



OBJECTIF
Mesure des caractéristiques d'un module photovoltaïque en fonction de l'intensité de l'éclairement lumineux

EXERCICES

- Mesure des caractéristiques I-U d'un module photovoltaïque à différents éclairements lumineux
- Comparaison entre les caractéristiques mesurées et le calcul selon le modèle mono-diode
- Détermination du rapport entre la tension à vide et le courant de court-circuit à différents éclairements lumineux

RESUME

Une installation photovoltaïque transforme l'énergie lumineuse de la lumière du soleil en énergie électrique, en utilisant des cellules solaires constituées par ex. de silicium dopé et correspondant dans leur principe à une photodiode de grande surface. La lumière absorbée dans la cellule solaire détache des porteurs de charge qui proviennent des liaisons cristallines et qui contribuent ainsi à un courant photoélectrique dans le sens passant opposé de la jonction p-n. Le courant pouvant être cédé à une charge extérieure est limité par le courant de diode de la cellule solaire. À la tension à vide U_{oc} , il atteint la valeur zéro, car le courant photoélectrique et le courant de diode y sont parfaitement compensés, et devient négatif dès qu'une tension est appliquée au-dessus de la tension à vide. Dans le domaine des courants positifs, la cellule solaire peut être exploitée comme un générateur pour céder de l'énergie électrique à une charge extérieure. Dans l'expérience, les caractéristiques courant/tension de ce générateur sont mesurées en fonction de l'éclairement lumineux et décrites avec un jeu de paramètres simple.

DISPOSITIFS NECESSAIRES

Nombre	Appareil	Référence
1	SEE Énergie solaire (230 V, 50/60 Hz)	1017732 ou
	SEE Énergie solaire (115 V, 50/60 Hz)	1017731
1	Alimentation CC 0 – 20 V, 0 – 5 A (230 V, 50/60 Hz)	1003312 ou
	Alimentation CC 0 – 20 V, 0 – 5 A (115 V, 50/60 Hz)	1003311

GENERALITES

Le terme « photovoltaïque » est composé du mot grec phos (lumière) et du nom italien Volta. Il honore *Alessandro Volta*, qui a inventé, entre autres, la première batterie électrochimique opérationnelle. Une installation photovoltaïque transforme de l'énergie lumineuse « gratuite » provenant de la lumière du soleil en énergie électrique et sans émettre de CO₂, en utilisant des cellules solaires constituées dans la majeure partie des cas de silicium dopé et correspondant à une photodiode de grande surface. La lumière absorbée dans la cellule solaire détache des porteurs de charge issus des liaisons cristallines (effet photoélectrique intérieur) qui, dans le champ électrique de la jonction p-n obtenu par le dopage, accèdent aux contacts extérieurs de la cellule solaire, les électrons vers le côté dopé n et les trous vers le côté dopé p (Fig. 1). Il se forme ainsi un courant photoélectrique dans le sens passant opposé de la jonction p-n, qui peut céder de l'énergie électrique à une charge extérieure.

Vous trouverez les informations techniques sur les appareils sur «3bscientific.com»



Le courant photoélectrique I_{ph} est proportionnel à l'éclairement lumineux Φ :

$$(1) \quad I_{ph} = \text{const} \cdot \Phi$$

Il est superposé par le courant de diode dans le sens passant

$$(2) \quad I_D = I_s \cdot \left(\exp\left(\frac{U}{U_T}\right) - 1 \right)$$

I_s : courant de saturation, U_T : tension de température

et augmente d'autant plus que la tension U développée entre les connexion dépasse la tension de diffusion U_D . Ainsi, le courant I cédé à l'extérieur est limité par le courant de diode :

$$(3) \quad I = I_{ph} - I_D = I_{ph} - I_s \cdot \left(\exp\left(\frac{U}{U_T}\right) - 1 \right)$$

À la tension à vide U_{oc} , il atteint la valeur zéro, car le courant photoélectrique et le courant de diode y sont parfaitement compensés, et devient négatif dès qu'une tension $U > U_{oc}$ est appliquée.

Dans le domaine des courants positifs, la cellule solaire peut être exploitée comme un générateur pour céder de l'énergie électrique à une charge extérieure. L'équation (3) décrit la caractéristique I-U de ce générateur.

