

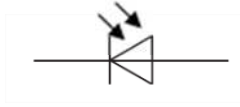
## Thème 4 : Ondes et signaux

### Partie 2B. Décrire la lumière par un flux de photons

#### CHAP 21-ACT EXP Caractéristiques d'une cellule photovoltaïque

##### 0. UNE DIODE PARTICULIERE : LA PHOTODIODE

Les photodiodes de symbole :



sont les constituants des panneaux photovoltaïques.

Dans l'obscurité, elles se comportent comme n'importe quelle diode.

Lorsqu'elles sont éclairées par de la lumière, les photodiodes génèrent un courant électrique et une tension apparaît à leur bornes.

Quelle est la caractéristique d'une photodiode (ou d'une cellule photovoltaïque) ? Comment fonctionne-t-elle ?

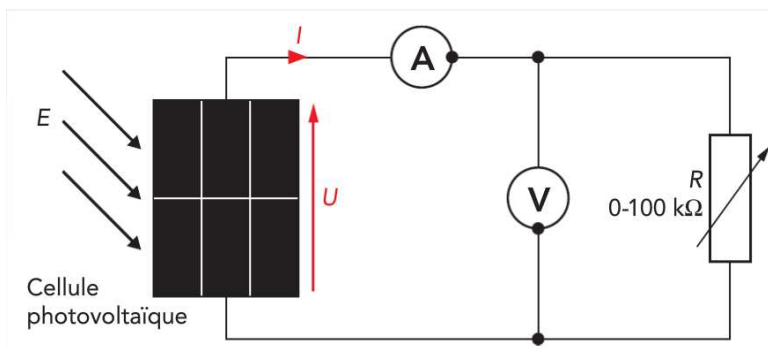
Ouvrir de document « la-photo-diode-ANNEXE »

##### 1. CARACTERISTIQUE D'UNE CELLULE PHOTOVOLTAÏQUE

*Rq : Un tutoriel pour l'utilisation du logiciel Regressi, Sysam et LatisPro est disponible sur le site MECK-anique*

###### 1.1. Expérience et mesures

- Réaliser le montage suivant :



- Calibre du voltmètre : 20 V

- Calibre de l'ampèremètre : 20 ou 200 mA

- Eclairer la cellule photovoltaïque à l'aide d'une lampe de bureau :  
Mettre la lampe à environ 20 cm de la cellule

Rq : Aidez-vous du document « la-photo-diode-ANNEXE »

- On note E l'éclairement de la lampe, mesuré en lux, par un luxmètre (capteur sysam).

Le capteur luxmètre est branché sur le canal 3.

L'acquisition est réalisée en mode permanent.

La valeur de l'éclairement peut être affichée à l'aide de l'afficheur numérique (penser à glisser dessus la courbe « lumière » depuis la liste des courbes)

- Orienter la lampe pour que l'éclairement soit maximal.
- Relever la valeur E de l'éclairement et ne plus déplacer ni la lampe ni la cellule.
- Compléter les 2 premières lignes du tableau en annexe

### 1.2. Exploitation informatique

- Tracer à l'aide de Regressi, ou d'un autre tableur, la caractéristique courant-tension  $I=f(U)$ .

**Appeler le professeur pour vérification !**

- Dessiner l'allure de la courbe sur votre rapport

1. La caractéristique d'un récepteur passe par l'origine, contrairement à celle d'un générateur. La cellule photovoltaïque est-elle un récepteur ou un générateur ?
2. On note  $I_{cc}$  l'intensité délivrée par la cellule en court-circuit c'est-à-dire lorsque la tension est nulle. On note  $U_{co}$  la tension en circuit ouvert aux bornes de la cellule quand l'intensité est nulle. Quelles sont les valeurs de  $I_{cc}$  et de  $U_{co}$  ?

### 1.3. rendement

1. Calculer à l'aide du tableur la puissance électrique P en mW, fournie par la cellule et remplir la 3<sup>ème</sup> ligne du tableau.

