G = gravité = 9,81
 - M = masse (eau stocké partie haute) en kilogramme
 - D = dénivélé entre les 2 réservoirs en mètre
 - P = pertes = 0,75 (frottement, chaleur...)
 - $/ 3600$ = conversion des joules en Wh

Stockage alternatif : eau gravité

- 1 cuve (tonne à eau de 1000L) à 5m
 - $(9,81 \times 1000\text{kg} \times 5\text{m} \times 0,75) / 3600 = 10,21\text{Wh}$ (1 ampoule LED pendant 1h)
- 1 cuve (tonne à eau de 1000L) à 10m
 - $(9,81 \times 1000\text{kg} \times 10\text{m} \times 0,75) / 3600 = 20,42\text{Wh}$ (2 ampoules LED pendant 1h)
- 8000L d'eau à 5m de haut :
 - $(9,81 \times 8000\text{kg} \times 5\text{m} \times 0,75) / 3600 = 81\text{Wh}$ (2h de PC...)

Stockage alternatif : eau gravité

- Coût important : 2000€ une turbine pour générer du courant avec la chute d'eau, la structure / les bassins, une pompe...
- Pour les Benmahmoud, il faudrait 50 000L d'eau à 10M de haut (50 Tonnes à 10 M...) pour satisfaire leurs besoins de 1000Wh/j de stockage (la batterie plomb nous permet 3000Wh/j de stockage)
 - $1000L \times 1000W / 20W = 50000L$ (produit en croix)

Stockage alternatif : volant inertie



MONSIEUR BIDOUILLE
Vulgarisation technique

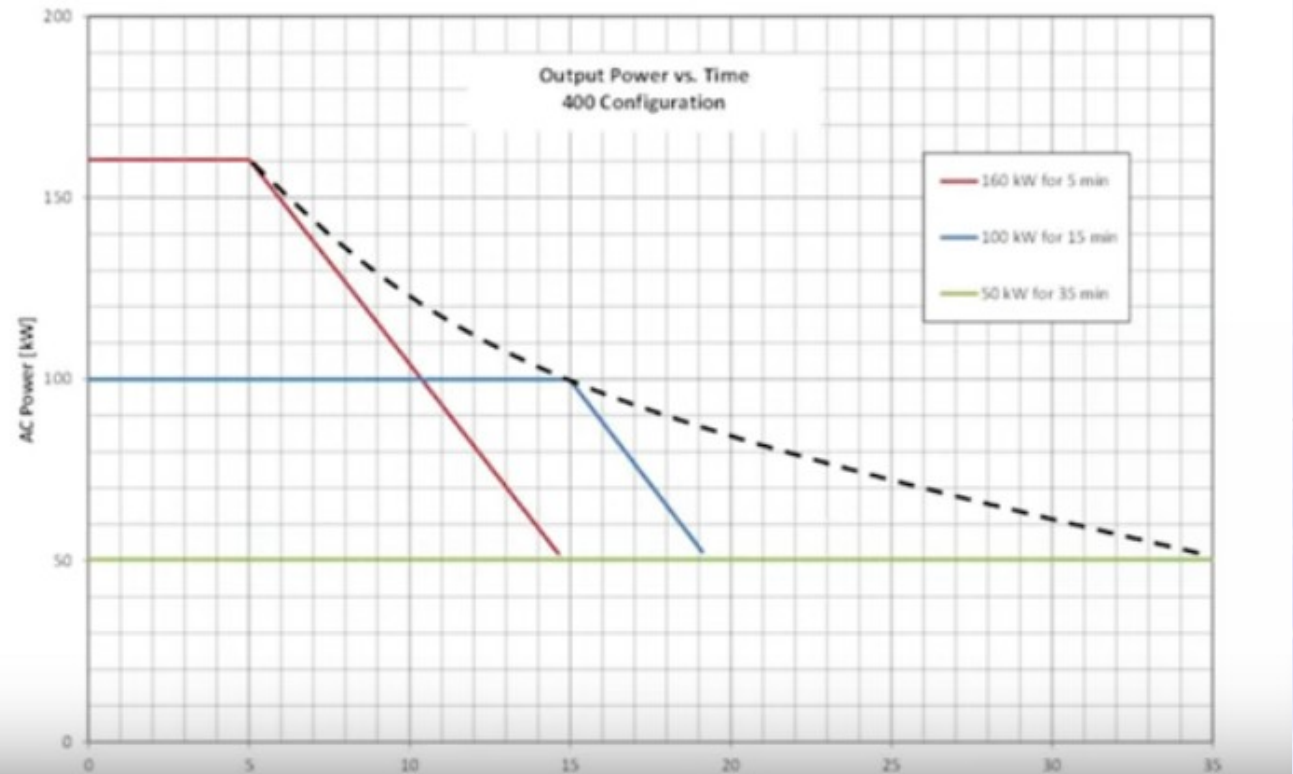
 Une batterie mécanique avec un disque en rotation ? - ...

monsieur bidouille

Stockage alternatif : volant inertie



Beacon Power 400
Performance Specifications



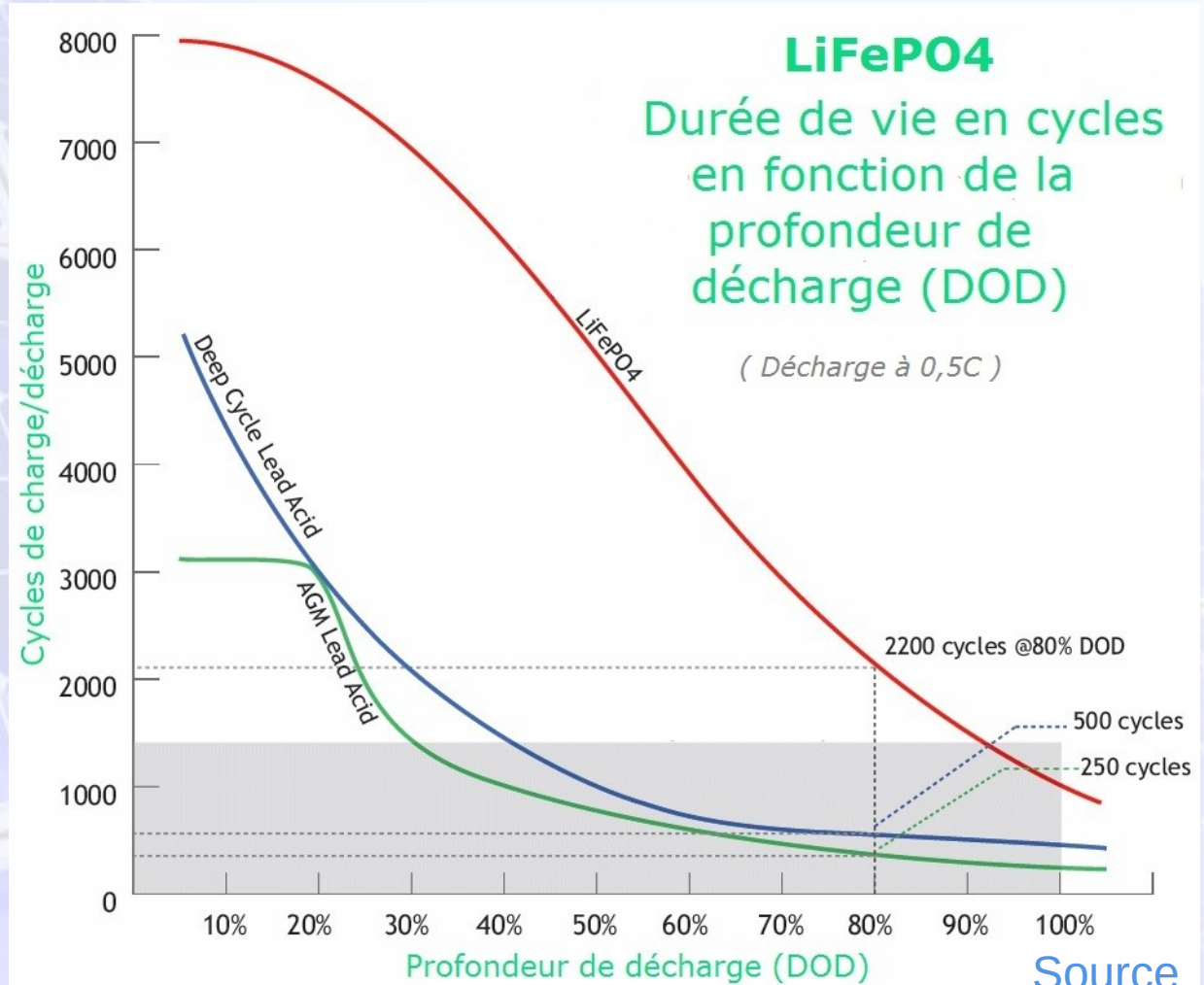
Le mot sur le lithium

Paramètres dimensionnement :

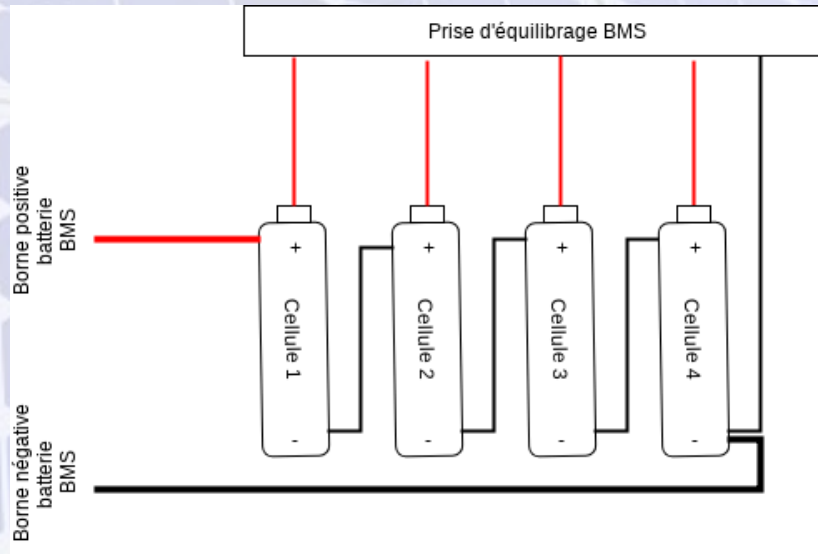
- Courant charge 0.5C
- Courant décharge 1C
- Degré de décharge 50 %

Comparaison prix/cycle :

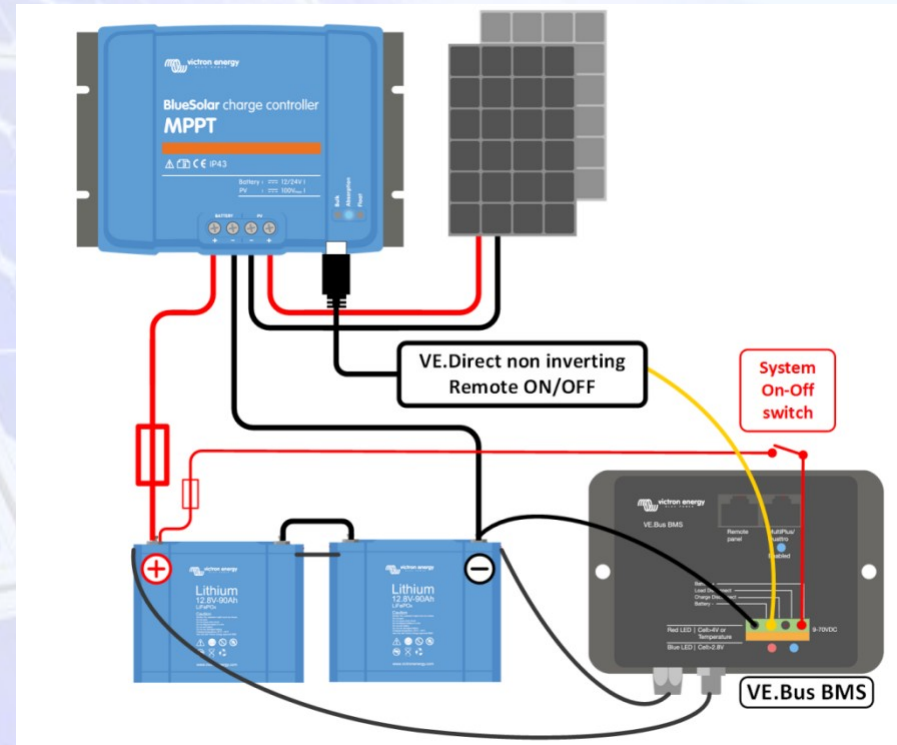
- AGM plomb : **174 €** pour 100Ah = 3000 cycles à 20 %
donc $240\text{Wh} \times 3100 = 744000\text{Wh}$
- équivalent Litium LiFePO4 avec BMS : $744000 / 5000$ cycles (à 50%) soit $148\text{Wh} / 12\text{V} = 12\text{Ah}$ (une 20Ah = **350€**)



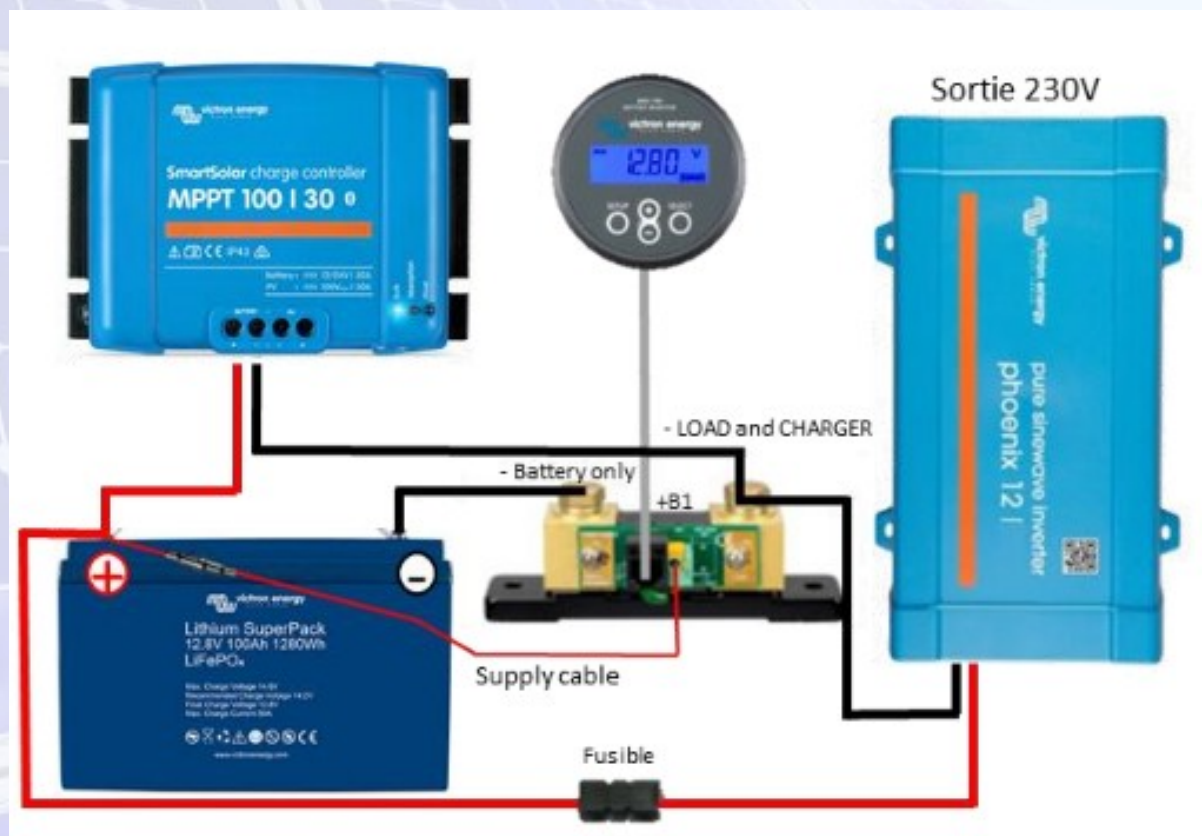
Lithium et BMS (Battery Management System)



Plus d'info



Lithium et BMS intégré



Des batteries lithium (LiFePO₄) des Benmahmoud ?

