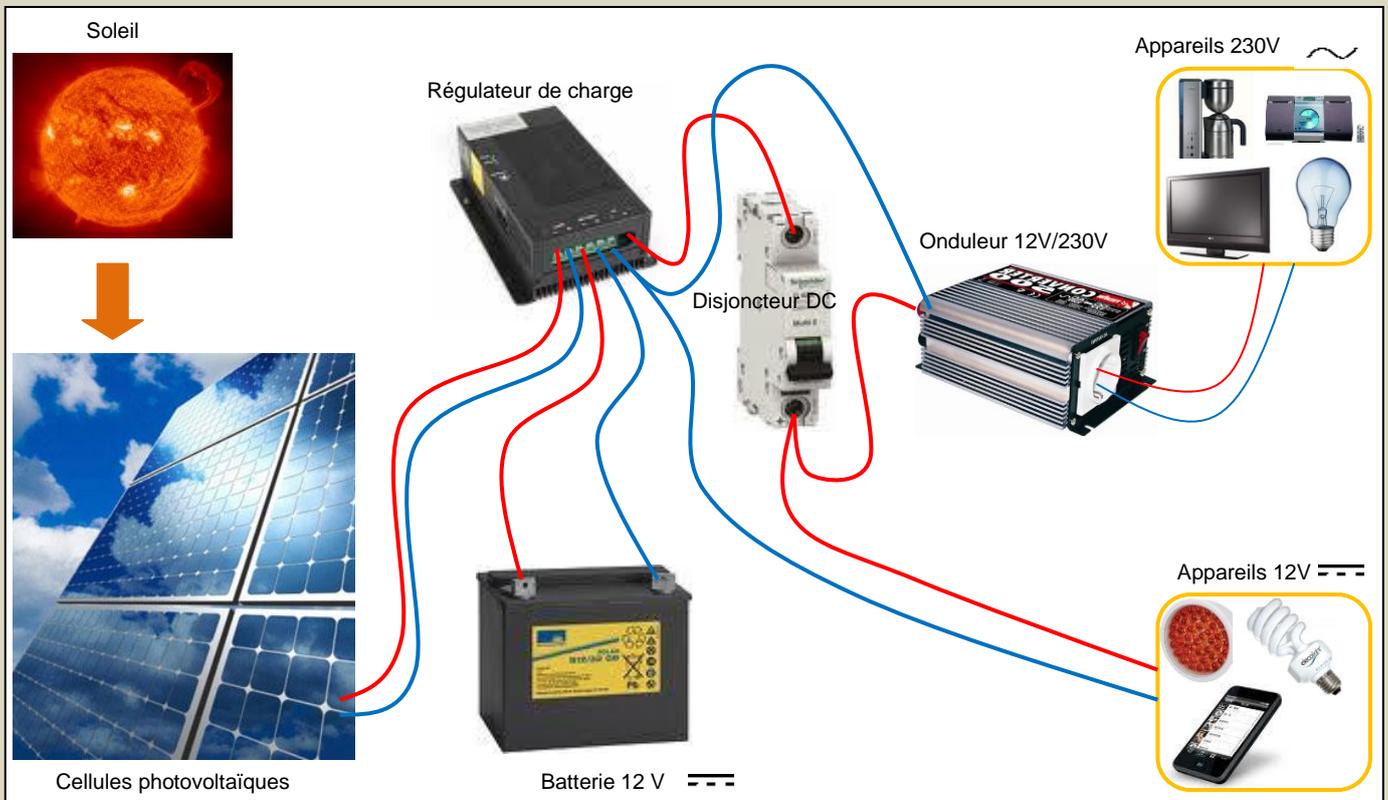


Installation photovoltaïque autonome

1. Approche fonctionnelle.

Schéma d'une installation de production d'énergie photovoltaïque isolée

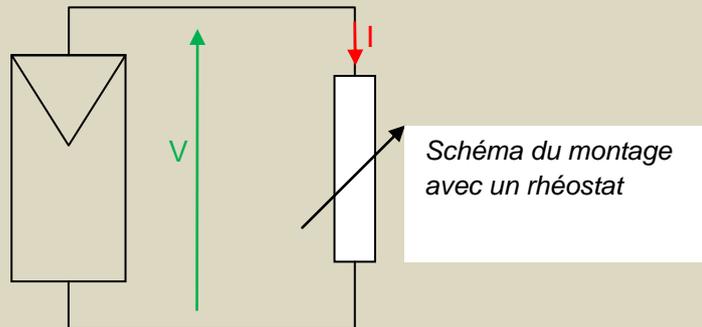


1. A partir du schéma ci-dessus et du dossier ressource compléter le document réponse N°1 « Chaîne d'énergie d'une installation photovoltaïque autonome » avec le nom des composants qui réalisent les différentes fonctions.
2. Indiquer sur le document réponse N°1 la nature de l'énergie :
 - Energie rayonnante
 - Energie électrique continue 
 - Energie électrique alternative 
3. Sur le document réponse N°1 indiquer par une flèche rouge le transfert de l'énergie de la source aux charges pendant la journée.
4. Sur le document réponse N°1 indiquer par une flèche bleue le transfert de l'énergie de la source aux charges pendant la nuit.