**Rq : Aidez- vous du document « la-photo-diode-ANNEXE »**

2. Tracer à l'aide de Regressi, ou d'un autre tableur la caractéristique puissance-tension  $P=f(U)$ .

**Appeler le professeur pour vérification !**

et dessiner l'allure de la courbe sur votre rapport

3. Quelle est la puissance maximale notée  $P_m$  fournie par la cellule photovoltaïque ?
4. Déterminer la surface de la cellule.
5. Déterminer le rendement de la cellule photovoltaïque étudiée.

## 2. EXERCICE PRODUCTION D'UNE CENTRALE ELECTRIQUE

### Document 1 : Unité usuelle d'énergie électrique le watt-heure

$$E=P \times t$$

- Où :
- La puissance électrique P est exprimée en watt (W)
  - L'énergie électrique E est exprimée en watt-heure (Wh)
  - La durée t est exprimée en heure (h)

## **Document 2 : Un exemple le Portugal**

Le Portugal a construit en 2006 à Moura la plus grande centrale solaire photovoltaïque du monde, avec 350 000 panneaux solaires installés sur 114 hectares (1,14 km<sup>2</sup>) et une capacité de production moyenne de 62 mégawatts (à comparer aux 1 500 mégawatts produits par un réacteur nucléaire).

## **Document 3 : Ensoleillement**

L'ensoleillement est l'énergie solaire reçue par une surface de 1 mètre carré pendant une année. Il s'exprime usuellement en kWh.m<sup>-2</sup>.

Ensoleillement moyen en France : 1260 kWh.m<sup>-2</sup>

Ensoleillement moyen au Portugal : 1600 kWh.m<sup>-2</sup>

## **Document 4 : Les panneaux photovoltaïques**

Les panneaux photovoltaïques sont généralement des parallélépipèdes rectangles rigides minces (quelques centimètres d'épaisseur) de masse de l'ordre de la dizaine de kilos. L'énergie électrique produite par ces panneaux photovoltaïques est directement proportionnelle à l'ensoleillement du lieu d'implantation de l'installation.



### **Question :**

***Sachant que la production française d'électricité a été, en 2009, de l'ordre de 520 TWh (1TWh = 10<sup>12</sup> Wh), on cherchera à résoudre le problème suivant :***

***Pourrait-on produire l'électricité en France uniquement avec des panneaux solaires photovoltaïques ?***

Pour répondre à cette question, vous utiliserez les documents ci-dessus et vous devrez:

1. Calculer l'énergie produite en une année par la centrale de Moura.
2. Déterminer quelle serait la valeur de cette énergie si la centrale de Moura était installée en France.
3. Calculer la surface totale de panneaux solaires à utiliser pour répondre à la demande d'électricité de l'année 2009. Est-ce réalisable ?

# Thème 4 : Ondes et signaux

## Partie 2B. Décrire la lumière par un flux de photons

### CHAP 27-ACT EXP Caractéristiques d'une cellule photovoltaïque - ANNEXE

#### I. UN SEMI-CONDUCTEUR ; LA DIODE ET LA LED

##### Doc 1 La conduction dans les semi-conducteurs

Les matériaux semi-conducteurs ne sont ni de bons conducteurs ni de bons isolants, mais se situent à un niveau intermédiaire, entre conducteurs et non conducteurs.

Au niveau des atomes qui constituent un matériau semi-conducteur, si les électrons de la dernière couche possèdent suffisamment d'énergie, ils peuvent se « détacher » de leur atome (Fig. 1) et assurer ainsi la conduction d'un courant, comme un électron libre.

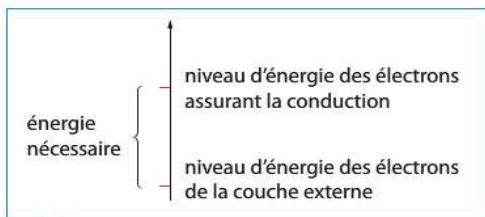


Fig. 1 Un électron a besoin d'énergie pour se

##### Doc 3 Dopage N et dopage P

La conductivité d'un semi-conducteur peut être artificiellement augmentée en ajoutant des « impuretés ».