Pour du LiFePO₄, il y a des contraintes :

- SOC de décharge conseillé : 50 %
- Courant de décharge max : ~100%
 - Exemple : batterie de 100Ah, le courant de charge est de 100A
- Courant de charge : ~50%
- Capacité inférieure avec baisse température exemple : :
 - Capacité nominale @ 25° : 20Ah
 - Capacité nominale @ 0° : 16 Ah

Des batteries lithium (LiFePO4) 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 **50 %**
- 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

Des batteries lithium (LiFePO4) des Benmahmoud ?

Donc dans notre cas :

$$\text{Cap} = (1000\text{Wh/j} \times 2\text{j}) / (0.50 \times 24\text{V}) = \mathbf{166 \text{ Ah}}$$

Hypothèse : 1 batterie de 180Ah 24V (BMS intégré)

Budget : 4 755€

Des batteries lithium (LiFePO4) des Benmahmoud ?

Pour le courant de charge max :

Les panneaux :

- $1000\text{Wc} / 24\text{V} = 41,6\text{A}$

Les batteries :

- $180\text{Ah} \times 50/100 = 90\text{A}$ de courant de charge max

Large...

Des batteries lithium (LiFePO4) des Benmahmoud ?

Courant de décharge max

Les batteries :

- $180\text{Ah} \times 100/100 = 180\text{A}$ 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 !

18650 le recyclage / batterie gratuite



Vidéo de « permaculture agroécologie etc... » :
<https://www.youtube.com/watch?v=aH0qTRe6ZTk>

18650 le recyclage / batterie gratuite :

Protocole de test

- Récup' démontage
- Tension de départ (en l'état) $> 2V$
- Un $RI < 300$
- Capacité encore $> 2000mA$
- Un voltage en fin de charge $> 4V$
- Une autodécharge après 1 mois $< 0,07V$

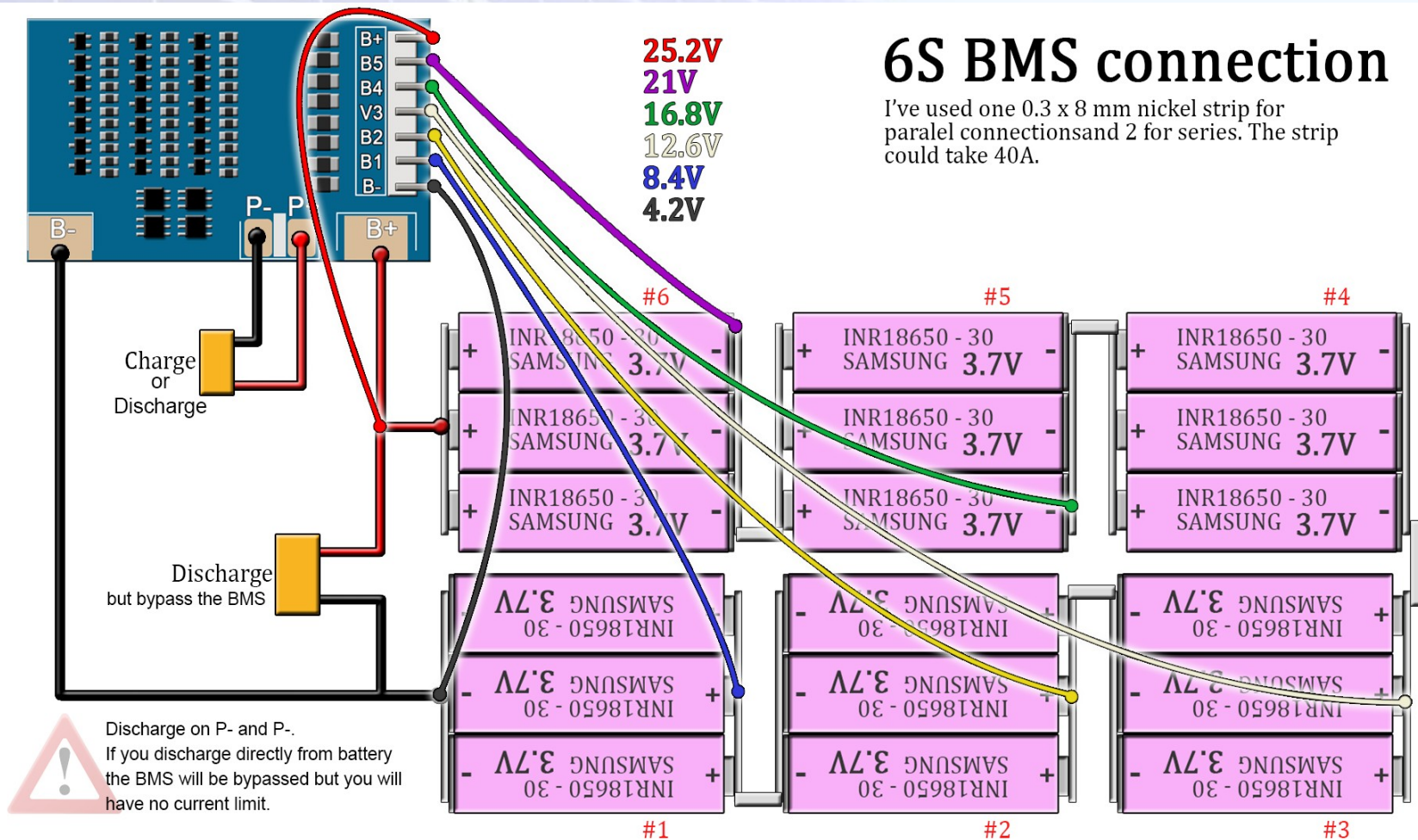


18650 le recyclage / batterie gratuite :

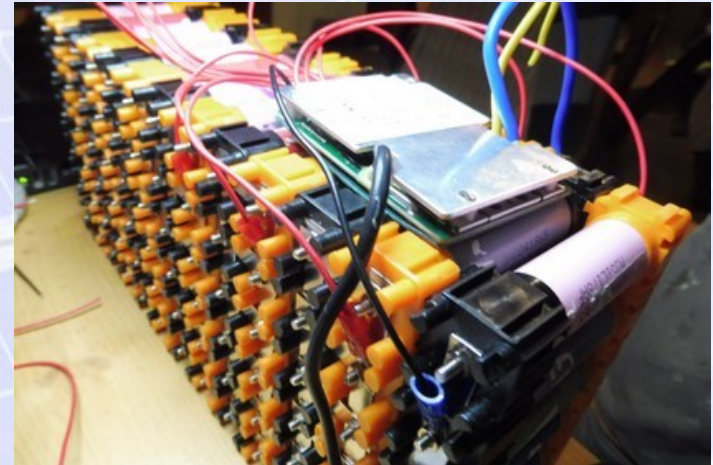
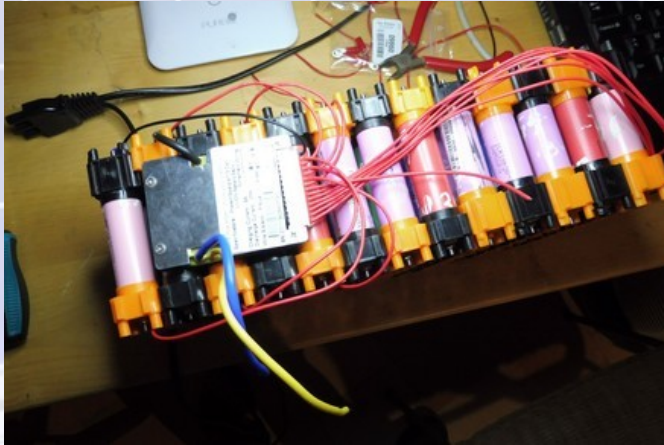
Protocole de test

	Voltage initial	Date	(Charge test) en Ma	>2000	Voltage fin test	>4V	Date mesure autodécharge	Autodécharge (+)	Auto-décharge diffé.	<0,07	RI	<300	Résultat
1	2,3	08/08/19	1544	0	4,14	1	17/12/19	4,09	0,05	1	127	1	3
2	2,6	08/08/19	2132	1	4,19	1	17/12/19	4,13	0,06	1	108	1	4
3	2,9	08/08/19	2243	1	4,19	1	17/12/19	4,14	0,05	1	138	1	4
4	2,7	08/08/19	2318	1	4,19	1	17/12/19	4,1	0,09	1	118	1	4
3	2,9	08/08/19	2243	1	4,19	1	17/12/19	4,14	0,05	1	138	1	4
4	2,7	08/08/19	2318	1	4,19	1	17/12/19	4,1	0,09	1	118	1	4
5	2,24			0		0	17/12/19		0,00	1		0	1
6	2,5	09/08/19	1668	0	4,16	1	17/12/19	4,09	0,07	1	122	1	3
7	4,1	09/08/19	2490	1	4,19	1	17/12/19	4,19	0	0	132	1	3
8	3,92	09/08/19	653	0	4,16	1	17/12/19	4,05	0,11	0	228	1	2
9	0			0		0	17/12/19		0,00	1		0	1
10	2,3	29/12/19	1771	0	4,15	1	27/01/20	4,11	0,04	1	146	1	3
11	2,66	09/08/19	2266	1	4,18	1	17/12/19	4,11	0,07	1	94	1	4
12	3,92	10/08/19	267	0	4,12	1	17/12/19		4,12	0		0	1
13	3,87	10/08/19	2573	1	4,12	1	17/12/19	4,11	0,01	1	111	1	4
14	2,79	10/08/19	2479	1	4,15	1	17/12/19	4,14	0,01	1	120	1	4
15	2,61	11/08/19	2160	1	4,17	1	17/12/19	4,15	0,02	1	150	1	4
16	3,01	11/08/19	2448	1	4,19	1	17/12/19	4,15	0,04	1	145	1	4
17	3,61	11/08/19	2043	1	4,18	1	17/12/19	4,13	0,05	1	154	1	4
18	2,5	11/08/19	2323	1	4,19	1	17/12/19	4,14	0,05	1	132	1	4
19	3,62	12/08/19	2062	1	4,11	1	17/12/19	4,08	0,03	1	238	1	4
20	3,63	12/08/19	2004	1	4,11	1	17/12/19	4,08	0,03	1	120	1	4
21	3,55			0		0	17/12/19		0,00	1		0	1
22	3,99	12/08/19	861	0	4,11	1	17/12/19	4,07	0,04	1	159	1	3
23	2,56	13/08/19	2243	1	4,13	1	17/12/19		4,13	0	103	1	3
24	2,78	13/08/19	2336	1	3,96	0	17/12/19	3,95	0,01	1	137	1	3
25	3,58	13/08/19		0		0	17/12/19		0,00	1		0	1
26	3,08	13/08/19	2063	1	3,99	0	17/12/19	3,98	0,01	1	116	1	3
27	3,91	15/08/19	32	0	4,15	1	17/12/19	4,03	0,12	0	1160	0	1
28	2,96	15/08/19	2050	1	4,2	1	17/12/19	4,1	0,10	0	137	1	3
29	4,05	15/08/19	2522	1	4,18	1	17/12/19	4,13	0,05	1	112	1	4
30	3,14	15/08/19	2534	1	4,16	1	17/12/19	4,11	0,05	1	137	1	4
31	4,05	16/08/19	2440	1	4,13	1	17/12/19	4,11	0,02	1	112	1	4
32	3,49	16/08/19	1278	0	4,18	1	17/12/19		4,18	0		0	1
33	2,67	16/08/19	2500	1	4,15	1	17/12/19	4,13	0,02	1	123	1	4
34	3,49	16/08/19	1427	0	4,1	1	17/12/19	4,08	0,02	1	168	1	3
35	2,7	19/08/19	2331	1	4,18	1	17/12/19	4,14	0,04	1	168	1	4
36	3,5	19/08/19		0		0			0,00	1		0	1
37	3,6	19/08/19	1573	0	4,13	1	17/12/19	4,08	0,05	1	150	1	3
38	2,7	19/08/19	2280	1	4,19	1	17/12/19	4,15	0,04	1	188	1	4
39	2,49	20/08/19	1664	0	4,16	1	17/12/19	4,09	0,07	1	168	1	3
40	3,09	20/08/19	2084	1	4,14	1	17/12/19	4,026	0,11	0	125	1	3
41	3,63	20/08/19	2145	1	4,18	1	17/12/19	4,14	0,04	1	128	1	4
42	3,61	20/08/19	1505	0	4,19	1			4,19	0	179	1	2
43	3,58	26/08/19	1424	0	4,15	1	17/12/19		0,08	1	156	1	3
44	3,39	26/08/19	2172	1	4,18	1	17/12/19	4,14	0,04	1	208	1	4
45	2,68	26/08/19	2563	1	4,19	1	17/12/19	4,15	0,04	1	125	1	4
46	2,46	26/08/19	2372	1	4,18	1	17/12/19	4,14	0,04	1	111	1	4
47	3,91	28/08/19	33	0	4,12	1	17/12/19	4,03	0,09	1	1106	0	2
48	2,7	28/08/19	1630	0	4,13	1	17/12/19	4,1	0,03	1	124	1	3
49	2,32	28/08/19	2274	1	4,19	1	17/12/19	4,14	0,05	1	98	1	4
50	2,44	28/08/19	2116	1	4,15	1	17/12/19	4,13	0,02	1	163	1	4