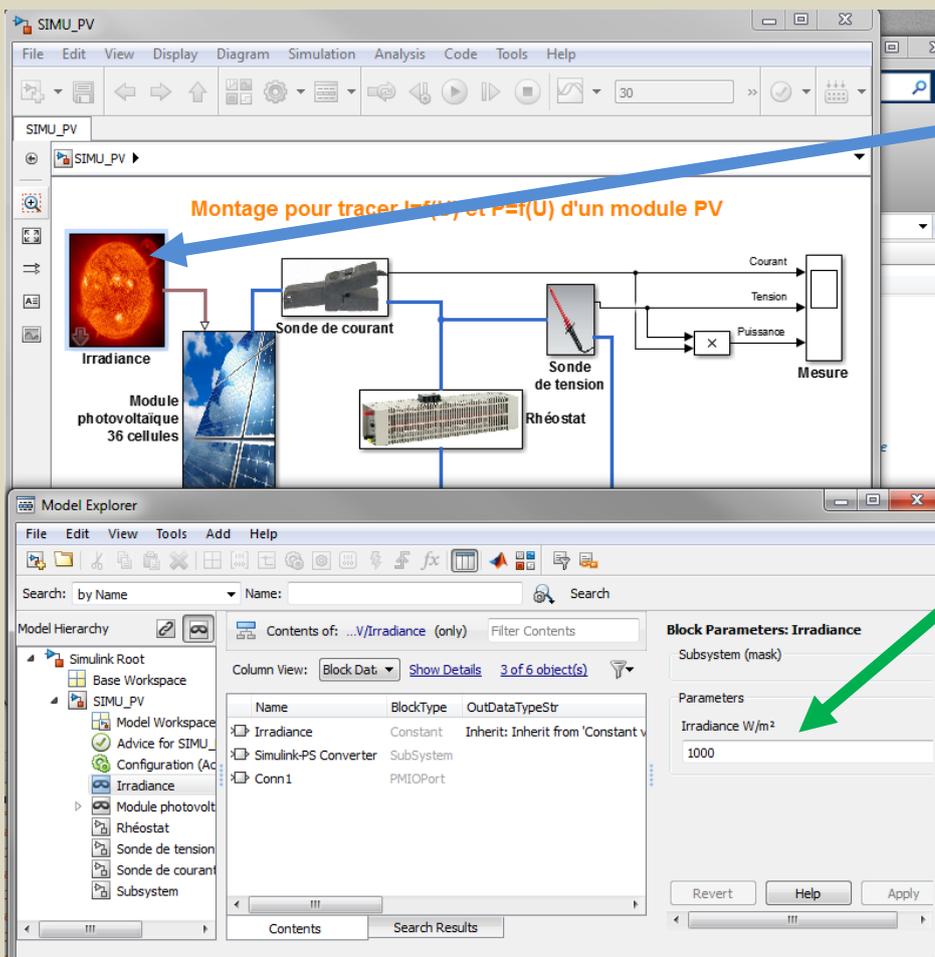


2. Simulation d'une installation solaire photovoltaïque autonome BP380

2.1 Influence de l'irradiance sur un module photovoltaïque



1. A l'aide de la simulation Matlab intitulée SIMU_PV.mdl vous allez tracer les courbes $I=f(V)$ et $P=f(V)$ pour différentes valeurs d'irradiances 200, 400, 600, 800 et 1000W/m² avec une température constante de 25°C. Vous pouvez faire une impression écran de vos courbes. Pour chaque courbe vous indiquerez I_{sc} , V_{oc} , P_{mpp} , V_{mpp} et I_{mpp} .



Le screenshot montre l'interface de simulation SIMU_PV. La partie supérieure est le diagramme de montage intitulé "Montage pour tracer $I=f(V)$ et $P=f(V)$ d'un module PV". Il comprend un module photovoltaïque à 36 cellules, une sonde de courant, un rhéostat, une sonde de tension et un bloc de mesure qui affiche le courant, la tension et la puissance. La partie inférieure est le "Model Explorer" qui liste les composants du modèle. Le paramètre "Irradiance W/m²" est réglé sur 1000.

Name	BlockType	OutDataTypeStr
Irradiance	Constant	Inherit from 'Constant v
Simulink-PS Converter	SubSystem	
Conn1	PMIOPort	

Clic droit : Explore

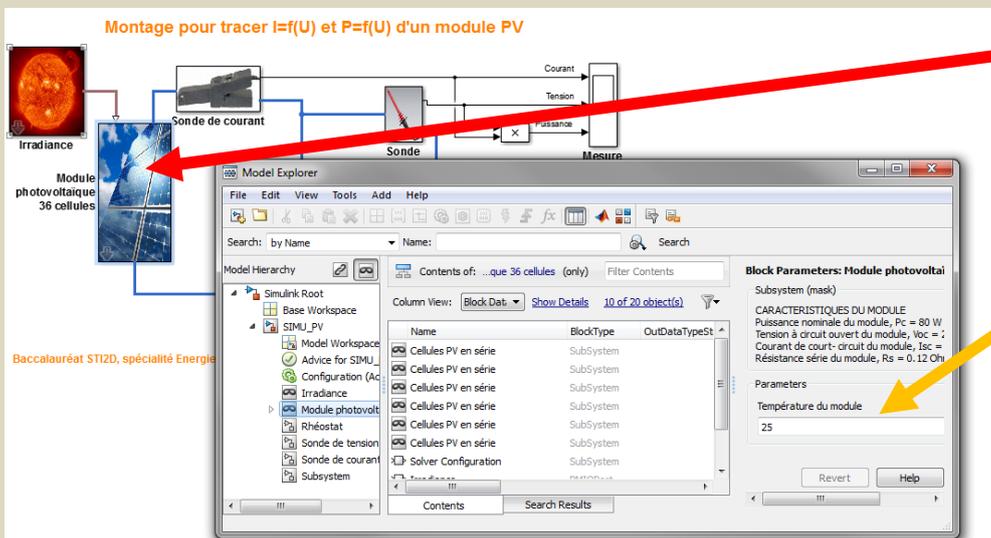
Modifier l'irradiance

2. Que remarquez-vous ? Comparer vos données avec la documentation constructeur.



2.2 Influence de la température sur un module photovoltaïque BP380

1. Toujours avec la simulation SIMU_PV.mdl vous allez tracer les courbes $I=f(V)$ et $P=f(V)$ pour différentes températures $-15, 5, 25, 45$ et 65°C avec une irradiance constante de $1000\text{W}/\text{m}^2$. Vous pouvez faire une impression écran de vos courbes. Pour chaque courbe vous indiquerez I_{sc} , V_{oc} , P_{mpp} , V_{mpp} et I_{mpp} .



Clic droit : Explore

Modifier la température

2. Que remarquez-vous ? Comparer vos données avec la documentation constructeur.
3. Pour une irradiance de $1000\text{W}/\text{m}^2$, calculer en pourcentage la perte de puissance du module pour une température de 0 et 65°C . Conclure.
4. Nous allons comparer la puissance fournie par le module lors d'une belle journée d'été et d'hiver. Les deux relevés sont effectués à midi solaire. Au mois de février nous relevons une irradiance de $923\text{W}/\text{m}^2$ et une température du module de 5°C , au mois d'août nous relevons une irradiance de $982\text{W}/\text{m}^2$ et une température du module de 60°C . Le P_{mpp} est-il obtenu au mois d'août ou au mois de février ?

2.3 Point de fonctionnement de l'ensemble source charge

Le module PV est directement relié à la batterie

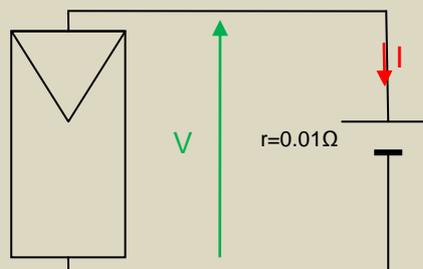


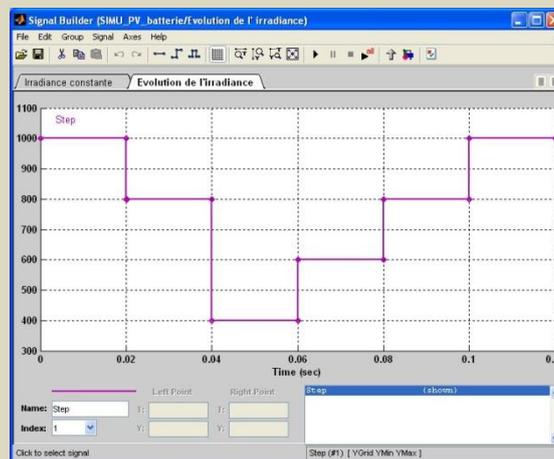
Schéma du montage avec une batterie



1. Dans la simulation intitulée SIMU_PV_batterie nous allons constater l'influence de la tension d'une batterie sur la puissance délivrée par un module photovoltaïque. Nous rechercherons le P_{mpp} en faisant varier la tension de la batterie. La température du module est égale à 25°C et l'irradiance à $1000\text{W}/\text{m}^2$. Pour différentes valeurs de la tension de la batterie, mesurer la puissance transmise par le module PV à la batterie. Et compléter le tableau ci-dessous.

