

**OBJECTIF**  
Étude de l'influence d'un ombrage partiel

## EXERCICES

- Mesurer et analyser les caractéristiques  $I/U$  et  $P/R$  du circuit série constitué de deux modules photovoltaïques.
- Mesurer et analyser les caractéristiques en cas d'ombrage partiel avec et sans protection par des diodes bypass.
- Démontrer la tension de blocage sur le module ombragé non protégé.
- Déterminer les pertes de puissance résultant d'un ombrage partiel.

## RESUME

Dans les installations photovoltaïques, on pose habituellement plusieurs modules en série. Les modules, quant à eux, sont des circuits série constitués de nombreuses cellules solaires. Dans la pratique, on observe des ombrages partiels. Certains éléments de l'installation sont alors éclairés avec une intensité moindre et ne fournissent qu'un faible courant photoélectrique qui limite le courant à travers tout le circuit série. On évite cette situation en utilisant des diodes bypass. Dans l'expérience, deux modules constitués chacun de 18 cellules solaires représentent une installation photovoltaïque simple. Ils sont montés en série au choix avec ou sans des diodes bypass supplémentaires et éclairés avec la lumière provenant d'une lampe halogène.

## 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

## NOTIONS DE BASE GENERALES

Dans les installations photovoltaïques, on pose habituellement plusieurs modules en série. Les modules, quant à eux, sont des circuits série constitués de nombreuses cellules solaires.

On calcule le courant et la tension dans un tel circuit série à l'aide des lois de Kirchhoff en tenant compte de la caractéristique courant/tension des cellules solaires. Le même courant  $I$  traverse tous les modules du circuit série

$$(1) \quad U = \sum_{i=1}^n U_i$$

$n$  : nombre de modules

et la tension totale est la somme de toutes les tensions  $U_i$  qui passent entre les connexions des différents modules. On peut très bien décrire la caractéristique courant/tension d'une cellule solaire ou d'un module individuel en s'appuyant sur un circuit équivalent faisant office de circuit antiparallèle et composé d'une source de courant constant qui fournit le courant photoélectrique et d'une « diode semi-conductrice ». Les pertes ohmiques correspondent à une résistance parallèle supplémentaire (cf. l'expérience UE8020100 et la Fig. 1). Le courant photoélectrique est proportionnel à l'intensité de rayonnement de la lumière. À intensité de rayonnement égale, tous les modules présentent le même comportement et fournissent la même tension individuelle. Dans ce cas, on obtient à partir de l'équation 1 :

$$(2) \quad U = n \cdot U_i$$

Mais dans la pratique, une installation photovoltaïque peut subir un ombrage partiel. Certains modules de l'installation sont alors éclairés avec une intensité moindre et ne fournissent qu'un faible courant photoélectrique qui limite le courant à travers tout le circuit série. Cette limitation de courant a pour effet que différentes tensions  $U_i$  apparaissent sur les différents modules.

Dans le pire des cas, les tensions sur les modules totalement éclairés atteignent même en cas de court-circuit ( $U = 0$ ) des valeurs allant jusqu'à la tension à vide (Fig. 2). Dans le sens du blocage, la somme de ces tensions est appliquée aux modules ombragés. Le fort réchauffement qui s'ensuit risque de détruire l'encapsulation, voire même les cellules solaires. Des diodes bypass, capables de faire passer le courant par l'élément ombragé, protègent les installations photovoltaïques.

Dans l'expérience, deux modules constitués chacun de 18 cellules solaires représentent une installation photovoltaïque simple. Ils sont montés en série au choix avec ou sans des diodes bypass supplémentaires et éclairés avec la lumière provenant d'une lampe halogène. Dans un premier temps, les deux modules sont éclairés avec la même intensité. Puis on ombrage l'un des deux modules, de sorte qu'il ne fournisse plus que la moitié du courant photoélectrique.

Dans tous les cas, les caractéristiques  $I/U$  sont enregistrées et comparées, du court-circuit jusqu'à la tension à vide. De plus, les puissances sont calculées comme fonctions de la résistance de charge afin de déterminer les pertes de puissance dues à l'ombrage et l'influence des diodes bypass. Par ailleurs, en cas de court-circuit, la tension est mesurée sur le module ombragé. Elle atteint -9 V si le module n'est pas protégé par une diode bypass.

## EVALUATION

Par exemple, si un module ne fournit que la moitié du courant photoélectrique, celui-ci détermine le courant de court-circuit du circuit série en l'absence de diode bypass.

Avec une diode bypass, le module totalement éclairé fournit son courant maximum, jusqu'à ce que celui-ci diminue parce que la tension à vide du module individuel est atteinte.

Le modèle mathématique permettant d'adapter les valeurs de mesure dans les Fig. 3 et 4 tient compte des lois de Kirchhoff et utilise la caractéristique courant/tension (déterminée dans l'expérience UE8020100) des différents modules avec les paramètres  $I_s$ ,  $U_T$  et  $R_p$ . Pour tenir compte des diodes bypass, on utilise la caractéristique de ces dernières.