18650 le recyclage / batterie gratuite : BMS



18650 le recyclage / batterie gratuite : assemblage



18650 le recyclage / batterie gratuite

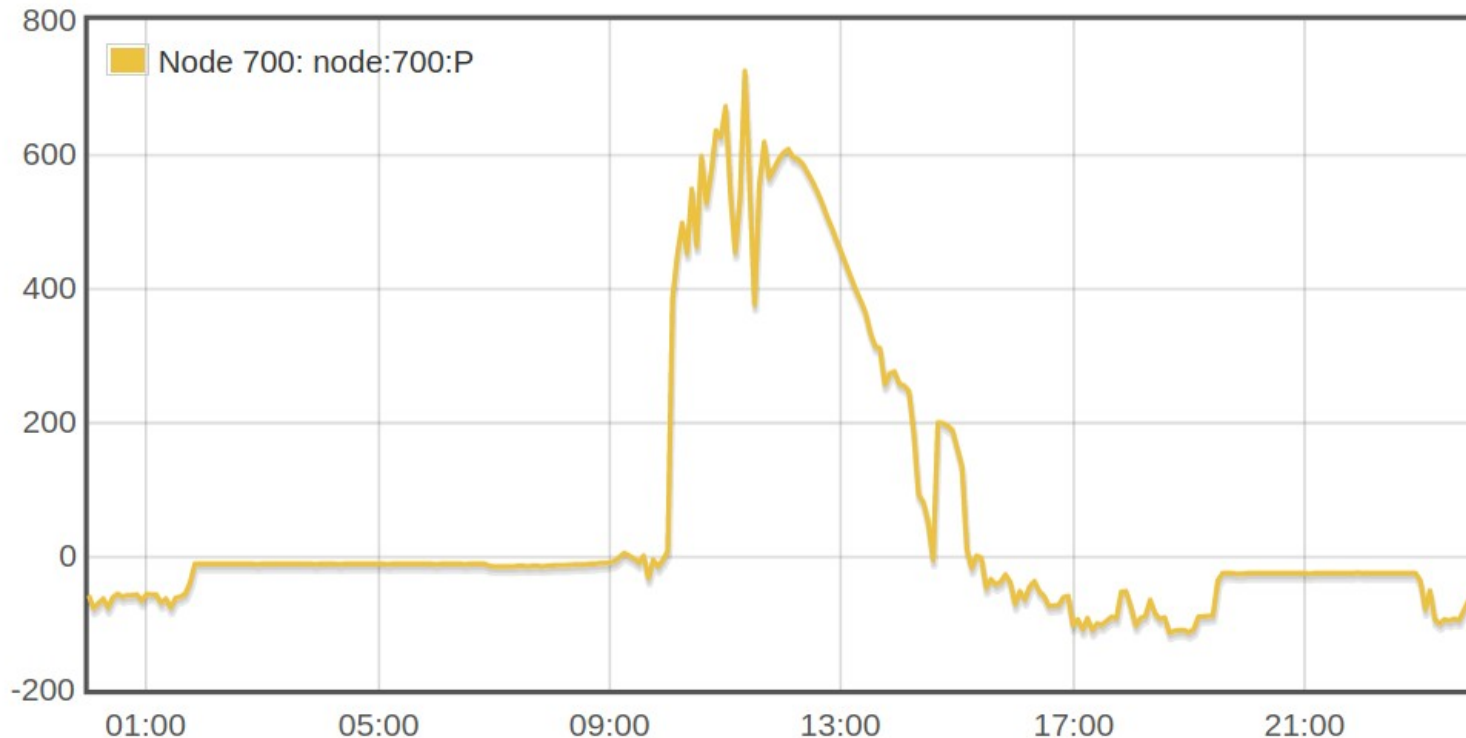
- J'ai fait une batterie 13Ah, 48V (13S 6P), pour ça il m'a fallu :
 - 35 batteries de PC donc ~200 cellules
 - 165 on été testées : 52 jours de boulot (4 slots pour 1 chargeur, chargé au soleil...)
 - Pour en sortir ~80 de bonnes... soit 40 %
- Projection pour une batterie de récup pour les Benmahmoud équivalent 220Ah plomb DD 30 % ça fait 132Ah 24V en lithium à 50 % de DD
 - Il faudrait ~66P (2A/cel) x 6S (~4V*6=24V)
 - Soit 396 cellules de bonnes à trouver, si on considère 40 % de cellules bonnes sur l'ensemble, il faut en récupérer 990
 - Soit récupérer ~165 batteries de PC usagées... (à 6 cel/bat)
 - ~260j de boulot avec 1 testeur 4 slot... que la phase de test charge...

Économiser le bruit de fond nocturne

Sur une (petite) nuit (7h), 15W ça fait 105Wh

Convertisseur :	8W
2 télérupteurs :	2W
Timer analogique :	2W
PC éteint :	2W

15W

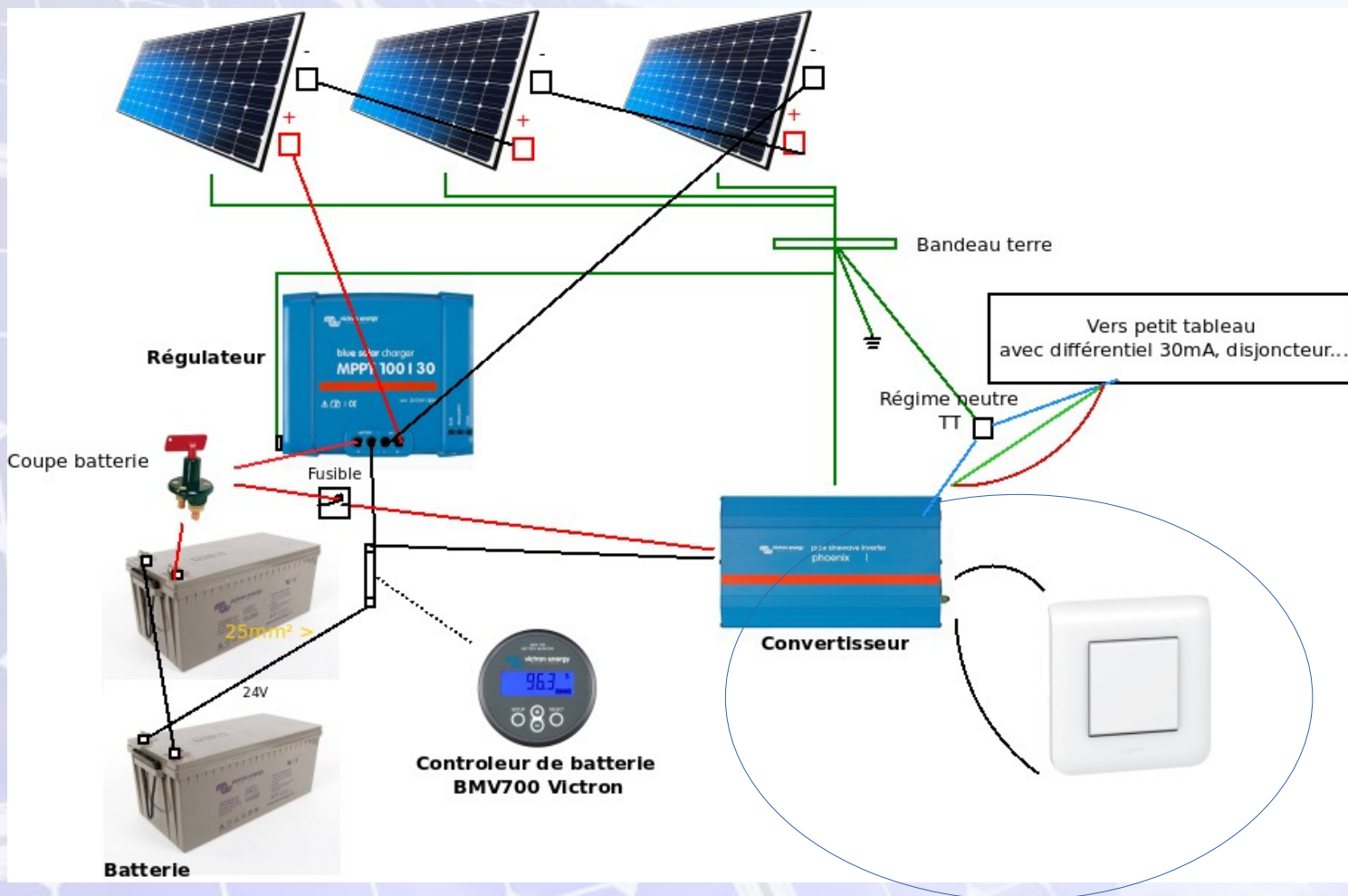


Économiser le bruit de fond nocturne

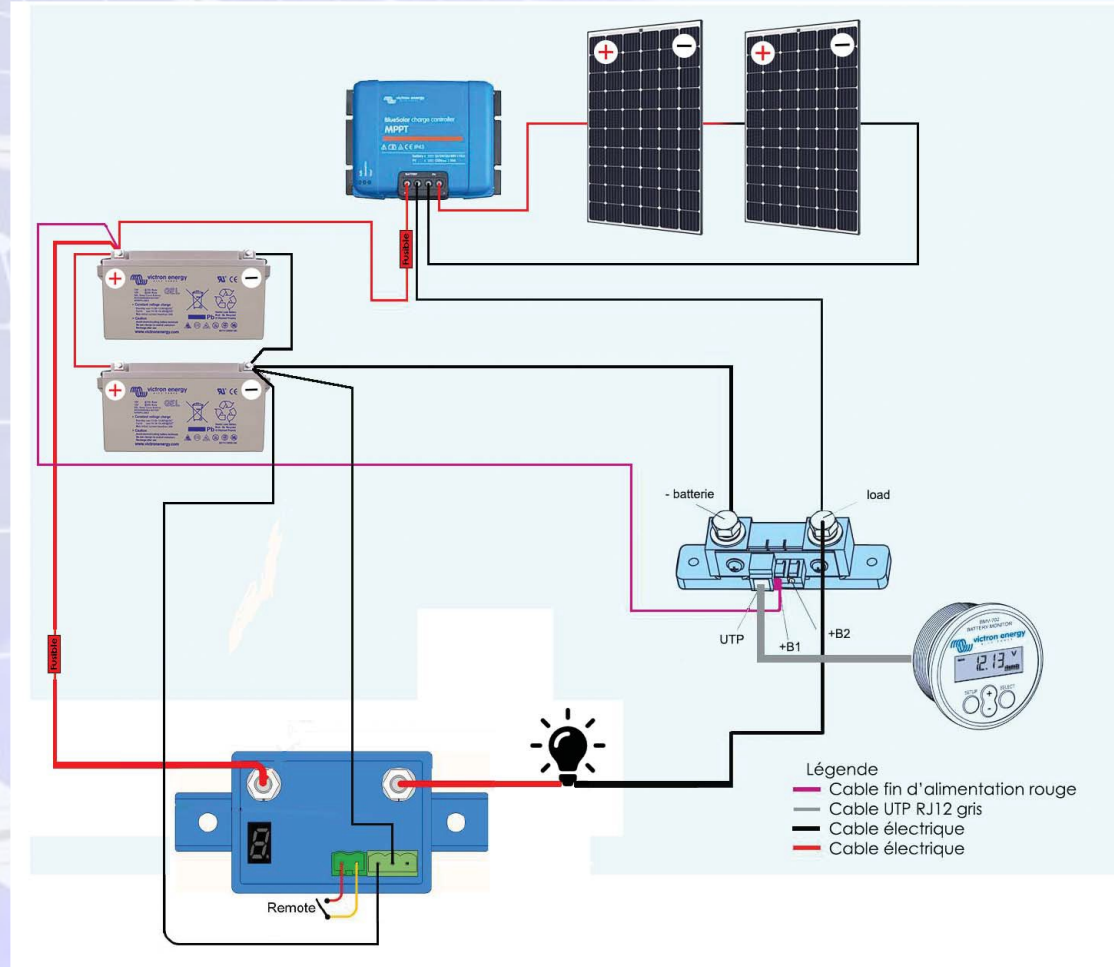
Arrière d'un convertisseur



Économiser le bruit de fond nocturne



Couper avant décharge profonde (batteryProtect)



Couper avant décharge profonde (batteryProtect)

- Il se choisit selon :
 - la tension du parc (12, 24V...)
 - Le courant maximum qui peut transiter (charge ou décharge)
 - 1000Wc de PV sur une batterie 24V ça fait 41A potentiel
- Plus de lecture

Le contrôleur de batterie

- Indispensable et en même temps à prendre avec du recul
 - Un jour un fabricant de batterie m'a dit: "- Tu sais pourquoi tu ne trouveras jamais un contrôleur de batterie fabriqué par un fabricant de batteries ?" J'ai cherché ... ([source](#))
 - « J'ai le cas d'un client dans le jura, le BMV indiquait 100%, des fois 98%, sur des batteries Hoppecke 2V. Je l'ai fait sortir le pèse acide, qui aurait du être entre 1,22 et 1,24. Il avait 1.10 (soit décharge profonde à moins de 30% de SOC) Conclusion: BMV = super intéressant, pas du tout inutile, mais très complexe, il permet à l'utilisateur de surveiller ses batteries, et de comprendre comment le système fonctionne » ([source](#))
- Paramétrage fin = moins de risque d'erreur
 - <https://david.mercereau.info/?p=5957>

Petit « problème » mathématique facile

- Si j'ai un appareil de 52W branché pendant 2h sur un parc batteries de 220Ah, 24V qui est à 100 %, à quel pourcentage de ma batterie est-ce que je serai au bout de 2h ? (sachant qu'il n'y a plus de production solaire)

$220\text{Ah} \times 24\text{V} = 5280\text{Wh}$ stocké dans la batterie

$5280 / 100 = 52,8\text{Wh}$ (1 % c'est 52Wh)

Donc on sera à 98 % dans 2h...