E batt	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ptransmise											

2. Quelle est la fem de la batterie permettant d'obtenir la plus grande puissance transmise ?
3. Placer ce point de fonctionnement sur la courbe $P=f(V)$ sur le document réponse N°2, les résultats sont-ils conformes à ceux attendus ?
4. La tension de la batterie vaut environ 13V , le point de fonctionnement de l'ensemble batterie module est-il optimum ? Calculer le pourcentage de perte.
5. Tracer sur les courbes $P=f(V)$ des documents réponses N°2 et N°3 une droite à $U_{\text{bat}} = 13\text{V}$, observer les points de fonctionnement pour différentes irradiances et températures, conclure?
6. La simulation dure 120ms , nous allons considérer que ces 120ms correspondent à 2 heures de temps réel. La température du module est de 25°C , $E_{\text{batterie}} = 13\text{V}$. Sur la simu double-cliquer sur le BP de commande afin de simuler le cycle ci-dessous. Lancer la simulation, pour chaque irradiance relever la puissance solaire.



7. Calculer l'énergie fournie par le module PV sur un cycle de 2 heures.



Installation photovoltaïque autonome

Document ressource

Les composants d'un système photovoltaïque

Remarque préliminaire : Deux types de capteurs solaires existent pour récupérer de l'énergie :

- Les panneaux photovoltaïques qui convertissent le rayonnement lumineux en électricité.
- Les panneaux solaires thermiques qui produisent de l'énergie thermique en faisant chauffer de l'eau (chauffe-eau solaire) ou de l'air.

Notre étude porte sur les panneaux photovoltaïques.

Les composants d'un système photovoltaïque dépendent de l'application considérée : habitation isolée ou proximité d'un réseau, utilisation de batterie ou « au fil du soleil », convertisseurs de puissance.

Les composants les plus courants dans un système photovoltaïque sont :

- Les cellules solaires.
- Les régulateurs de charge.
- Les batteries.
- Les convertisseurs.
- Autres composants.

1. Les cellules solaires

Le matériau le plus répandu dans les cellules solaires est le silicium. Les cellules solaires les plus courantes sont :

Les cellules monocristallines



Lors du refroidissement, le silicium fondu se solidifie en ne formant qu'un seul cristal de grande dimension. On découpe ensuite le cristal en fines tranches qui donneront les cellules. Ces cellules sont en général d'un bleu uniforme.

- Avantage :
 - bon rendement, de 14% à 16%.
 - bon ratio Wc/m^2 (~150 Wc/m^2) ce qui permet un gain de place si nécessaire.
 - nombre de fabricants élevé.
- Inconvénients :
 - coût élevé.



Les cellules multicristallines

Pendant le refroidissement du silicium dans une lingotière, il se forme plusieurs cristaux. La cellule photovoltaïque est d'aspect bleuté, mais pas uniforme, on distingue des motifs créés par les différents cristaux.

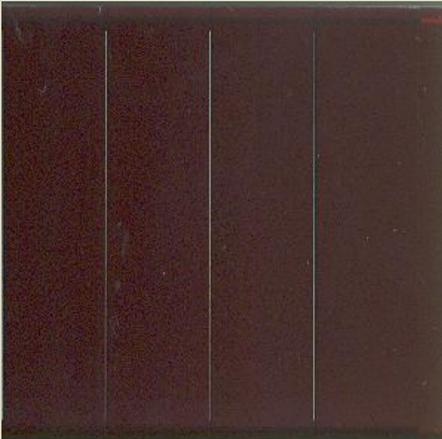


- Avantage :
 - cellule carrée (à coins arrondis dans le cas du Si monocristallin) permettant un meilleur foisonnement dans un module.
 - bon rendement de conversion, environ 100 Wc/m^2 (voire plus), mais cependant un peu moins bon que pour le monocristallin.
 - lingot moins cher à produire que le monocristallin.
- Inconvénient :
 - rendement faible sous un faible éclairage.

Polycristallin ou multicristallin ? On parlera ici de silicium multicristallin (réf. IEC TS 61836, vocabulaire international photovoltaïque). Le terme polycristallin est utilisé pour les couches déposées sur un substrat (petits grains).

Les cellules amorphes

Le silicium lors de sa transformation, produit un gaz, qui est projeté sur une feuille de verre. La cellule est gris très foncé. C'est la cellule des calculatrices et des montres dites « solaires ».



- Avantage :
 - fonctionne avec un éclairage faible ou diffus (même par temps couvert, y compris sous éclairage artificiel de 20 à 3000 lux).
 - un peu moins chère que les autres techniques.
 - intégration sur supports souples ou rigides.
- Inconvénients :
 - rendement faible en plein soleil, de 5% à 7%,
 - nécessité de couvrir des surfaces plus importantes que lors de l'utilisation de silicium cristallin (ratio Wc/m^2 plus faible, environ 60 Wc/m^2).
 - performances qui diminuent avec le temps dans les premiers temps d'exposition à la lumière naturelle (3-6 mois), pour se stabiliser ensuite (-10 à 20% selon la structure de la jonction).