On parle de **dopage N** quand on ajoute des atomes qui ont plus d'électrons sur leur couche électronique externe que les atomes constituant le semi-conducteur. On augmente ainsi le nombre d'électrons susceptibles de se déplacer (Fig. 3 a).

On parle de **dopage P** quand on ajoute des atomes qui ont moins d'électrons sur leur couche électronique externe que les atomes constituant le semi-conducteur. On augmente ainsi le nombre de trous susceptibles de se déplacer (Fig. 3 b).

Quand on associe un matériau dopé P à un matériau dopé N, on forme ce qu'on appelle une jonction PN, qui est la base du fonctionnement de la diode.

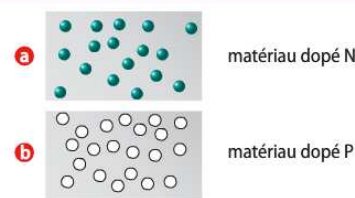
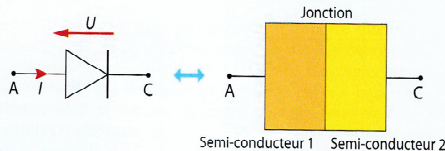


Fig. 3 Des matériaux dopés.

##### Doc 5 Principe de la DEL

Les diodes électroluminescentes (DEL) émettent de la lumière monochromatique lorsqu'elles sont parcourues par un courant électrique.

Une DEL est constituée de la mise en contact de deux matériaux, médiocres conducteurs de l'électricité, dits « semi-conducteurs », par exemple l'arséniure de gallium (AsGa). Une DEL n'autorise le passage des électrons que de la cathode C vers l'anode A (schéma ci-dessus). Le passage d'un électron par la jonction s'accompagne de l'émission d'un photon. La tension de fonctionnement  $U$  aux bornes de la DEL dépend des semi-conducteurs en contact et l'énergie du photon émis est égale au produit  $eU$ .



##### Doc 2 Électrons et « trous » dans les semi-conducteurs

Dans les semi-conducteurs, on peut considérer que la conduction du courant s'effectue par les électrons ou par... des trous ! Quand un électron quitte sa place, il laisse en effet derrière lui un trou. Un électron voisin peut venir le combler, formant à son tour un trou et ainsi de suite (Fig. 2). De la sorte, on peut dire que le trou se déplace.

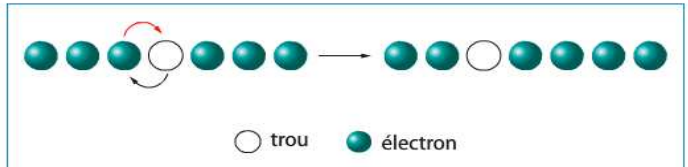


Fig. 2 Déplacement d'un électron et d'un trou.

##### Doc 4 La jonction PN (diode)

Dans une diode, en l'absence de tension appliquée, le déplacement des électrons et des trous proches de la frontière PN crée une barrière infranchissable pour les autres (Fig. 4 a).

En présence d'une tension appliquée, le comportement des porteurs de charge varie selon la polarisation, c'est-à-dire selon le signe de la tension (Fig. 4 b et c).

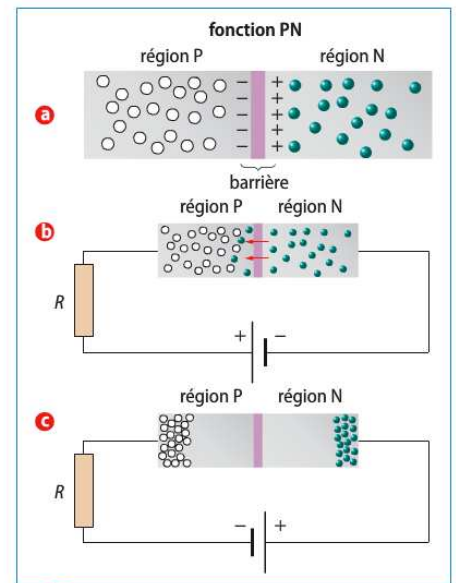


Fig. 4 Comportement des électrons et des trous dans une diode. a En l'absence de tension ; b en polarisation directe ; c en polarisation inverse.