Petit « problème » mathématique moins facile

- Si j'ai un appareil de 250W branché pendant 2h sur un parc batteries de 220Ah, 24V qui est à 90 %, à quel pourcentage de ma batterie est-ce que je serai au bout de 2h ?

$220\text{Ah} \times 24\text{V} = 5280\text{Wh}$ stockés

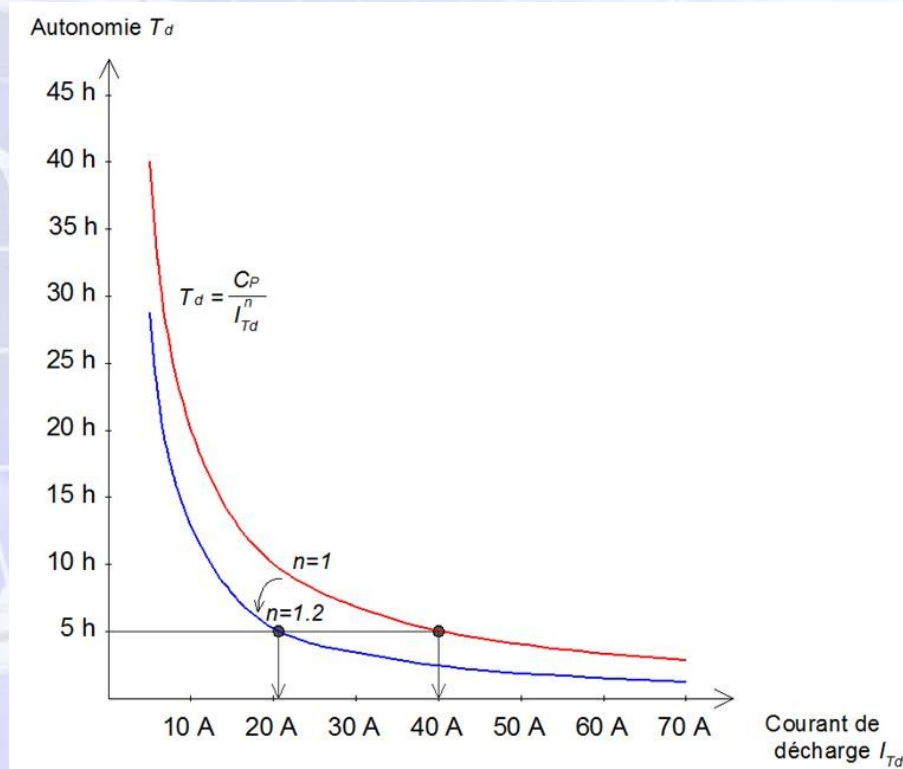
$5280 / 100 = 52,8\text{W}$ (1 % c'est 52Wh)

$250\text{Wh} \times 2\text{h} / 52,8 = 9,46 \%$

$90 \% - 9,46 \% = 80,5 \%$

Le contrôleur de batterie : Exposant Peukert

- L'exposant de Peukert permet de quantifier la dépendance de la capacité par rapport au courant de décharge.



Le contrôleur de batterie :

Exposant Peukert

- En général :
 - 1,25 pour le plomb-acide
 - 1,05 pour le lithium
- Calculer VOTRE coefficient de Peukert
 - Capacité en C20
 - Capacité en C1.
 - Ensuite vous pouvez indiquer ces informations dans une calculatrice d'exposant Peukert comme celle-ci : <https://fr.planetcalc.com/2268/> (sinon le calcul est [ici](#))
- Par exemple pour une **AGM 220Ah Deep cycle** :
 - C20 (décharge en 20h) elle est donnée pour 220Ah
 - C1 (décharge en 1h) elle est donnée pour 65% donc 143Ah ($220 \times 0,65$)
 - Le résultat de la calculatrice de coefficient Peukert est donc de 1.17 pour cette batterie ([voir le calcul](#)).

Durée de décharge	Tension finale V	AGM 'Deep Cycle' %
20 heures	10,8	100
10 heures	10,8	92
5 heures	10,8	85
3 heures	10,8	78
1 heure	9,6	65
30 minutes	9,6	55
15 minutes	9,6	42
10 minutes	9,6	38
5 minutes	9,6	27
5 secondes		8 C

Le contrôleur de batterie : Peukert

- Formule de Peukert (simplifiée) : $I^n \times T = C$
 - I = courant
 - n = Coef de Peukert
 - Plomb : 1.25 (1,17 pour les Bernarmoud)
 - Litium : 1.05
 - T = Temps en heure

Le contrôleur de batterie : Peukert

- Formule de Peukert simplifiée : $I^n \times T = C$
 - I = courant
 - n = Coef de Peukert
 - Plomb : 1.25 (1,17 pour les Bernarmoud)
 - Litium : 1.05
 - T = Temps en heure
- Quelle capacité consommée pour un courant de 5A en 1h :
 - $5A^n \times 1h = 6,5Ah$
- Si on part de 100 % à 220Ah, la capacité restant est donc :
 - $220Ah - 6,5Ah = 213,5Ah$ restant
- Produit en croix pour le %
 - $(213 \times 100) / 220 = 97 \%$

Paramétrage BMV :

01 Battery capacity (Capacité de batterie)

Capacité en C20 (voir la doc de votre batterie)

Pour les Bernarmour : 220Ah

Exemple

- 1 batterie de 220Ah/12V seule : 220
- 2 batteries 220Ah/12V en série : 220
- 2 batteries 220Ah/12V en parallèle : 440
- 4 batteries 220Ah/12V en série : 220
- 4 batteries 220Ah/12V 2 séries de 2 parallèles : saisissez 440

Paramétrage BMV :

02. Charged Voltage (Tension chargée)

La tension de la batterie doit être supérieure à cette valeur pour que celle-ci soit considérée comme pleine. Le paramètre de tension chargée doit toujours être légèrement en dessous de la tension de l'état de charge du chargeur (en général 0,2V ou 0,3V en dessous de la tension float du chargeur).

Tension "float" du régulateur = tension float de vos batteries. Si je prends pour exemple une batterie [AGM Victron](#), la documentation dit une tension float de 13,5 -13,8V. Mon régulateur doit avoir la même tension de float.

Sur le BMV indiquer tension "float" du régulateur -0,2/0,3V.

Si vous avez 2 batteries 12V en série, multiplier la tension chargée par 2 (exemple une tension de float 13,8 est à 27,6 pour 2 batteries 12V en série)

	Float Service (V)	Cycle service Normal (V)
Victron AGM 'Deep Cycle'		
Absorption		14,2 - 14,6
Float	13,5 - 13,8	13,5 - 13,8
Storage	13,2 - 13,5	13,2 - 13,5

Paramétrage BMV :

03. Tail current (Courant de queue)

Une fois que le courant de charge a chuté en dessous du courant de queue spécifié (exprimé en pourcentage de la capacité de la batterie), la batterie sera considérée comme étant entièrement chargée. Remarque : Certains chargeurs de batterie cessent de charger si le courant descend en dessous d'un seuil spécifique. Le courant de queue doit être paramétré avec une valeur supérieure à ce seuil.

Par défaut c'est à 4% :

- 2% pour l'usage en solaire avec batterie plomb
- 4% pour le lithium

Paramétrage BMV :

04 Charged detection time (Durée de pleine charge)

Il s'agit de la durée durant laquelle les paramètres définis (Tension chargée et Courant de queue) doivent être atteints pour considérer que la batterie est entièrement chargée.

Par défaut c'est à 3min. Dans un premier temps c'est pas mal, vous pouvez augmenter jusqu'à 10 min.

Paramétrage BMV :

05 Peukert exponent (Indice Peukert)

Si l'indice n'est pas connu, il est recommandé de maintenir cette valeur à 1.25 (par défaut) pour les batteries plomb-acide et de la modifier à 1.05 pour les batteries au lithium-ion. Une valeur de 1.00 désactive la compensation Peukert.

Calculé plus haut...

Paramétrage BMV :

06 Charge Efficiency Factor (Facteur d'efficacité de charge)

Le Facteur d'Efficacité de Charge compense les pertes en ampères-heures qui se produisent pendant la charge. 100% veut dire aucune perte.

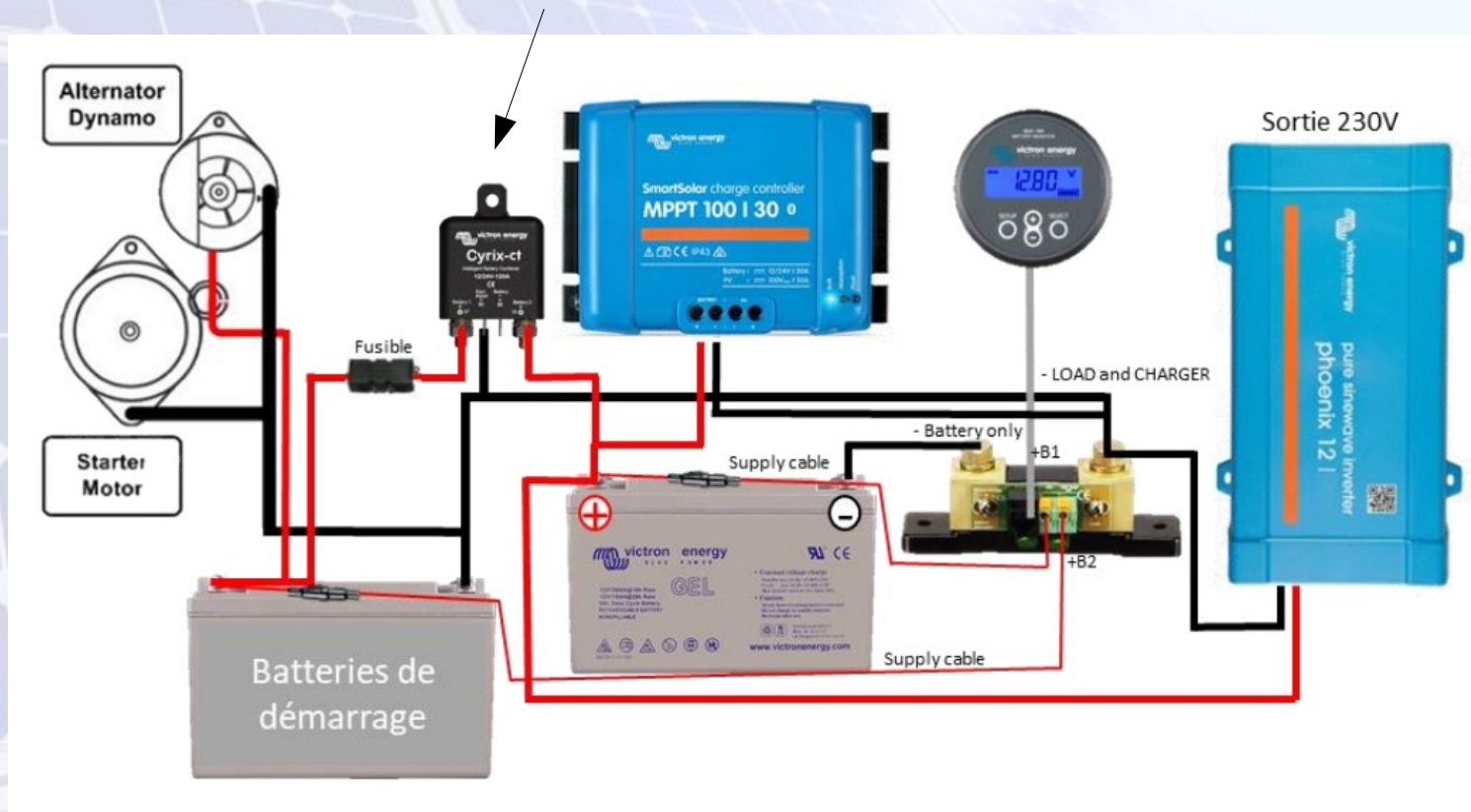
- Par défaut 95%
- 85 % pour le plomb
- 95 % pour le lithium

Paramétrage BMV : Conseil

- Synchronisez 1 fois par semaine votre BMV (dans l'idéal pour une bonne fiabilité), attendez une belle journée ensoleillée, que le régulateur soit en float depuis quelques temps et appuyez 3 secondes sur + et -
- *Le BMV peut également être synchronisé en mode d'exploitation normal en appuyant en même temps sur les boutons + et – pendant 3 secondes.*
- Recharger les batteries quotidiennement à 100% diminue le risque d'erreur dans le calcul du SOC (%)

BMV contrôleur sur véhicule (2 batteries)

Coupleurs de batteries



source

Câblage

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

- S (mm²) : 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% maximum, on considère 1% en DC