Caractéristique courant-tension

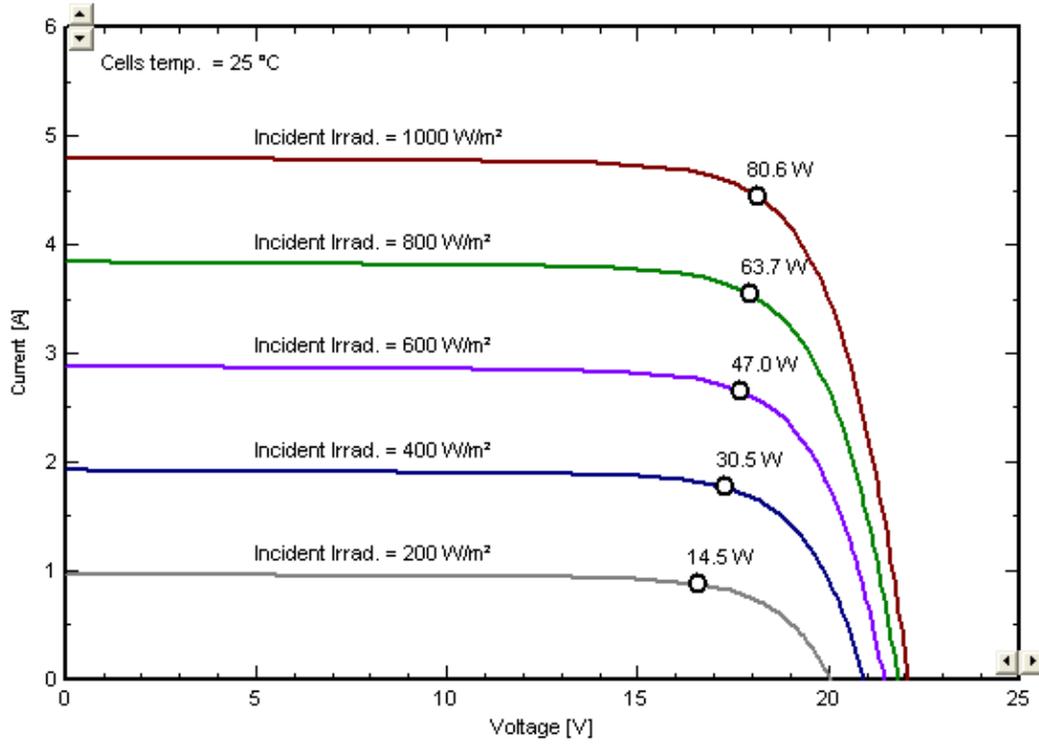
Les courbes $I=f(V)$ montrent l'influence de l'éclairage énergétique en W/m^2 et de la température de fonctionnement.

On définit les grandeurs caractéristiques du module qui dépendent des conditions climatiques:

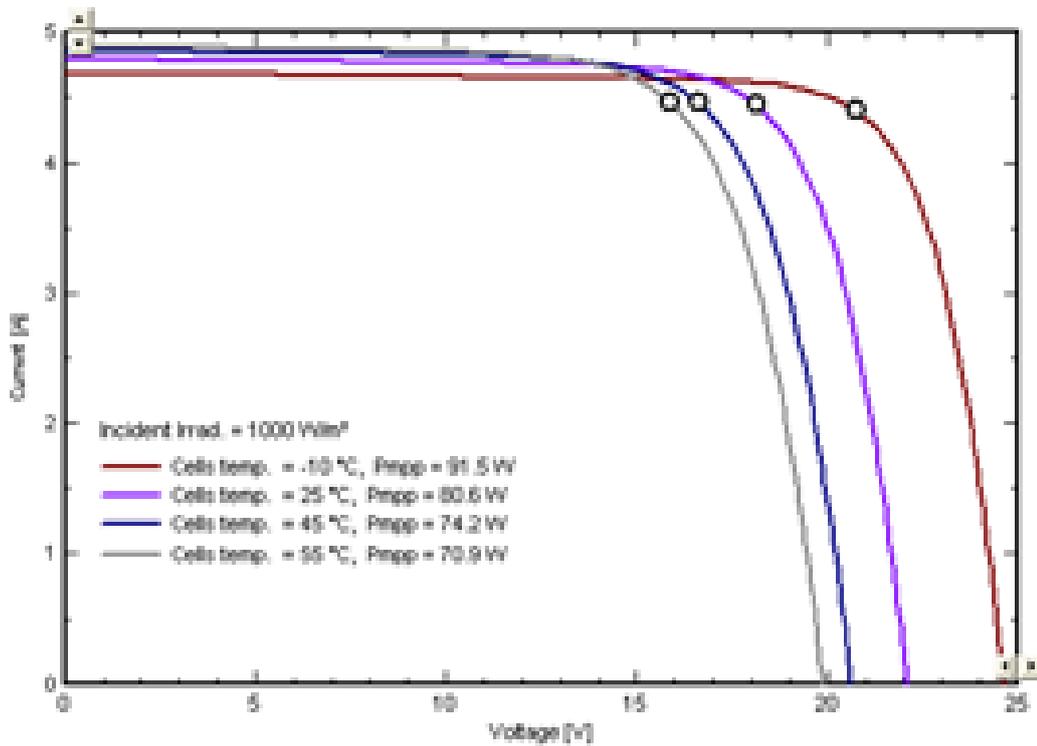
- La tension de circuit ouvert U_{oc}
- L'intensité de court-circuit I_{sc} qui peut se mesurer en plaçant un ampèremètre aux bornes du module. La mise en court-circuit du module ne provoque pas de dommage car l'intensité est proche du courant nominal de fonctionnement.



PV module: BP SOLAR, BP 380



PV module: BP SOLAR, BP 380



Association de cellules

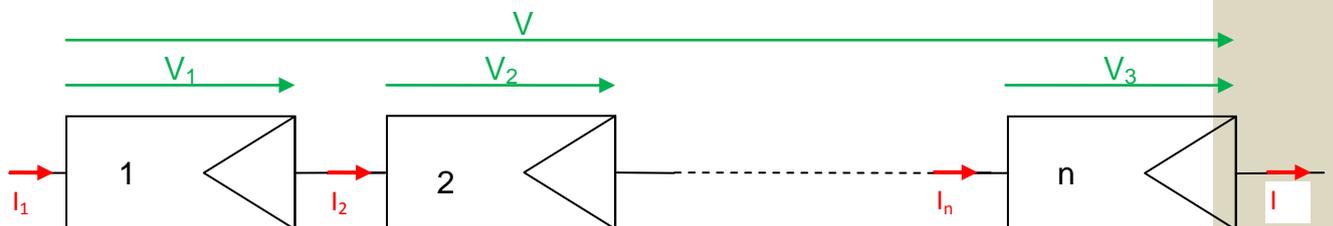
Dans les conditions standard STC (1000W/m², 25°C, AM1.5), la puissance maximale pour une cellule au silicium de 10 cm² serait d'environ 1.25 W. La cellule photovoltaïque élémentaire constitue donc un générateur électrique de très faible puissance insuffisant pour la plupart des applications domestiques ou industrielles. Les générateurs photovoltaïques sont, de ce fait, réalisés par association, en série et/ou en parallèle d'un grand nombre de cellules élémentaires. Ces groupements sont appelés modules ou panneaux.

Cette association doit être réalisée en respectant des critères précis, en raison des déséquilibres existant dans un réseau de cellules en fonctionnement. En effet, bien que choisies théoriquement identiques, les nombreuses cellules qui constituent le générateur présentent des caractéristiques différentes du fait des dispersions de construction inévitables, mais aussi d'un éclaircissement et d'une température non uniformes sur l'ensemble du réseau.

Les connexions en série de plusieurs cellules augmentent la tension pour un même courant, tandis que la mise en parallèle accroît le courant pour une même tension.