## 2. UNE DIODE PARTICULIERE : LA PHOTODIODE.

Quelle est la caractéristique d'une photodiode (ou d'une cellule photovoltaïque) ? Comment fonctionne-t-elle ?

### Document 1 : Le solaire, une formidable source d'énergie verte

Chaque année, l'énergie solaire produit plus de 20 fois les besoins énergétiques mondiaux. Et pourtant, elle ne représente que 1% des capacités de production électrique mondiale. L'énergie solaire, produite par le rayonnement du soleil sur la Terre, représente une source naturelle inépuisable et 100% verte.

Exploitée selon deux techniques différentes, elle utilise soit :

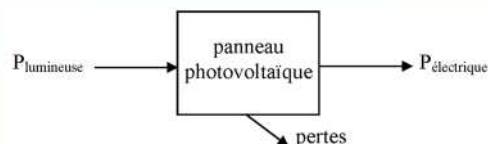
- des capteurs solaires qui transforment les rayonnements en chaleur. Cette chaleur est ensuite distribuée par un système de circulation d'eau ou d'air. Appelé «solaire thermique», son utilisation peut être complétée, pendant les périodes de l'année peu ensoleillées, par une énergie complémentaire (gaz naturel, électricité, bois...),
- des cellules photovoltaïques, réunies dans un panneau solaire, qui transforment l'énergie en courant électrique. Celui-ci est alors utilisé localement par le bâtiment qui l'a produit ou transmis sur le réseau électrique. On l'appelle, le «solaire photovoltaïque».



Dans un monde qui manquera de ressources énergétiques dans quelques décennies, la solution solaire semble parfaite. Pourtant, la pratique n'entre pas dans les mœurs. Premier facteur aggravant : l'investissement que cette énergie représente pour un manque de rendement. Les 100 000 pauvres d'Inde ont des besoins en électricité limités. Mais dans le monde occidental, impossible d'imaginer une maison où l'électroménager, la télévision, l'ordinateur et les lampes halogènes sont fournis en énergie solaire. Sans oublier le climat plus tempéré et le faible nombre de jours ensoleillés.

Le solaire thermique se révèle efficace pour chauffer l'eau et ne coûte pas aussi cher que le solaire photovoltaïque. Pourtant, la recherche progresse dans ce domaine et le rendement, déjà très faible, s'améliore constamment. En France et en Allemagne, des crédits d'impôt et des aides financières ont été mis en place pour tous les types d'énergie solaire.

### Document 2 : Un panneau photovoltaïque convertit l'énergie lumineuse en énergie électrique



### Document 3 : Rendement d'une cellule photovoltaïque :

- Le rendement d'une cellule photovoltaïque est le quotient

$$\eta = \frac{P_m}{P_{\text{lumineuse}}}$$

Où  $P_m$  est la puissance électrique maximale fournie par la cellule en W et  $P_{\text{lumineuse}}$ , la puissance lumineuse reçue par cellule photovoltaïque en W

- La puissance d'un dipôle électrique est fournie par la relation  $P = U \cdot I$

Le maximum de puissance  $P_m$  d'une cellule est atteint dans des conditions particulières de courant et de tension que la caractéristique permet de déterminer.

- Pour caractériser la puissance lumineuse  $P_{\text{lumineuse}}$  reçue par la cellule, on utilise une grandeur physique particulière appelée « éclairage ».

Cette grandeur est notée E. Elle correspond à la puissance lumineuse reçue par unité de surface du panneau et s'exprime donc en  $W/m^2$ .

- Un luxmètre permet d'obtenir un ordre de grandeur de l'éclairage E sachant que 100 lux correspondent à environ  $1,8 W/m^2$ .

# CARACTERISTIQUE D'UNE CELLULE PHOTOVOLTAÏQUE

## 1.1. Expérience et mesures