Pour éviter l'échauffement : **pas plus de 6A/mm²**

Exemple câblage des Benmahmoud

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

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

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

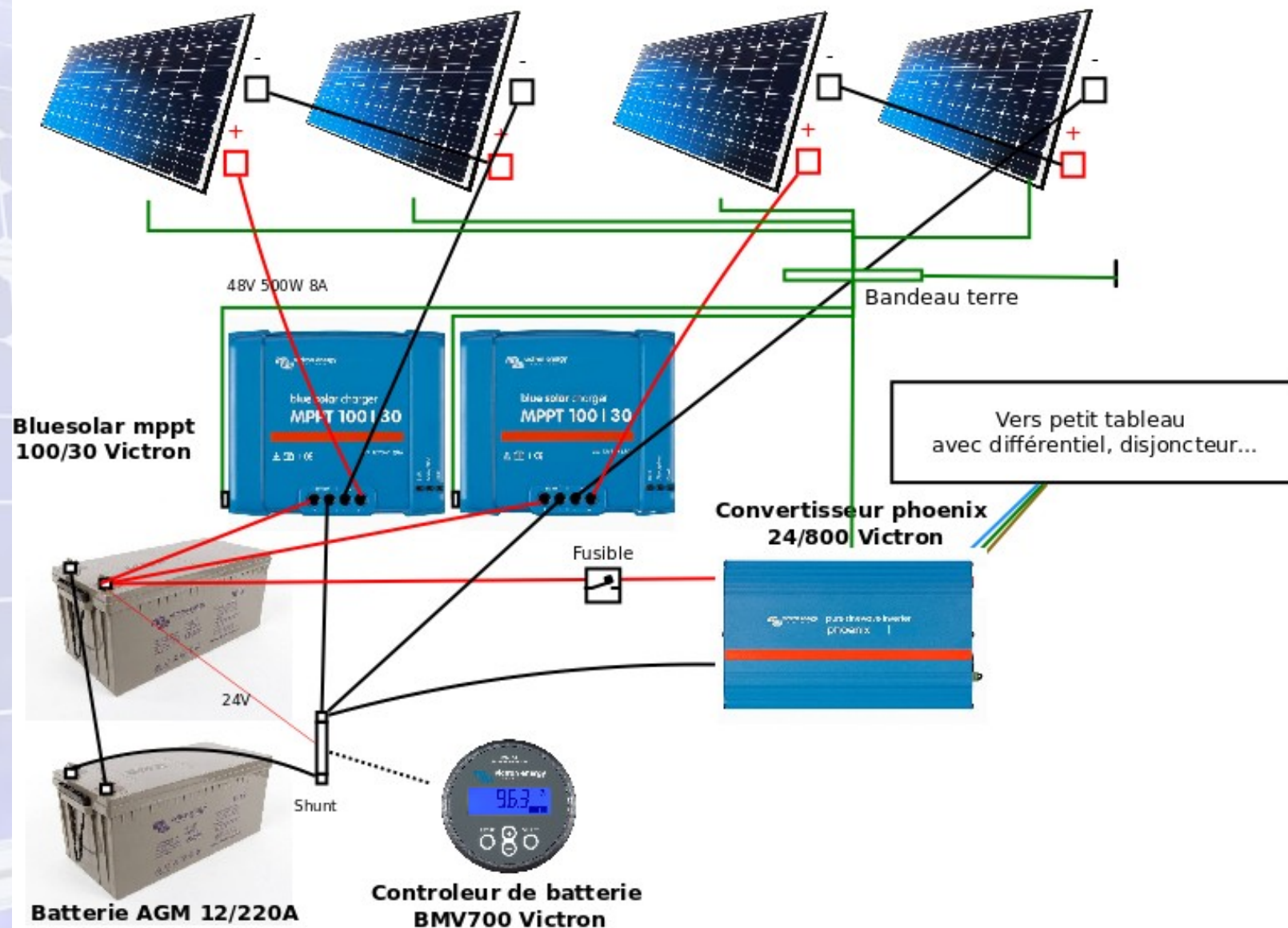
On utilisera donc un câble solaire isolé souple de section de 4mm²

Protection fusible

Minimum 1 pour protéger les batteries



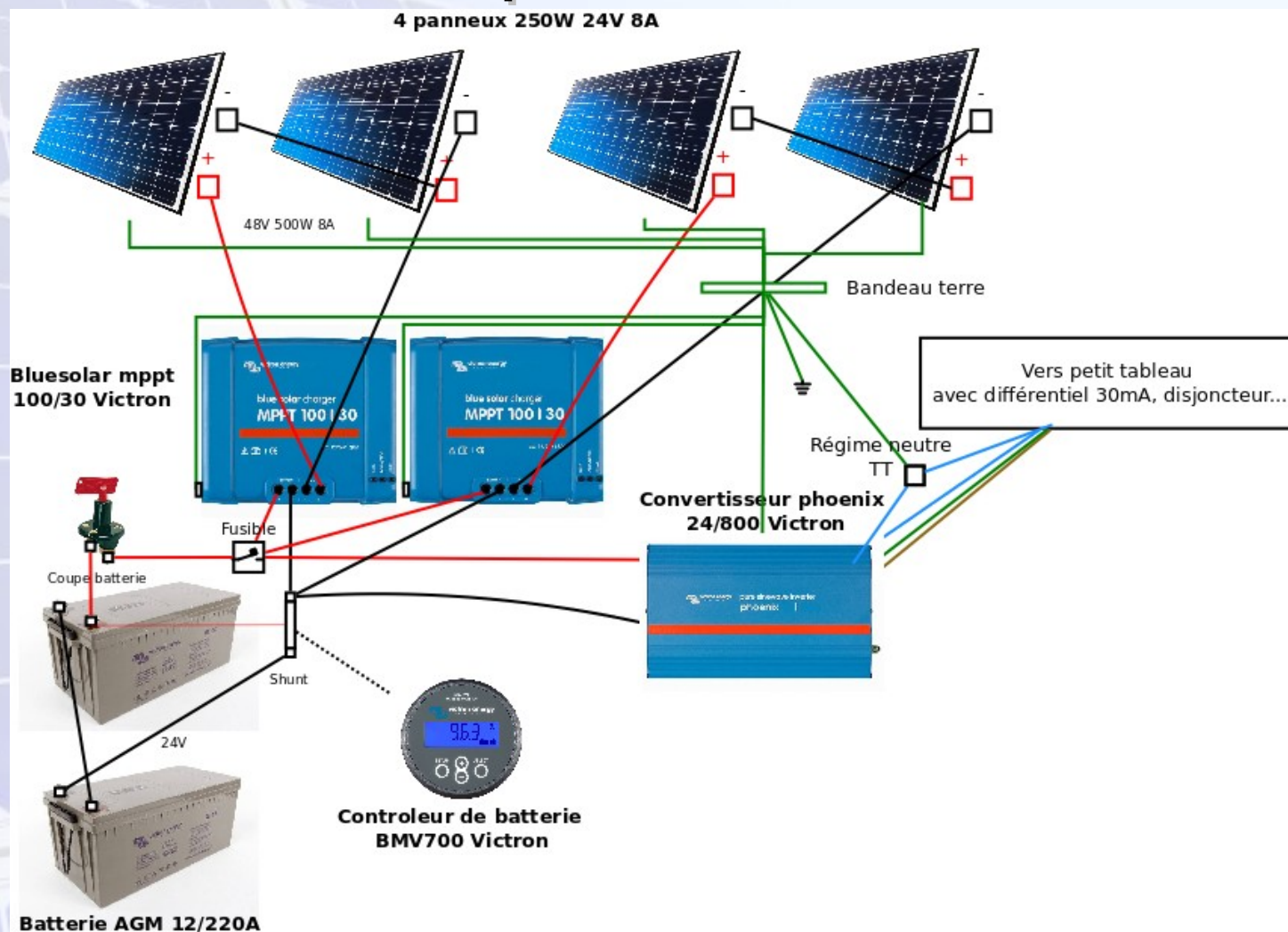
4 panneaux 250W 24V 8A



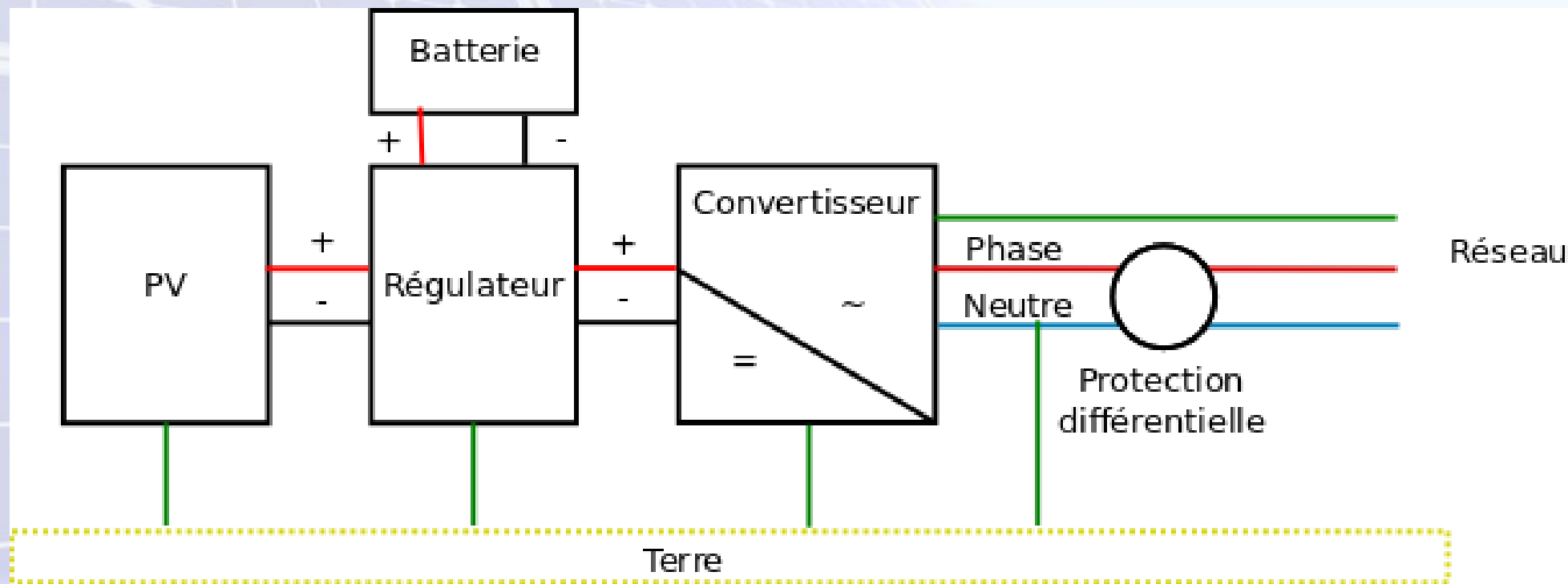
Coupe batterie



Coupe batterie



Régime neutre TT



Fin de la vidéo : [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

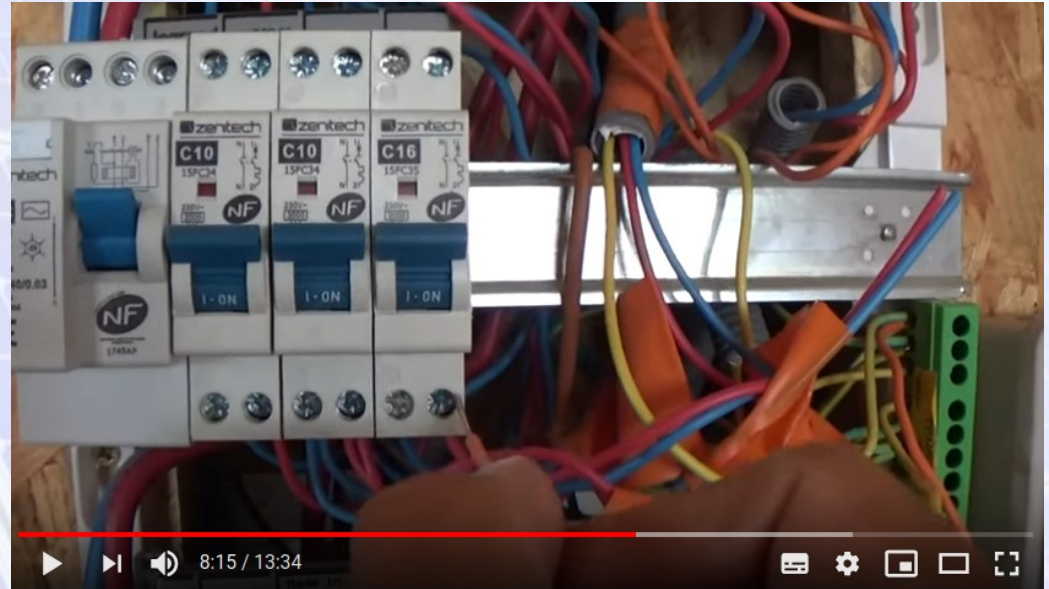
Tester Régime neutre TT

Appareil de test :
Multimetrix VT35 ~20€



Indique si le régime
neutre est bon
Simule fuite courant 10,
20, 30mA...

Créer une fuite de courant en cowboy



<https://youtu.be/VzZdMCAI1qs?t=396>

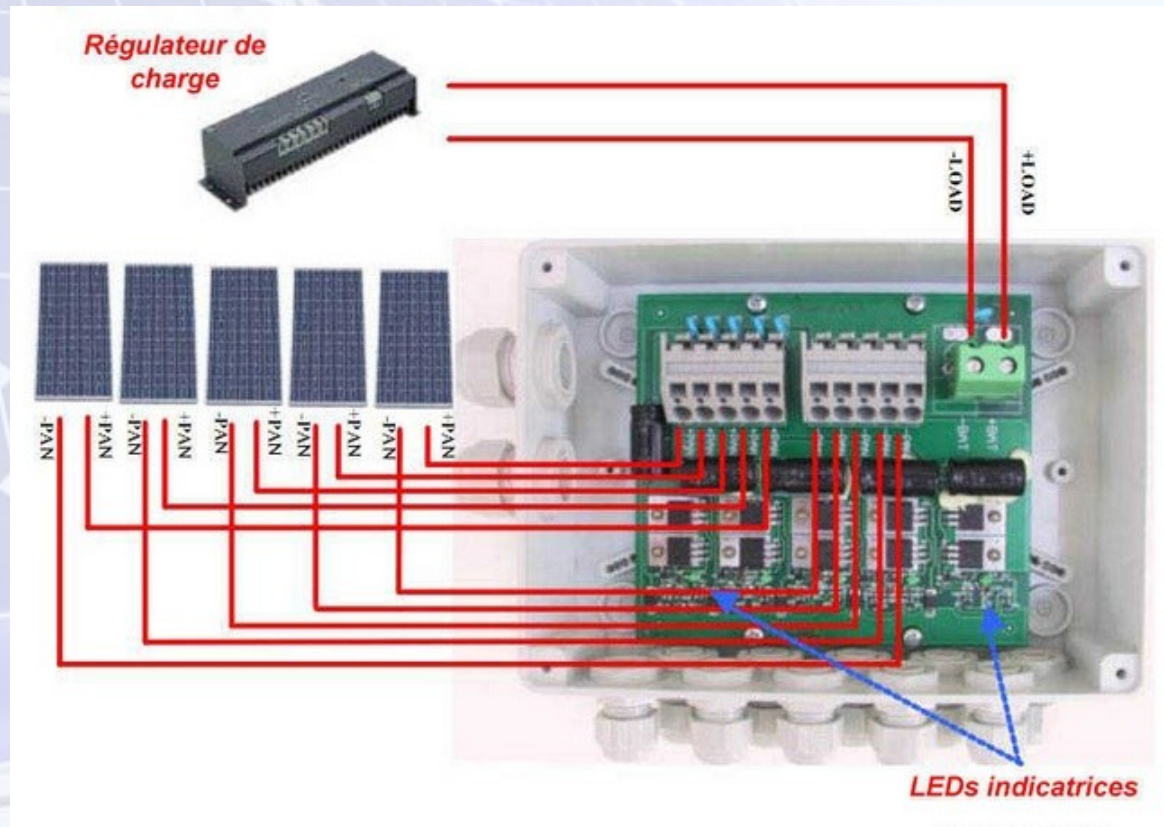
Relier la phase à la terre, si ça ne
saute pas, c'est pas bon...