Mise en série

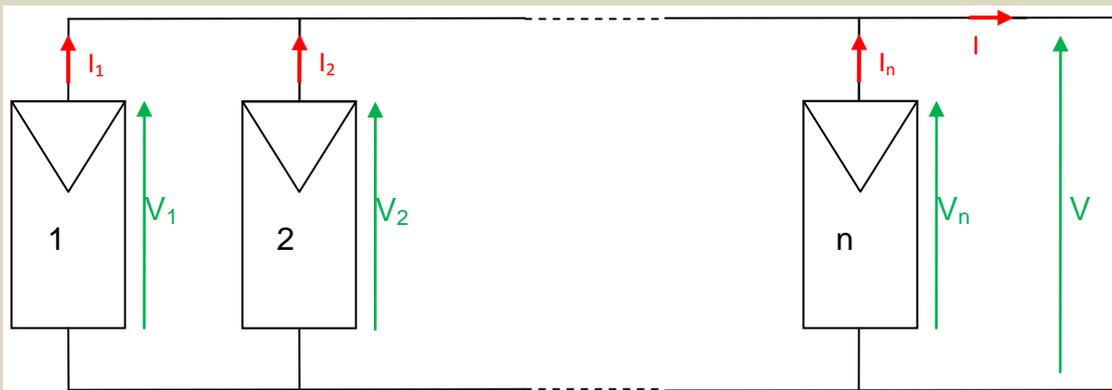
Dans un groupement en série, les cellules sont traversées par le même courant et la caractéristique résultante du groupement en série est obtenue par l'addition des tensions à courant donné.



Mise en parallèle

Dans un groupement de cellules connectées en parallèle, les cellules étant soumises à la même tension, les intensités s'additionnent : la caractéristique résultante est obtenue par addition des courants à tension donnée.





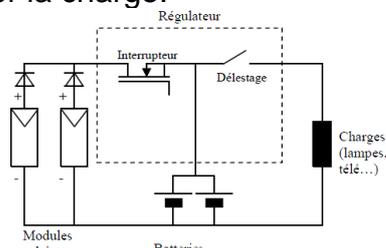
La plupart des modules commercialisés sont composés de 36 cellules en silicium cristallin, connectées en série pour des applications en 12 V.

2. Les régulateurs de charge

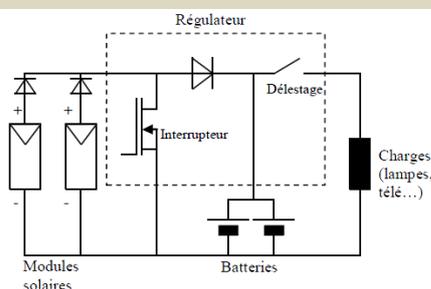
Plusieurs types de régulateurs peuvent être utilisés dans les systèmes photovoltaïques. Le régulateur contrôle les flux d'énergie. Il doit protéger la batterie contre les surcharges (solaires) et décharges profondes (utilisateur). Il doit assurer la surveillance et la sécurité de l'installation.

Les régulateurs de charge se caractérisent en trois groupes principaux :

- Les régulateurs série, qui incorporent un interrupteur entre le générateur et l'accumulateur pour arrêter la charge.



- Les régulateurs shunt, dont l'interrupteur court-circuite le générateur solaire en fin de charge.



- Les régulateurs à recherche de point de puissance maximum (MPPT ou Maximum Power Point Tracking), qui utilisent un circuit électronique spécial permettant de soutirer en permanence du champ de capteurs sa puissance maximale.

Note : Dans le TP, la simulation MPPT ne tient pas compte de la décharge et charge de la batterie.



TP Installation photovoltaïque

3. Les batteries

Le stockage d'énergie dans les systèmes photovoltaïques autonomes est en général assuré par les batteries. Celles-ci sont des éléments essentiels au bon fonctionnement des systèmes autonomes. Le stockage d'énergie représente 13 à 15% des investissements initiaux sur une durée d'exploitation de vingt ans.

Elles sont de type plomb-acide .

On utilisera des batteries dans le cas où la demande de puissance est décalée par rapport au soleil. Le choix du type de batterie se fait d'après une approximation de la puissance moyenne journalière et du temps de stockage nécessaire.

4. Les convertisseurs

Suivant l'application, on devra souvent utiliser un convertisseur pour adapter la puissance générée à la charge.

Il existe principalement les convertisseurs DC/DC qui fournissent à la charge une tension DC différente de la tension générée par les panneaux et les convertisseurs DC/AC qui produisent une tension alternative pour les charges correspondantes.

5. Les autres composants

Les derniers éléments indispensables au bon fonctionnement d'un système photovoltaïque autonome sont les protections contre la foudre, les disjoncteurs et les fusibles.

Comme les panneaux solaires sont des équipements généralement coûteux, ils doivent être protégés pour éviter toute dégradation. Les dangers sont multiples :

- Perturbations induites par les commutations des convertisseurs de puissance. Dans ce cas, on peut introduire des filtres de puissance pour éliminer les harmoniques.
- Fonctionnement en récepteur : les panneaux se détériorent rapidement quand ils absorbent de la puissance. On peut utiliser des diodes pour empêcher le courant de circuler dans le mauvais sens.
- Foudre.

Bibliographie:

- <http://sites-test.uclouvain.be/e-lee/FR/realisations/index.htm>
- Wikipédia
- These-PETIBON-final.pdf
- Centrales photovoltaïques, Guide pour le dimensionnement et la réalisation de projets, à l'usage des bureaux d'ingénieurs. Centrales photovoltaïques. Programme d'action PACER.
- Technique de l'ingénieur, <http://www.techniques-ingenieur.fr/>



TP Installation photovoltaïque

Définitions

Cellule PV : Dispositif PV fondamental pouvant générer de l'électricité lorsqu'il est soumis à la lumière telle qu'un rayonnement solaire.

Module PV ou panneau solaire: Le plus petit ensemble de cellules solaires interconnectées complètement protégé contre l'environnement.

Chaîne PV: Circuit dans lequel des modules PV sont connectés en série afin de former des ensembles de façon à générer la tension de sortie spécifiée.

Groupe PV: Ensemble mécanique et électrique intégré de chaînes et autres composants pour constituer une unité de production d'énergie électrique en courant continu.

Générateur PV: Ensemble de groupe PV.

Installation PV: Ensemble de composants et matériels mis en œuvre dans l'installation PV.

Tension en circuit ouvert : Voc (stc) tension en conditions d'essai normalisées, aux bornes d'un module PV, d'une chaîne PV, d'un groupe PV non chargés (ouvert) ou aux bornes, partie courant continu, de l'équipement de conversion PV.

Courant de court-circuit : I_{sc} (stc), courant de court-circuit d'un module, d'une chaîne ou d'un groupe PV en conditions d'essai normalisées.

Puissance crête installée (W_p) : Puissance que délivre un générateur photovoltaïque fonctionnant à sa puissance nominale STC (voir ce terme). Les installations photovoltaïques sont en général caractérisées par la somme des puissances STC des panneaux du champ.