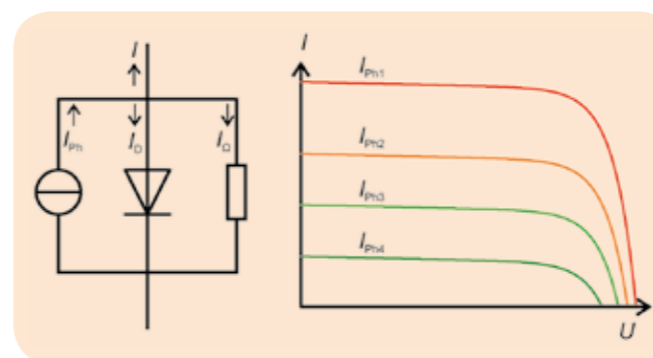


Fig. 1 : Schéma équivalent et caractéristiques d'une cellule solaire

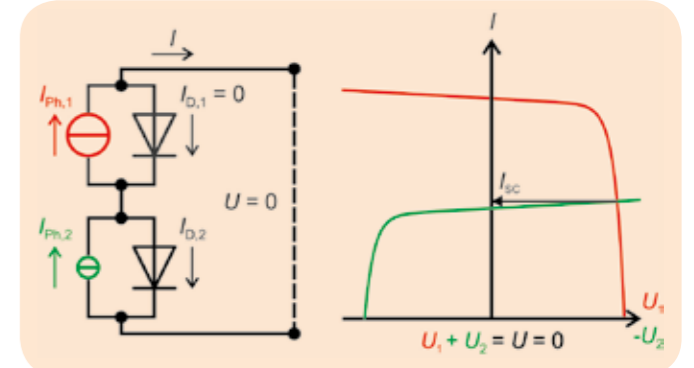


Fig. 2 : Représentation schématique d'un ombrage partiel du circuit série constitué de deux modules sans bypass, en cas de court-circuit ( $U = 0$ ). La caractéristique du module ombragé (vert) est représentée réfléchi. Ici, on observe une tension  $U_2$  dans le sens du blocage.

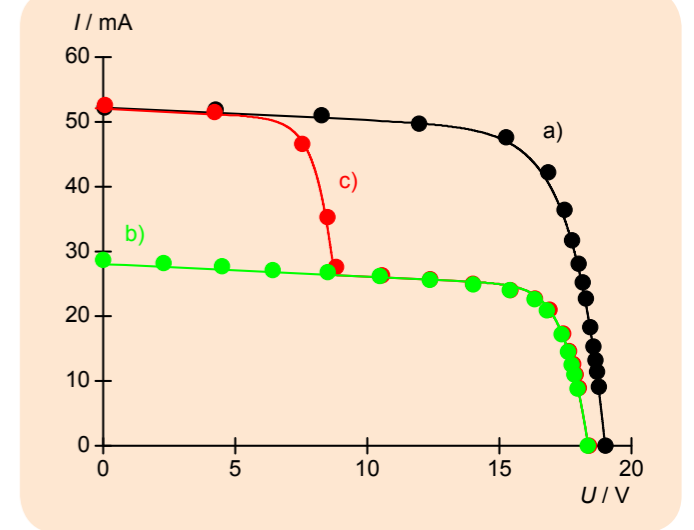


Fig. 3 : Caractéristique  $I/U$  du circuit série constitué de deux modules : a) sans ombrage, b) ombrage partiel, sans bypass, c) ombrage partiel, avec bypass

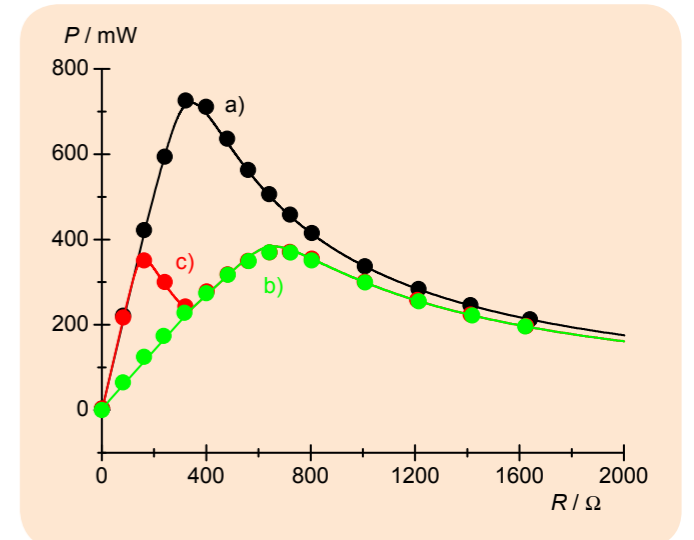


Fig. 4 : Caractéristique  $P/R$  du circuit série constitué de deux modules : a) sans ombrage, b) ombrage partiel, sans bypass, c) ombrage partiel, avec bypass

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

1