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

Uniquement si plus de 2 parallèles



BlueSolar charge controller
MPPT 150 I 60 - Tr

1001

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

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

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

A close-up of a digital display on a medical device, showing a reading of -5.0 mmHg. The display is blue with white text. Above the reading, it says "PULSE" and "BLOOD PRESSURE". Below the reading, there are three buttons labeled "ON/OFF", "MODE", and "SET".

Méga
Fusibles
125A / 58V

[illegible]

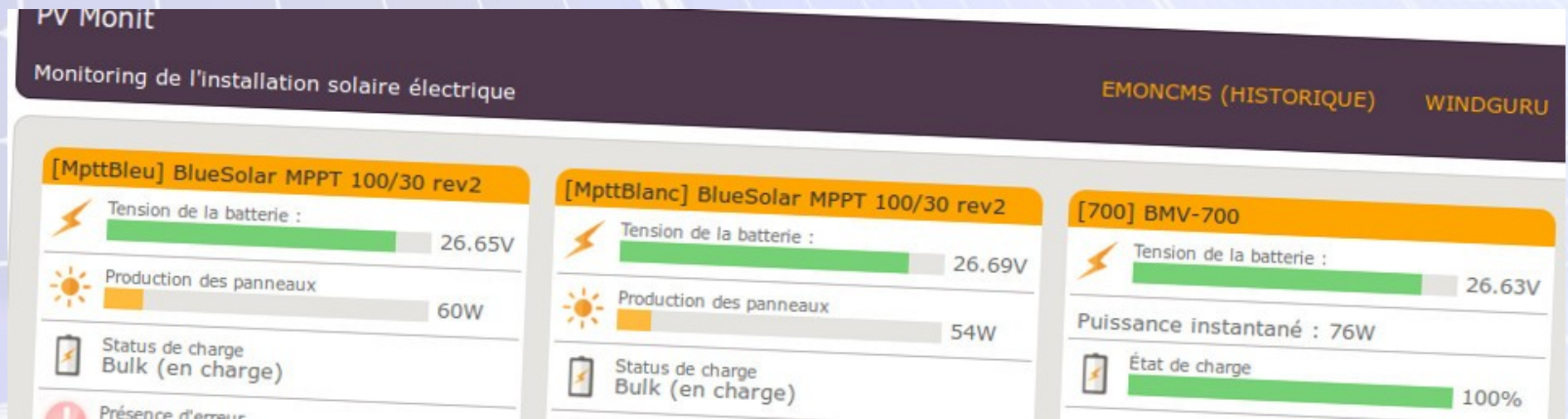
Monitoring libre de droit

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

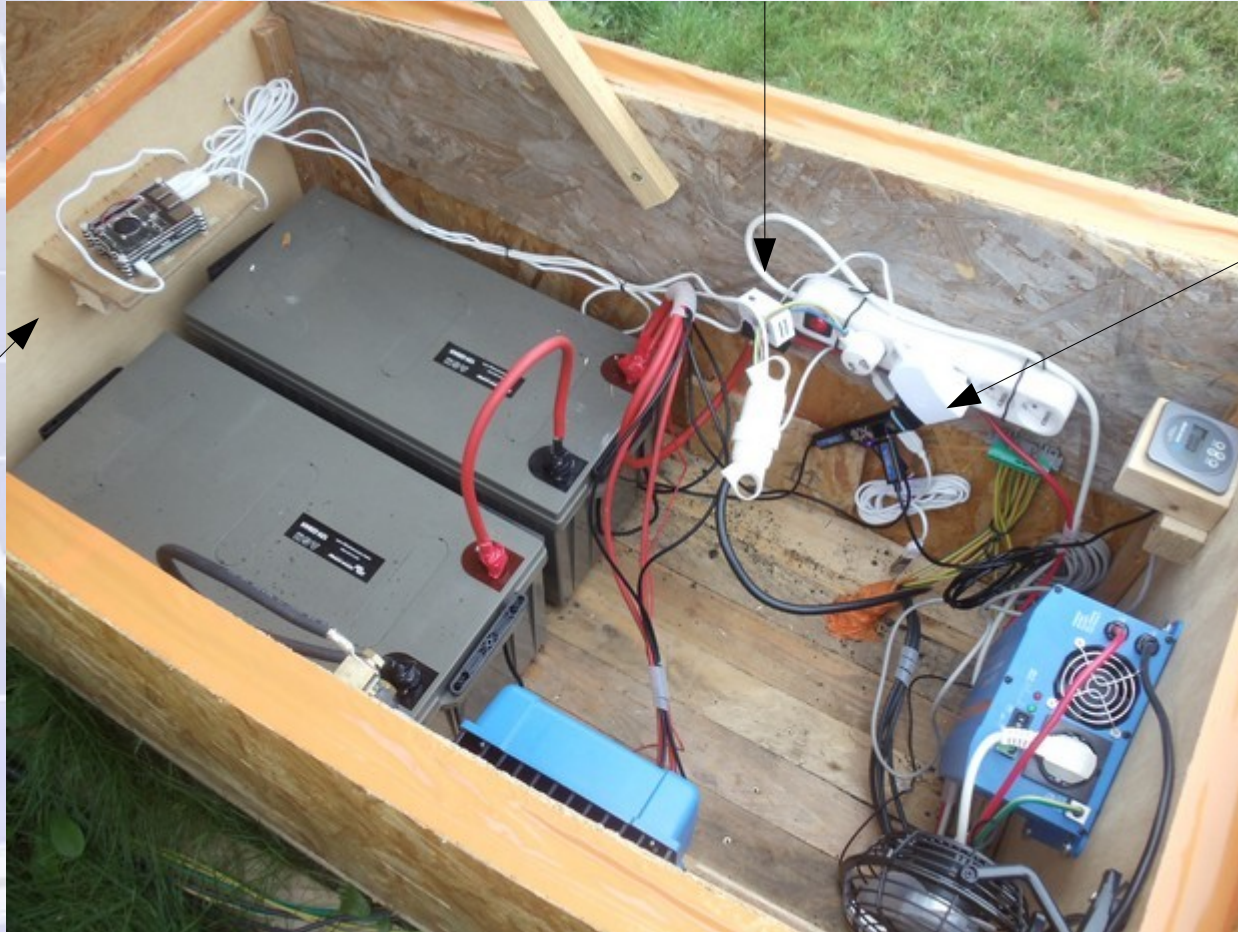


Monitoring libre de droit

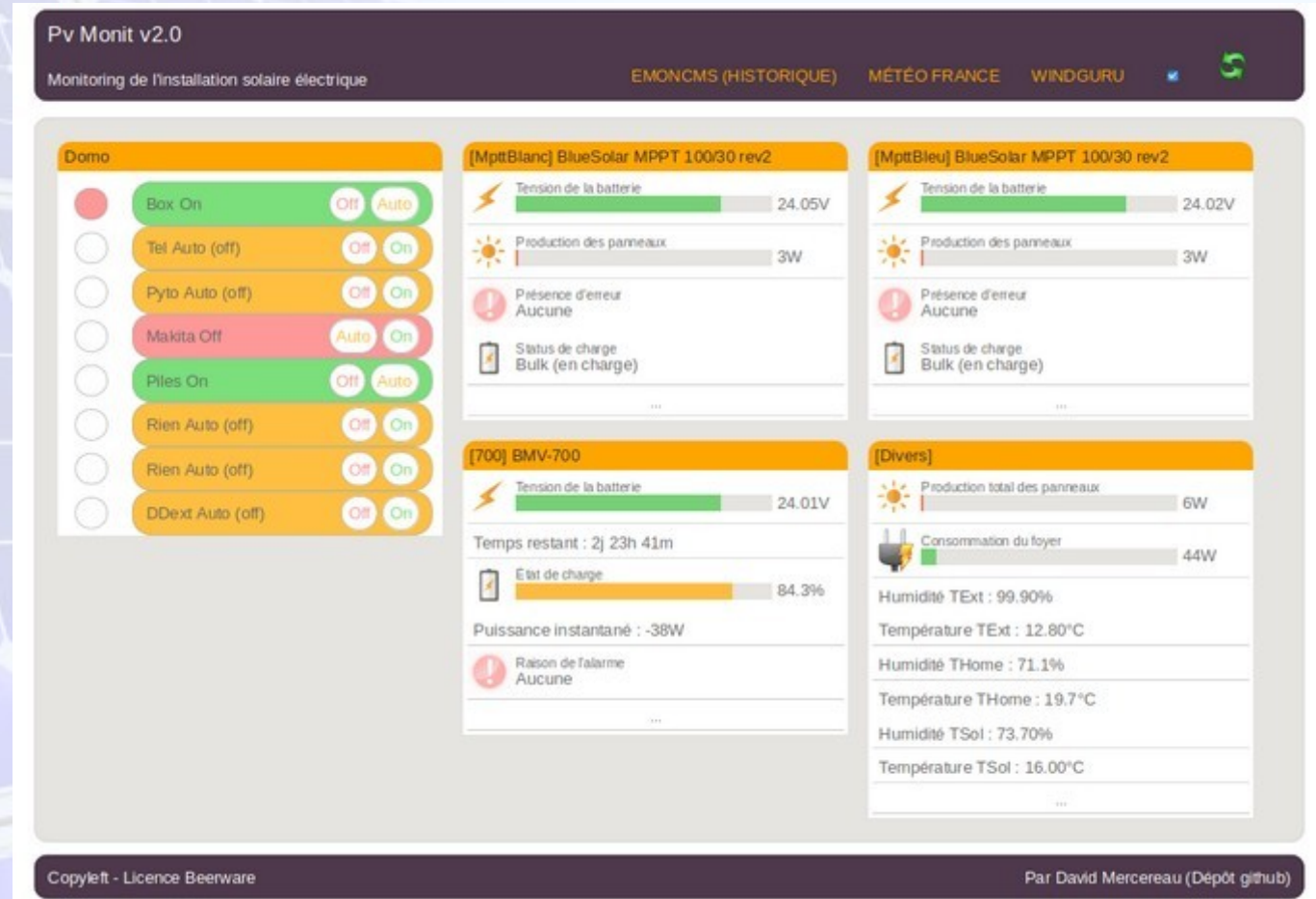
- PvMonit
 - <https://david.mercereau.info/pvmonit/>
 - <https://github.com/kepon85/PvMonit/>



PvMonit : Monitoring solaire

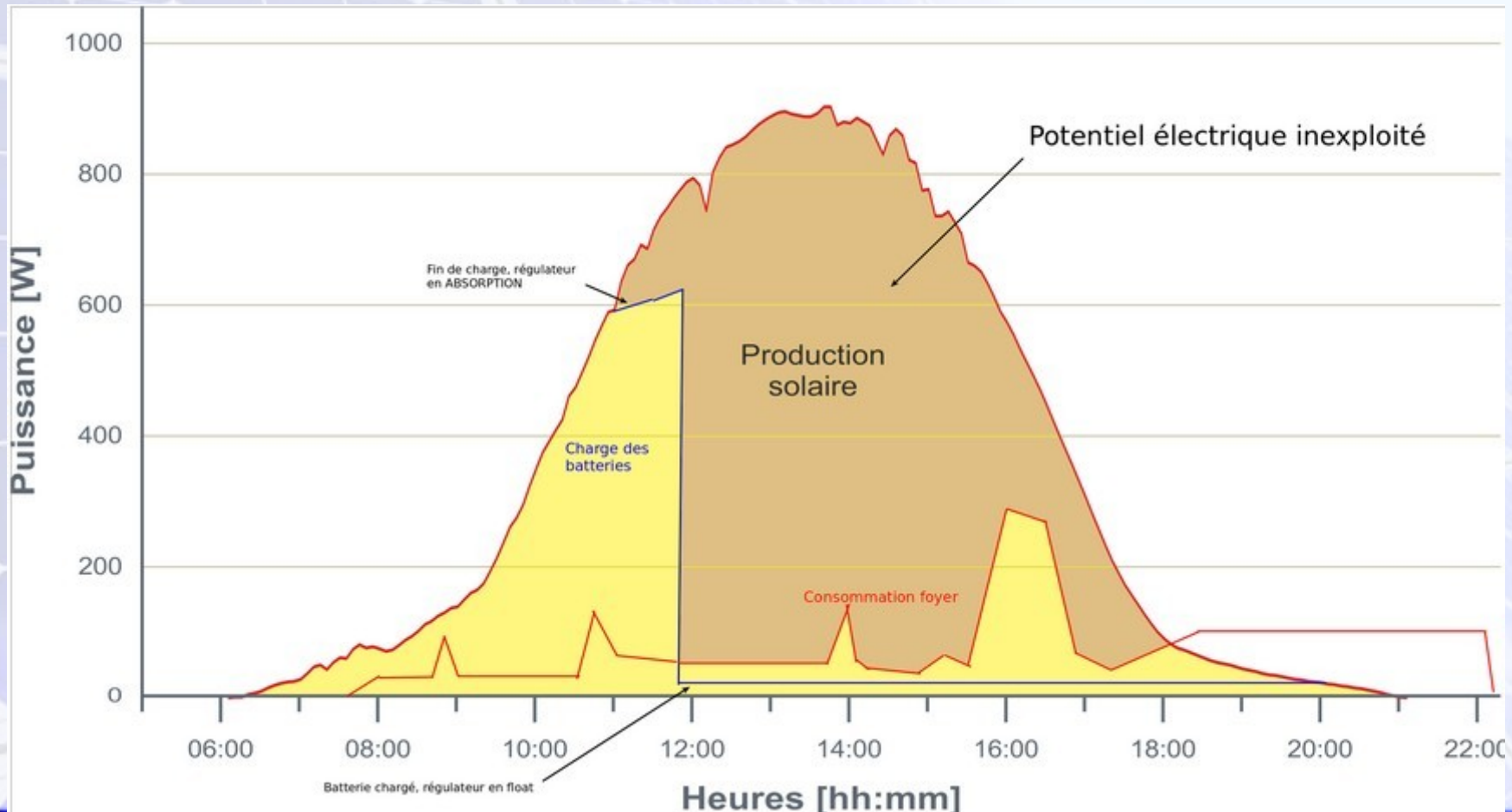


PvMonit : Monitoring solaire



PvMonit + domotique pour le surplus

Rappel :



Que faire du surplus ?