Convertisseur/Onduleur : Appareil transformant le courant continu des cellules solaires en courant alternatif. Le convertisseur délivre la puissance du système photovoltaïque au Maximum Power Point.

Maximum Power Point : (abréviation. MPP) en Anglais, Point de Puissance Maximum. A ce point de la courbe I-U, la puissance maximale d'une cellule solaire peut être retirée. Ce point peut être trouvé et utilisé pour chaque fonctionnement grâce au MPP-Tracking.

Standard Test Conditions : [(abréviation. STC)] terme anglais pour Conditions Standards de Test. Mesure de la puissance nominale maximale d'un



TP Installation photovoltaïque

panneau solaire avec $AM = 1,5$ fois le spectre solaire, une température de cellule de 25°C et un rayonnement solaire de 1000 W/m^2 .

Rendement d'un module : Rapport de la puissance maximale générée par rapport à l'irradiance reçue sur toute la surface du module.

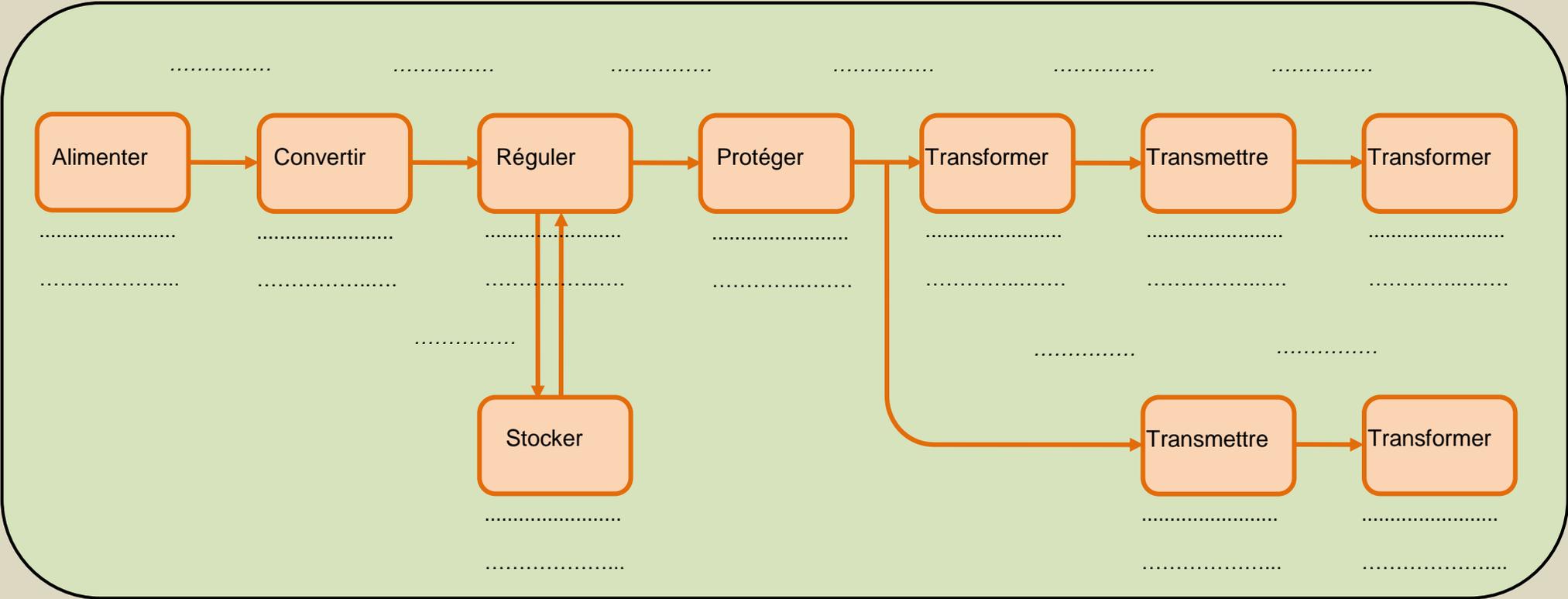
Irradiance : C'est la puissance solaire rayonnée par unité de surface (W/m^2).

Irradiation : C'est la quantité d'énergie solaire par unité de surface, exprimée en Wh/m^2 .

Solarimètre : Permet de mesurer l'irradiance.