Dans la pratique, le courant photoélectrique I_{ph} étant bien plus important que le courant de saturation I_s , l'équation (3) permet de déduire pour la tension à vide le rapport

$$(4) \quad U_{oc} = U_T \cdot \ln\left(\frac{I_{ph}}{I_s}\right)$$

Si la cellule solaire est court-circuitée au niveau de ses connexions, elle fournit le courant de court-circuit I_{sc} qui, étant donné que $U = 0$, correspond au courant photoélectrique en raison de (3). Par conséquent

$$(5) \quad U_{oc} = U_T \cdot \ln\left(\frac{I_{sc}}{I_s}\right), \text{ avec } I_{sc} = I_{ph}$$

L'équation 2 décrit le comportement de la diode dans le cadre du modèle dit standard. Dans ce cas, le courant de saturation I_s est une grandeur matérielle qui dépend des données géométriques et électriques de la cellule solaire. Pour la tension de température U_T :

$$(6) \quad U_T = \frac{m \cdot k \cdot T}{e}$$

$m = 1 \dots 2$: facteur d'idéalité
 k : constante de Boltzmann, e : charge élémentaire,
 T : température en kelvins

Si l'on observe la caractéristique de plus près, il faut encore tenir compte des courants de fuite sur les bords de la cellule solaire et des courts-circuits ponctuels de la jonction p-n, qu'on peut modéliser avec une résistance parallèle R_p . L'équation 3 devient

$$(7) \quad I = I_{ph} - I_s \cdot \left(\exp\left(\frac{U}{U_T}\right) - 1 \right) - \frac{U}{R_p}$$

Dans la pratique, pour obtenir de bonnes tensions utiles entre 20 et 50 V, on monte plusieurs cellules solaires en série dans un module photovoltaïque. Dans l'expérience, un tel circuit série constitué de 18 cellules solaires est éclairé par une lampe halogène d'éclairement lumineux variable, permettant ainsi d'enregistrer les caractéristiques courant/tension du module à différents éclairements.

EVALUATION

On peut décrire les caractéristiques courant/tension du module photovoltaïque (Fig. 2) à l'aide de l'équation 7, en utilisant toujours le même jeu de paramètres I_s , U_T et R_p indépendamment de l'éclairement lumineux et le courant photoélectrique I_{ph} selon l'éclairement lumineux. Cependant, la tension de température est 18 fois supérieure à la valeur évaluée dans l'équation 6, car le module se présente sous la forme d'un circuit série de 18 cellules solaires.

Comme schéma équivalent pour le module photovoltaïque, on peut donc indiquer un circuit parallèle constitué d'une source de courant idéale, d'un circuit série de 18 diodes semi-conductrices et d'une résistance ohmique (Fig. 3). Dans le sens bloquant, la source de courant fournit un courant qui dépend de l'éclairement lumineux.

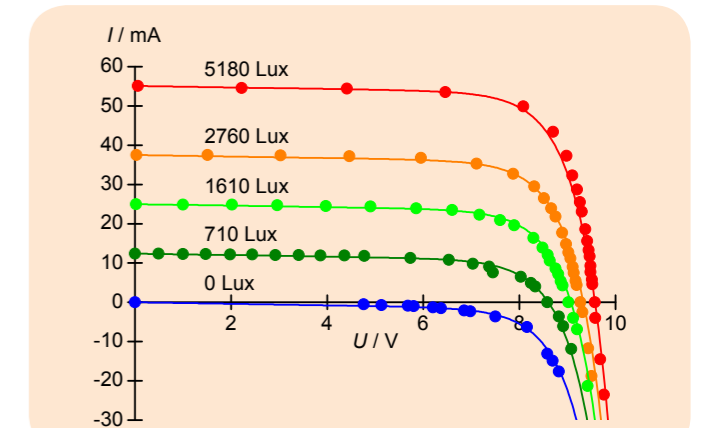
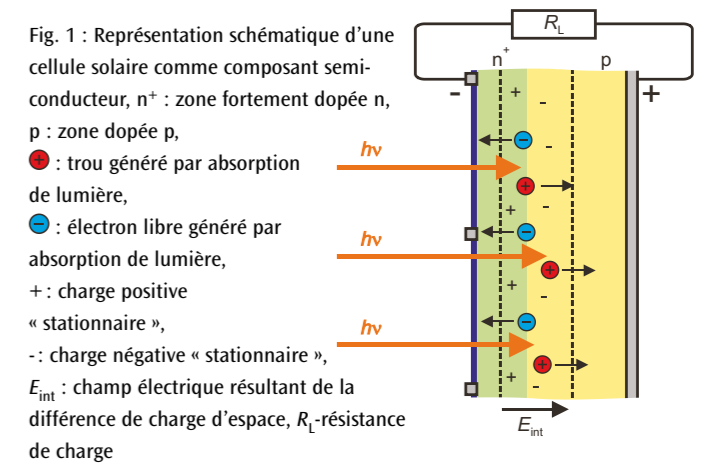


Fig. 2 : Caractéristiques courant/tension d'un module photovoltaïque à cinq éclairements lumineux différents

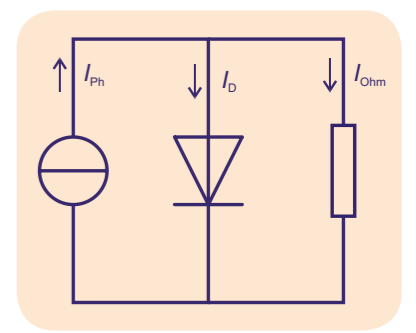


Fig. 3 : Schéma équivalent pour le module photovoltaïque