9 mois / 12 trop de production

- Pomper de l'eau
- Chauffer de l'eau
- HHO ou Hydrogène
- Recharger sa Tesla ?
- ...

PvMonit + domotique pour le surplus

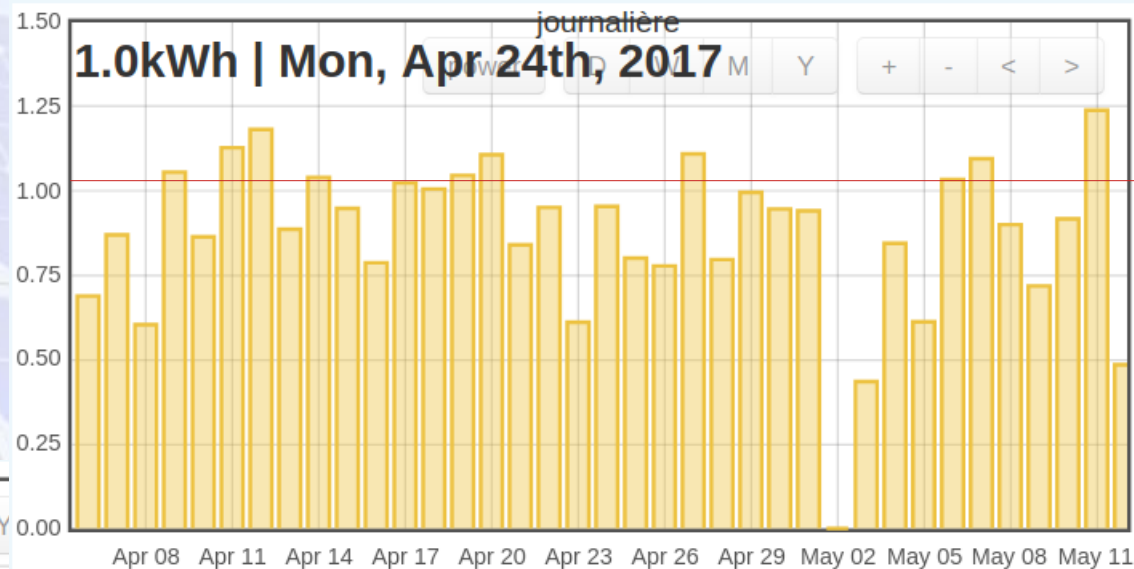
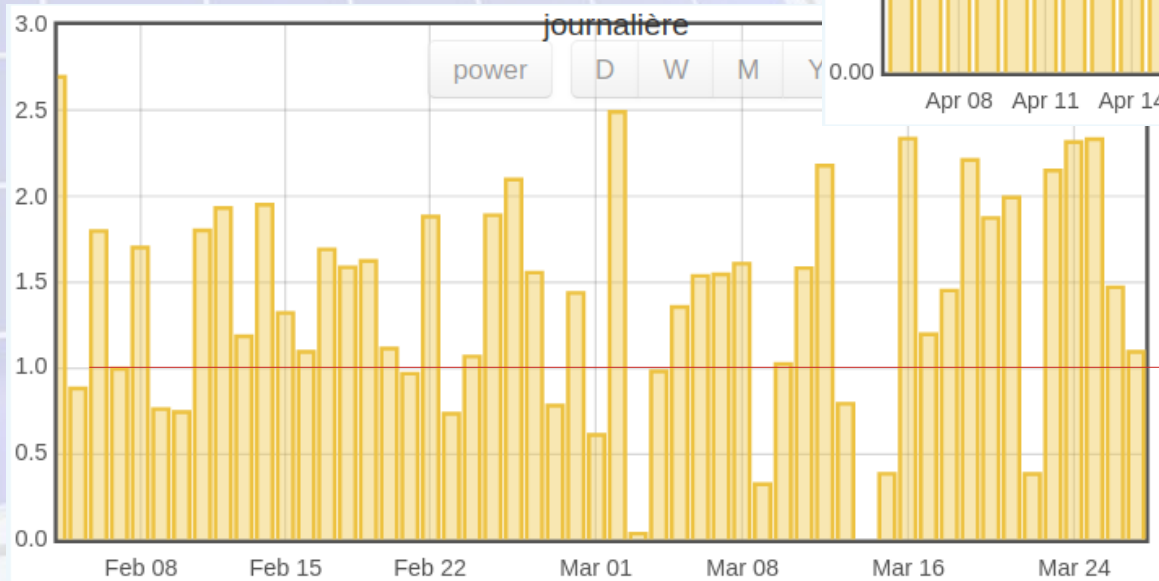
- Allumer ma box et mon téléphone fixe quand les batteries sont presque pleines (quand le régulateur passe en ABS)
 - Éteindre le téléphone après 19h
 - Éteindre la box après 19h SI plus aucun PC n'est allumé (scan réseau IP)
- Démarrer la pompe de relevage de la phytoépuration quand les batteries sont pleines
- Recharger mes batteries d'outils électroportatifs quand la pompe de relevage s'est allumée PUIS s'est éteinte
- Recharger mon vélo électrique quand l'électroportatif est chargé
- Démarrer un petit chauffe eau s'il reste du jus après tout ça...
- Démarrer un disque dur externe et ma box pour sauvegarder un serveur en ligne si les batteries ne sont pas trop basses

PvMonit + domotique pour le surplus

- Allumer un groupe électrogène automatiquement par contacteur si les batteries passent sous un certain seuil
- Remplir un surpresseur
- Remonter de l'eau d'un puits en hauteur (pour une redescente par gravité) SI batteries pleines SI cuve non pleine
- Lancer le robot à vaisselle
- Recharger une Tesla ?
- Lancer une production d'hydrogène ? ...
- ...All is possible ...

PvMonit + domotique pour le surplus

Consommation journalière
avant la mise en place
de PvMonit + domo >
(avril 2019)



< Après (Février-Mars 2020)
Donc même installation (coût) =
potentiel production x 4
9 mois sur 12

Les comptes des Benmahmoud – Avec gestion surplus

Moyenne : 2,5kWh potentielle...

Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aoû	Sep	Oct	Nov	Dec
1	1,5	3	3	3	3,5	3,5	4	3,5	3	2	1

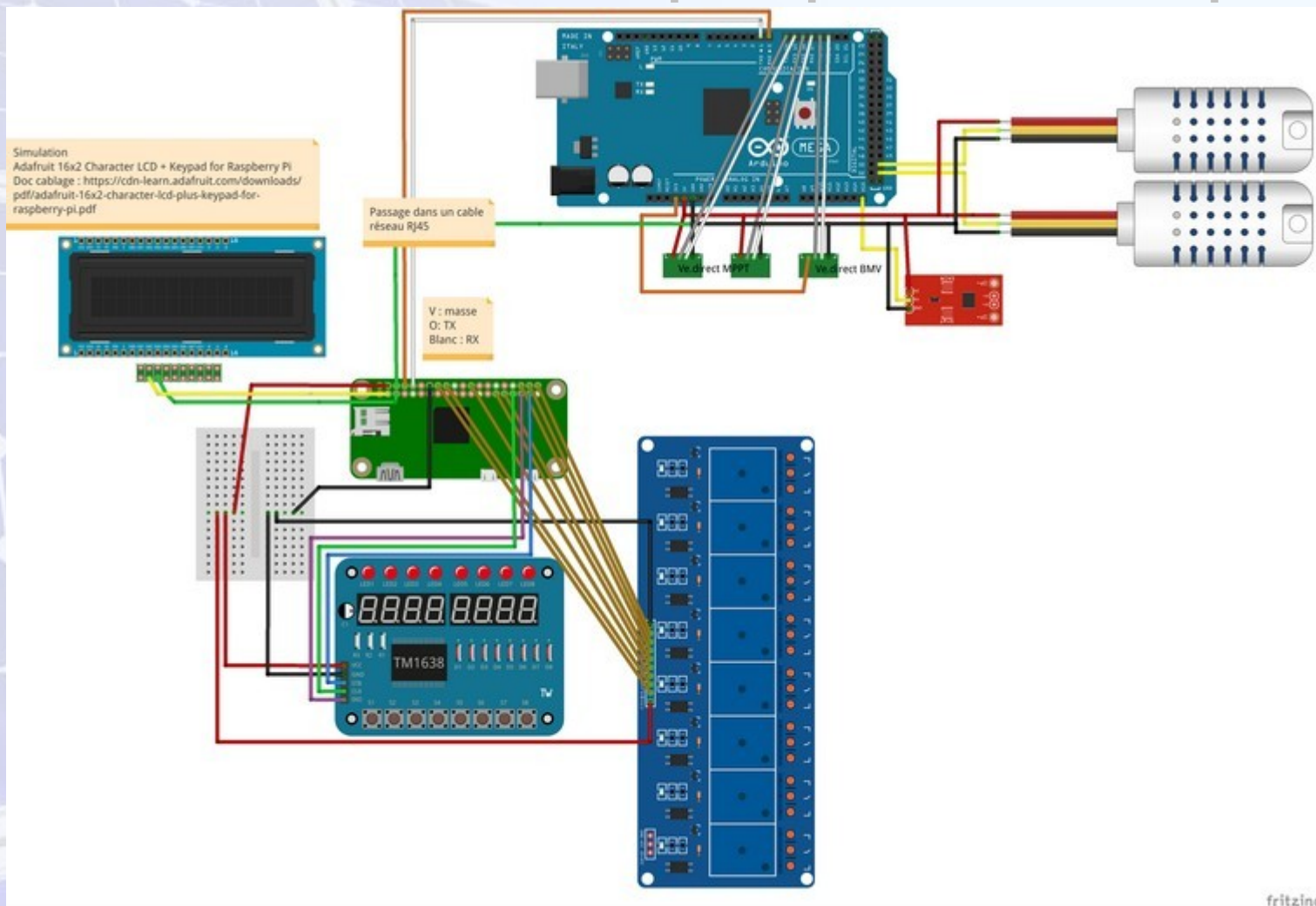
Un tableau de besoins par mois permettrait d'être plus fin dans la gestion du surplus...

Les comptes des Benmahmoud – Avec gestion surplus

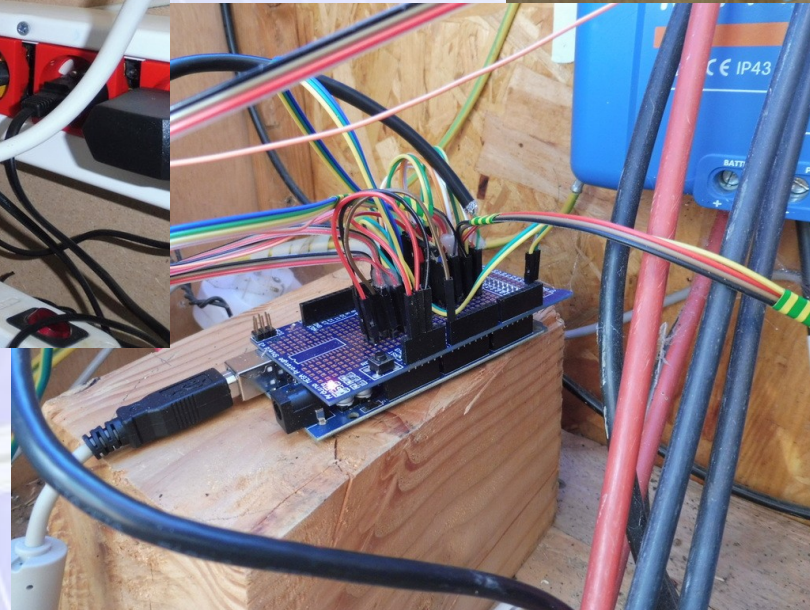
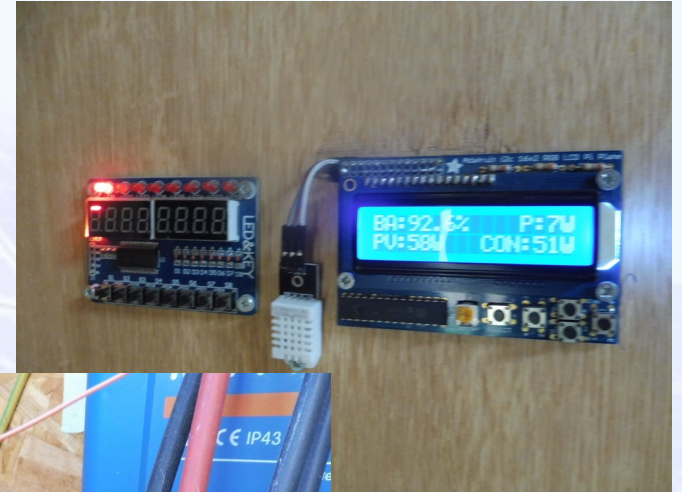
- C'est plus rentable avec la gestion du surplus ?
 - EDF : 0.20 € (le kW)
 - Conso 1kWh/j sur 30j = 15 + 9€ d'abonnement = **24 € / mois**
 - L'installation autonome :
 - 2200€ / 10 ans / 12 mois = **18,3€ / mois**
 - 3200€ / 20 ans / 12 mois = **13,3€ / mois**