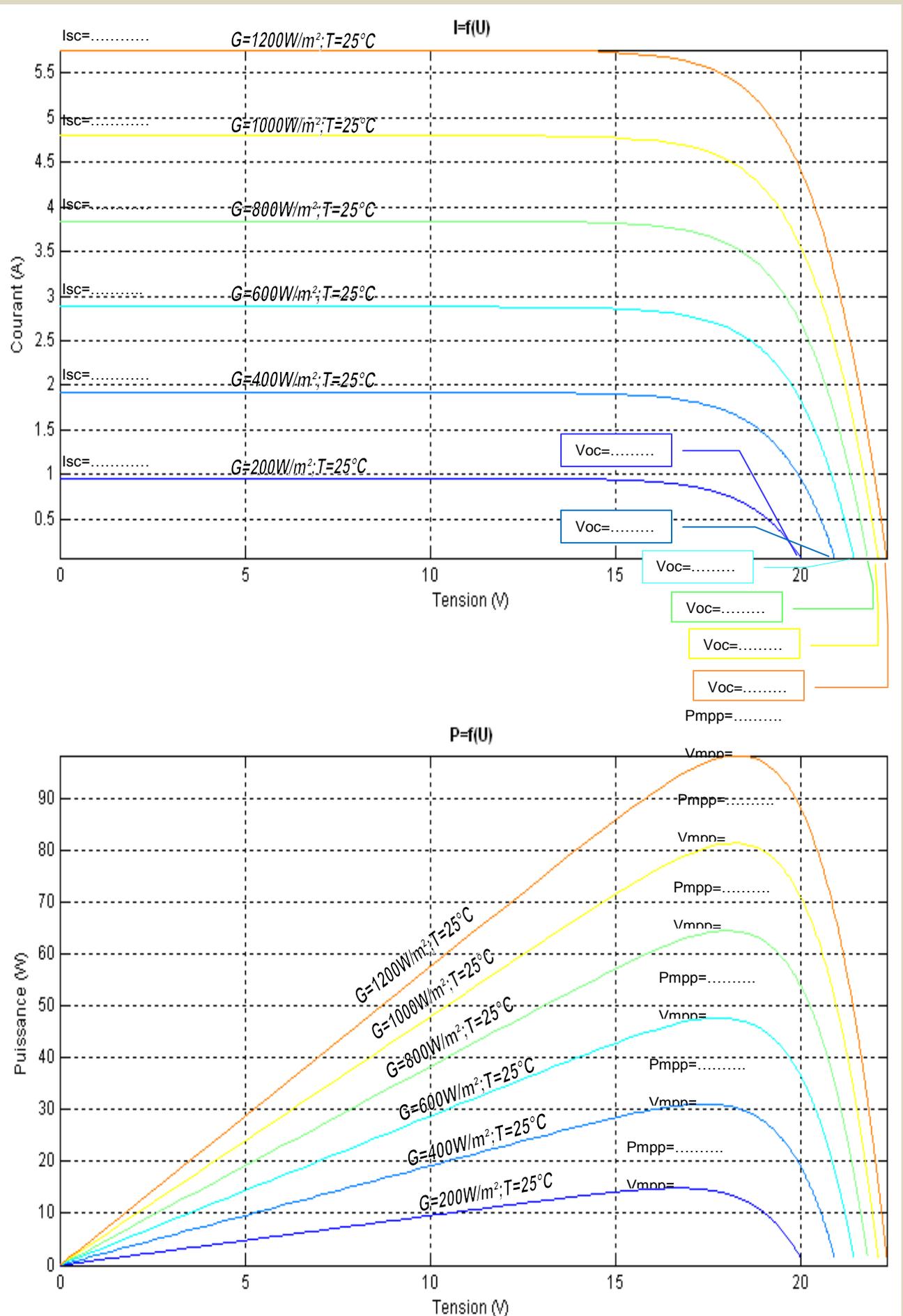


DOCUMENT REPONSE N°1 : Chaîne d'énergie d'une installation photovoltaïque autonome

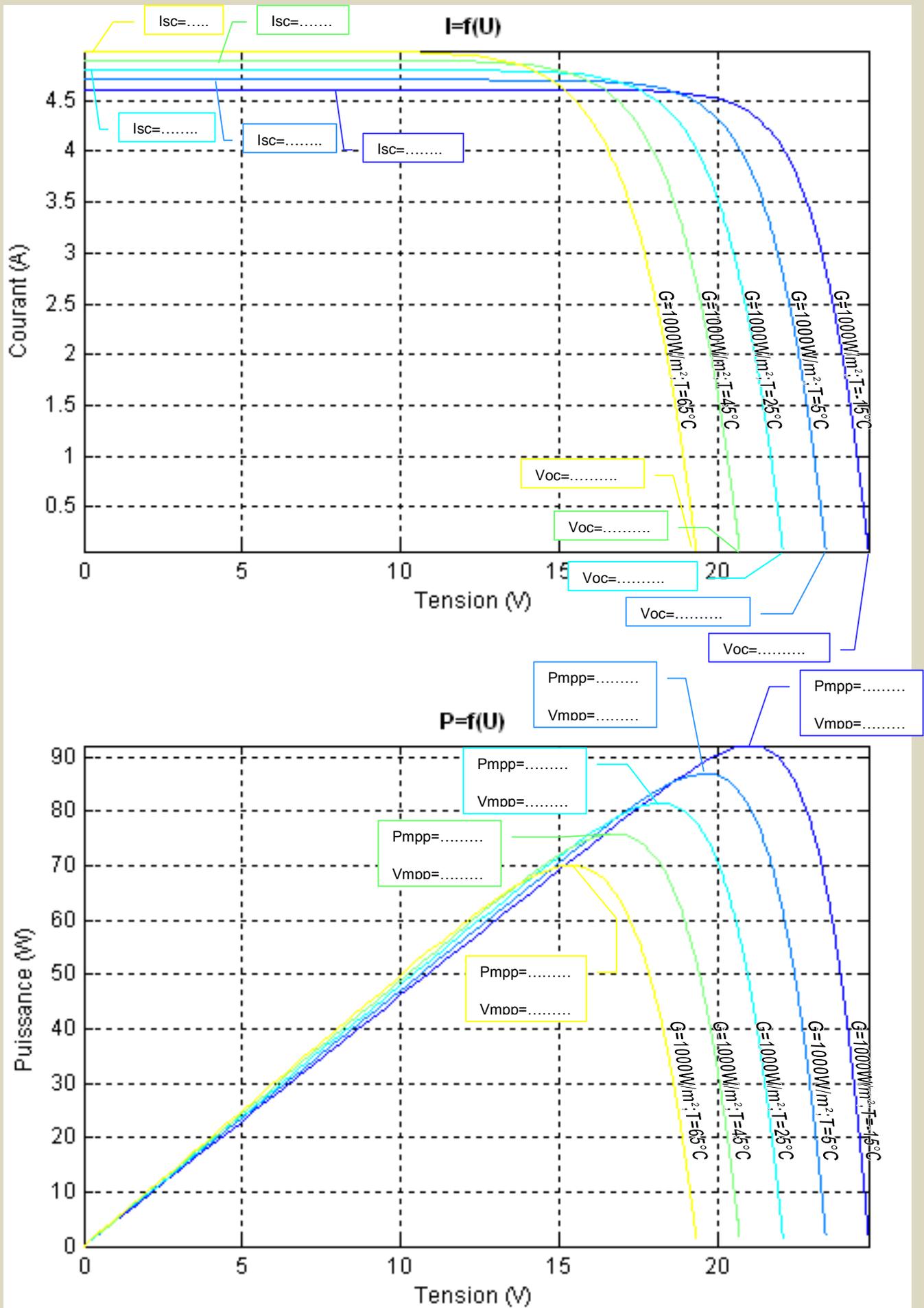


TP Installation photovoltaïque

DOCUMENT REPOSE N°2 : Influence de l'irradiance sur un module PV de 80Wc



DOCUMENT REPONSE N°3 : Influence de la température sur un module PV de 80Wc



Module Photovoltaïque - 80 Watt

BP 380

4017E-2 02/04

Le BP 380 est un module photovoltaïque de 80W particulièrement abouti, utilisant des cellules multicristallines avec couche anti-reflet SiN. Ce module solaire est aussi bien adapté pour les applications connectées au réseau, telles que le petit résidentiel ou les toitures de grands bâtiments commerciaux, que pour les applications traditionnelles : les systèmes de télécommunication et d'électrification rurale. Le BP 380 offre un rapport qualité prix de premier ordre grâce à sa fiabilité, sa feuille arrière en Tedlar blanc et ses 36 cellules multicristallines à haut rendement.

Performance

Puissance nominale	80W
Rendement module	12.6%
Tension nominale	12V
Garantie	90% puissance de sortie garantie 12 ans. 80% puissance de sortie garantie 25 ans. Absence de défauts, matériaux et main d'œuvre, garantie 5 ans.

Configuration

BP 380S	Cadre Universel Clair avec des câbles de sortie et des connecteurs Multicontact (MC) polarisés.
BP 380L	Version laminée de BP 380S sans cadre
BP 380H	Cadre Universel Clair et boîte de dérivation robuste

Paramètres d'essai de qualification

Cyclage en température	-40°C à +85°C pour 200 cycles
Tenue chaleur humidité	humidité relative de 85% et de 85°C pour 1000h
Essai de charge statique avant et arrière (par exemple : vent)	2400 Pa
Essai de charge avant (par exemple: neige)	5400 Pa
Test Impact grêle	25mm de diamètre avec une vitesse de 23m/s à une distance de 1m

Qualité et Sécurité

- Construit en usines certifiées ISO 9001 et ISO 14003
- Conforme aux directives de la Communauté européenne 89/33/EEC, 73/23/EEC, 93/68/EEC
- Certifié IEC 61215

Les mesures de puissance de module sont calibrés par ESTI sur la base des références radiométriques mondiales (Installation Solaire Européenne d'essai à Ispra, Italie)

Les modules avec cadre sont certifiés par TÜV Rhénanie à titre d'équipement de Classe II (IEC60364) de sûreté pour l'usage dans les systèmes jusqu'à 1000 VCC

Modules avec cadre testés par Underwriter's Laboratories pour la sécurité électrique et la tenue au feu (catégorie tenue au feu C)

Laminés testés par Underwriter's Laboratories pour la sécurité électrique et la tenue au feu (catégorie tenue au feu C)

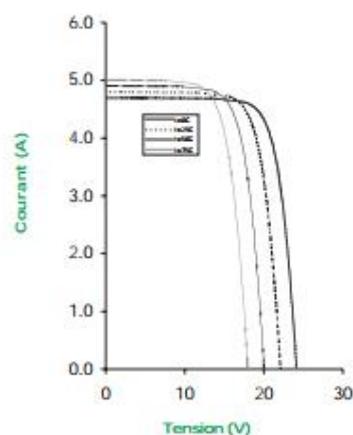


BP 380S échelle 1:14

Rendement(%)

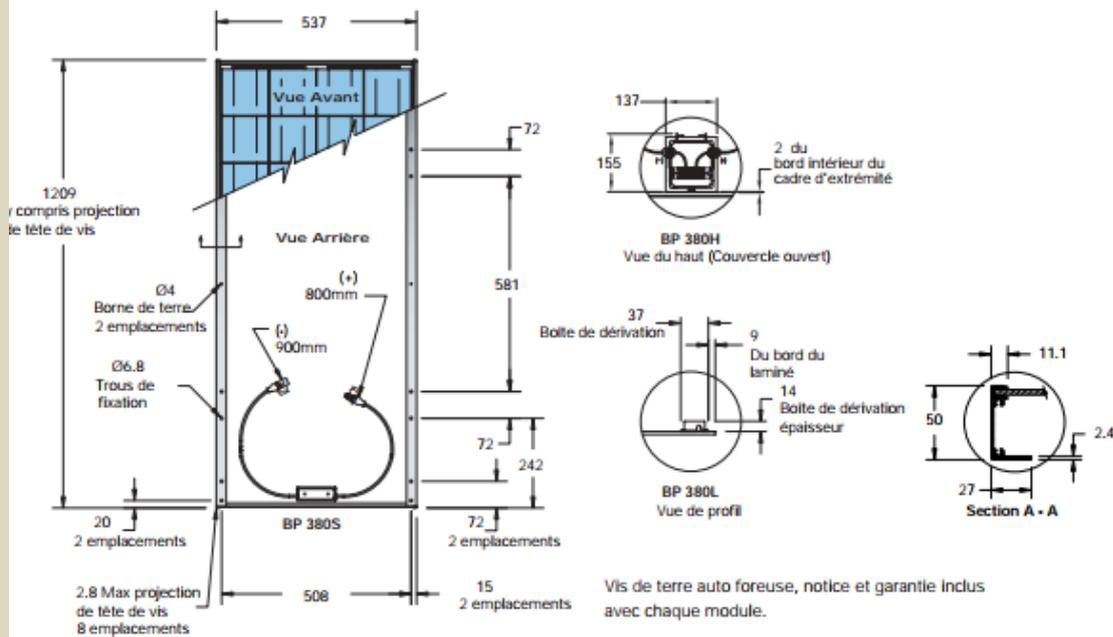
9-11	11-12	12-13	13-14	14-15
------	-------	-------	-------	-------

BP 380 Courbes IV



TP Installation photovoltaïque

Plan du Module



Vis de terre auto foreuse, notice et garantie inclus avec chaque module.

Caractéristiques Électriques Typiques

BP 380

Puissance maxi (Pmax)	80W
Minimum garanti Pmax	76W
Tension à Pmax (Vmp)	17.6V
Courant à Pmax (Imp)	4.55A
Courant de court-circuit (Isc)	4.8A
Tension à circuit ouvert (Voc)	22.1V
Coefficient de température de Isc	(0.065±0.015)%/K
Coefficient de température de Voc	-(80±10)mV/K
Coefficient de température de la puissance	-(0.5±0.05)%/K
NOCT (Air 20°C; Ensoleillement 0.8kW/m2; vitesse de vent 1m/s)	47±2°C
Calibre maxi du fusible série	15A (BP 380S / BP 380L) / 20A (BP 380H)
Tension maxi du système	600V (régime nominal IEC 61215) 1000V (régime nominal TUV Rheinland)

Conditions d'essai standard - irradiance de 1000W/m2 à un spectre solaire AM1.5G et une température de 25°C.

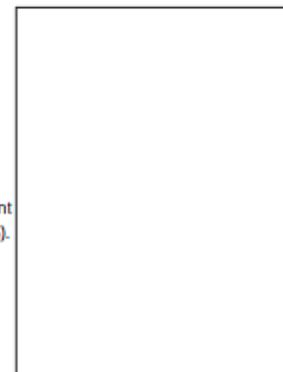
Caractéristiques mécaniques

BP 380S / BP 380H

BP 380L

Dimensions (mm) (Tolérances globales ±3mm)	1209 x 537 x 50	1197 x 530 x 19
Poids (kg)	7.7	6.1
Cadre	Alliage d'aluminium anodisé clair type 6063T6. Cadre universel argent.	
Cellules solaires	36 cellules (125mm x 125mm) configurées géométriquement pour être branchées en série pour une matrice 4 x 9.	
Boîte de dérivation (BP 380H)	Boîte de dérivation IP54 avec bloc raccord de 6 bornes de fixation ; accepte PG 13.5, M20, 13mm conduit ou garniture de câble acceptant des câbles de diamètre de 6-12mm. Fils de 2.5-10mm2 (8 à 14 AWG).	
Câbles de sortie (BP 380S / BP 380L)	Câble RHW AWG# 12 (4mm2) connecteurs multicontact étanches polarisés en CC; longueur asymétrique 900mm (-) et 800mm (+).	
Diodes	Deux diodes Schottky de dérivation 9A, 45V intégrées.	
Construction	Avant: verre trempé de 3mm à haute transmissivité. Arrière: Tedlar blanc; Agent d'encapsulation: EVA.	

Votre Distributeur BP Solar:



©BP Solar 2004

Cette publication récapitule la garantie et les caractéristiques de produit qui sont sujettes à modification sans avis préalable.
Imprimé sur papier sans CFC produit sans acide en utilisant des sources durables. 100% recyclable.

www.bpsolar.com



TP Installation photovoltaïque