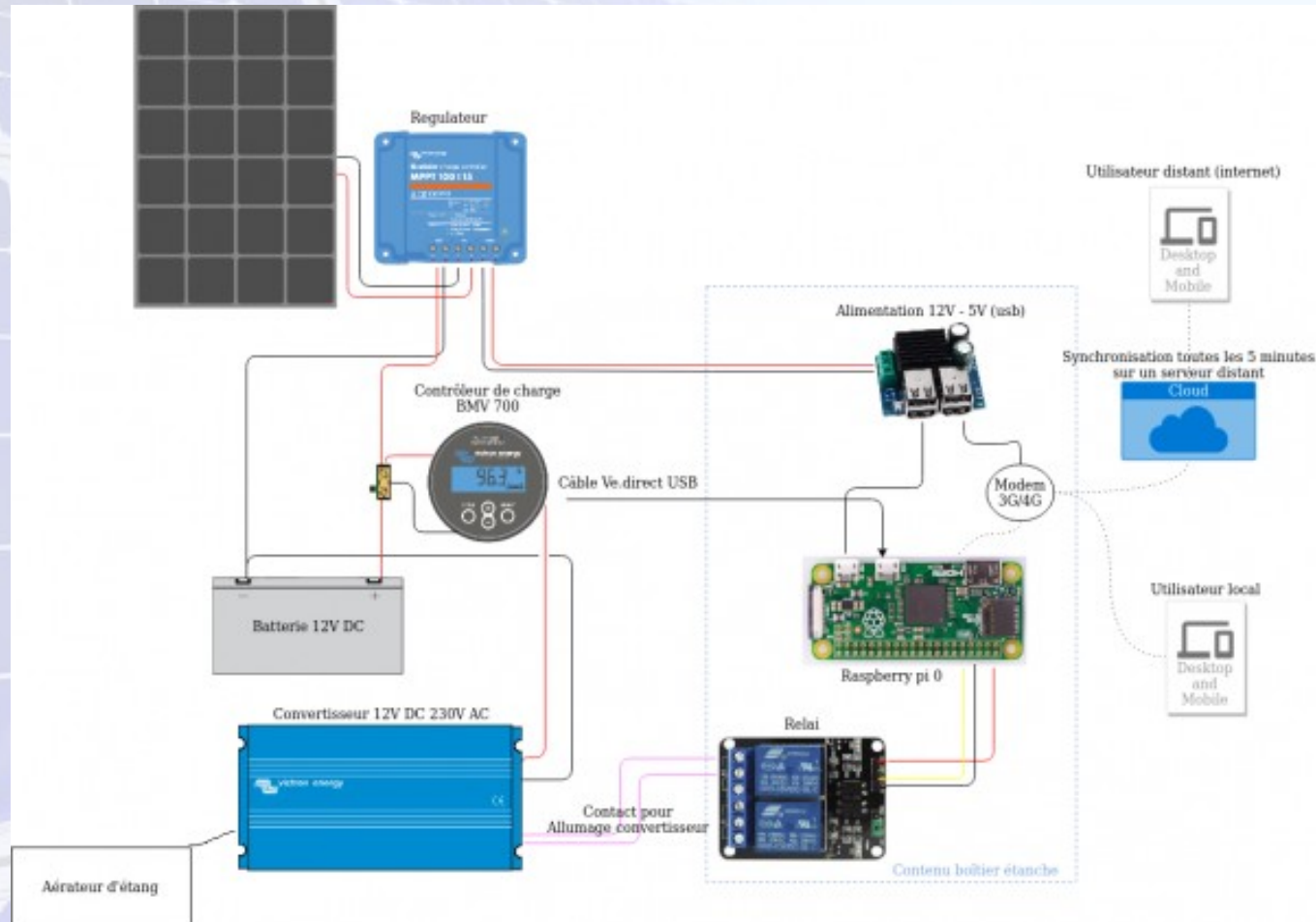
PvMonit + domotique pour le surplus



PvMonit + domotique pour le surplus



PvMonit + domotique simplifiée

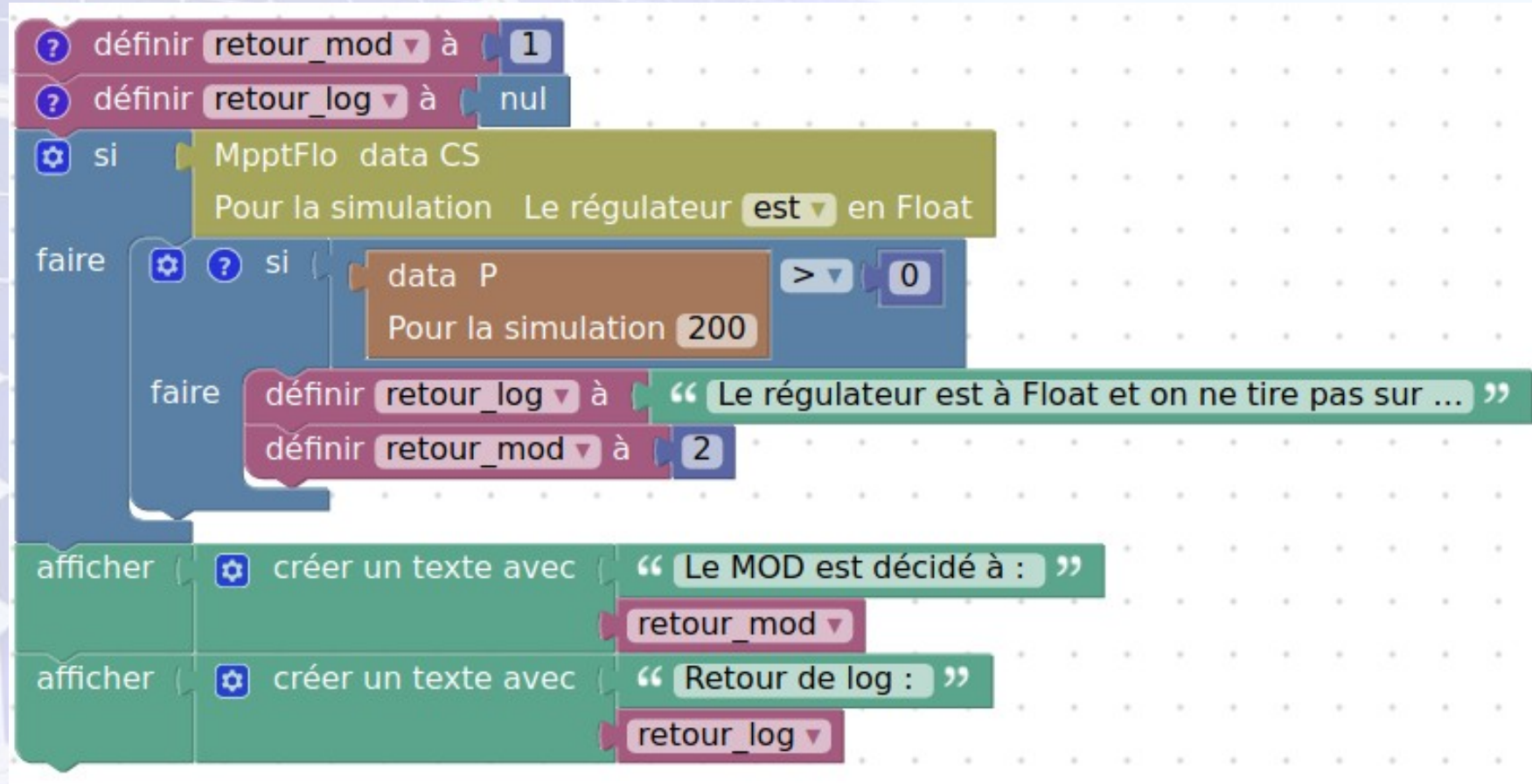


PvMonit + domotique pour le surplus

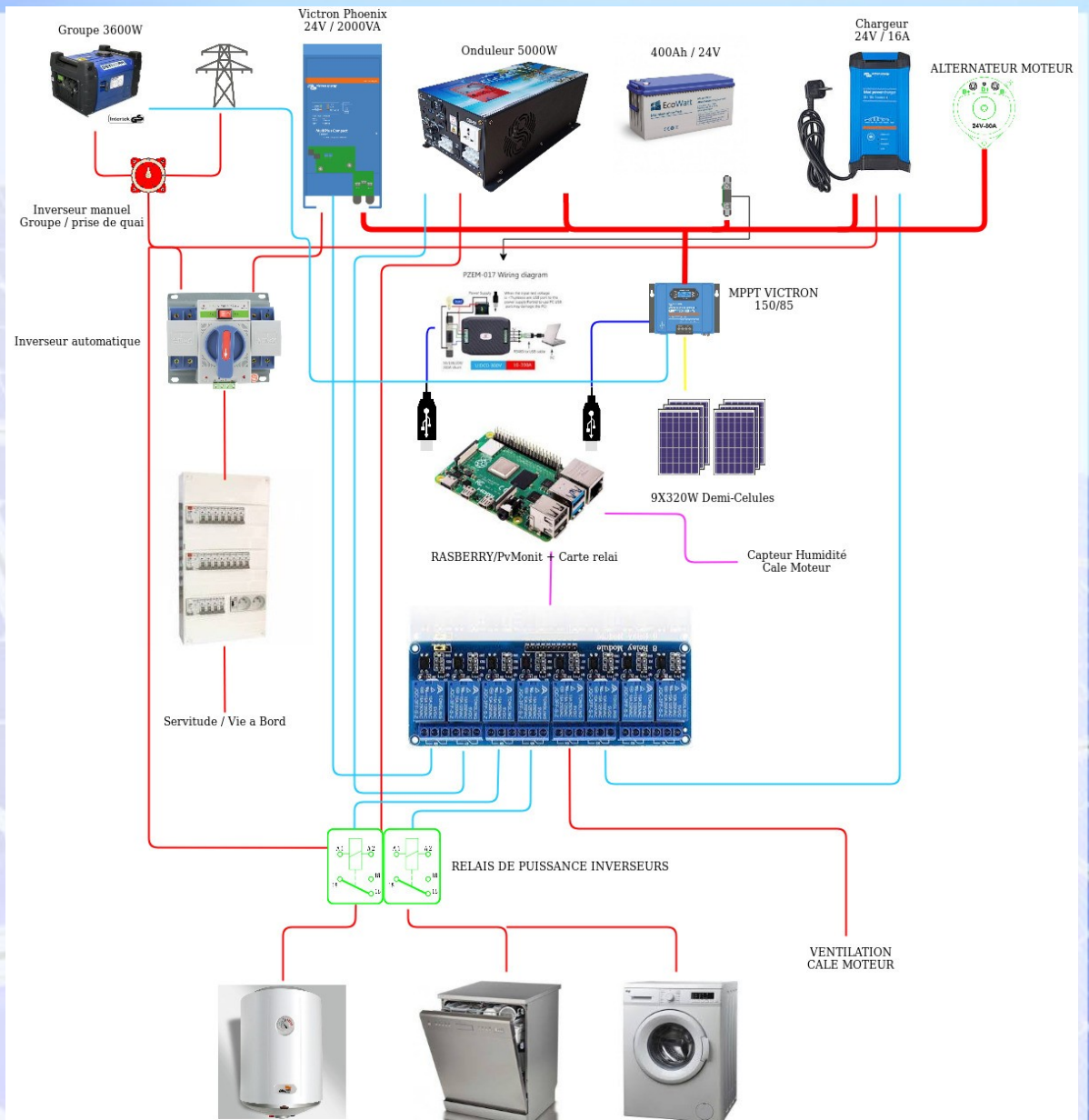
Blocs	XML
PvMonit	
Donnée	
Date	
Logique	
Boucles	
Math	
Texte	
Listes	
Variables	
Fonctions	


```
graph TD; subgraph "définir retour_mod à 1"; direction TB; A1[?] --> A2[1]; end; subgraph "définir retour_log à nul"; direction TB; B1[?] --> B2[nul]; end; subgraph "si"; direction TB; C1[si] --> C2[data SOC]; C2 --> C3[> 89]; C3 --> D1[faire]; subgraph "faire"; direction TB; D2[définir retour_mod à 2]; D3[définir retour_log à "On est à plus de 89% de batterie, on allume !"]; end; end; subgraph "afficher"; direction TB; E1[créer un texte avec "Le MODE est décidé à :"]; E2[retour_mod]; end; subgraph "afficher"; direction TB; F1[créer un texte avec "Retour de log :"]; F2[retour_log]; end;
```

PvMonit + domotique pour le surplus



Exemple PvMonit : utilisation par @akoirium



PvMonit

- Installez-le vous même (c'est gratuit / libre)
 - <https://david.mercereau.info/pvmonit/>
 - <https://github.com/kepon85/PvMonit/>
 - Compétences Linux minimum requises
- Soutenez un logiciel libre
 - Commandez prêt à l'emploi, prêt à brancher
 - Téléchargez la carte SD du raspberry pi pré-installée

Conseil pour votre installation

- 1 Repartez de 0 / mettez à plat vos besoins
 - Étape plus ou moins longue...
- 2 Faites votre installation (réseau pas loin = sécurité)
- 3 Passez 1 hiver ou 2 et coupez le cordon...



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](#) proposent 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](#)...

The End

By David Mercereau
Licence Créative Common By Sa

Le savoir n'est rien s'il n'est pas partagé

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

- Soutenir la démarche de partage / dire merci
 - <https://david.mercereau.info/soutenir/>
- Contribuer / améliorer en envoyant vos suggestions

Préparation : 50h

Vidéo v1 : +18h

Vidéo v2 : +10h

