

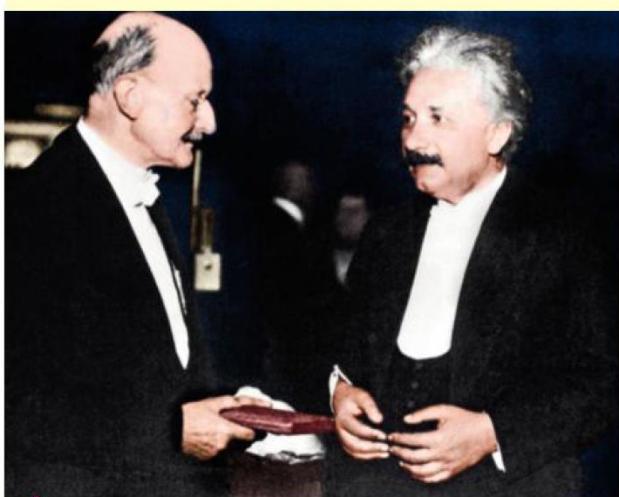
Cellules photovoltaïques

1 - Les matériaux semi-conducteurs

Ce n'est qu'en 1839 qu'a été observé le comportement électrique d'un matériau sous l'effet de la lumière. La quantité considérable d'énergie qui nous parvient du Soleil est plusieurs milliers de fois supérieure à notre consommation énergétique. Cette énergie renouvelable peut être captée avec des cellules photovoltaïques, une application des matériaux semi-conducteurs.

► Quel est le comportement des matériaux semi-conducteurs sous l'effet de la lumière ?

Doc 1 L'explication de l'effet photoélectrique par Einstein



Albert Einstein a repris l'hypothèse des quanta formulée par Max Planck.

- Le nom d'Albert Einstein est associé à sa théorie de la relativité, mais c'est pour son explication de l'effet photoélectrique que le prix Nobel lui a été attribué en 1921.
- Au milieu du XIX^e siècle, l'effet photoélectrique avait été observé sans qu'aucune théorie ne l'explique correctement : un faisceau de lumière qui atteignait un métal pouvait lui arracher des électrons. En 1905, Einstein **postula** que la lumière se comportait comme si elle était constituée de « grains indivisibles », les photons.
- La matière peut absorber ou émettre des photons, chacun portant une quantité d'énergie bien définie, un quantum : cette approche constituera l'un des fondements de la mécanique quantique.

Doc 2 Le modèle quantique de l'atome

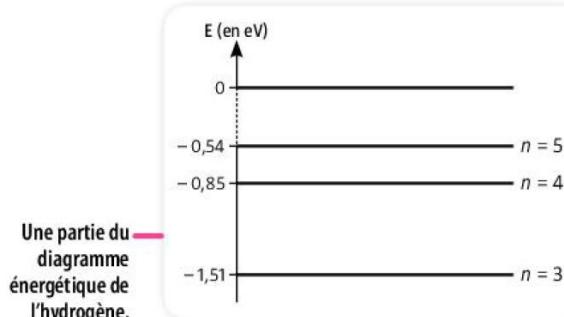
- Le spectre de la lumière émise par un **gaz excité** est composé de fines raies colorées, chacune des raies correspondant à une émission de photons identiques, de même longueur d'onde. À une longueur d'onde donnée correspond une énergie donnée.
- Nous retrouvons la théorie des quanta utilisée par Einstein : l'énergie d'un atome ne peut prendre que des valeurs bien déterminées, dites discrètes. Ainsi, l'**énergie** d'un atome isolé est **quantifiée**.



Spectre de raies d'émission de l'hydrogène.



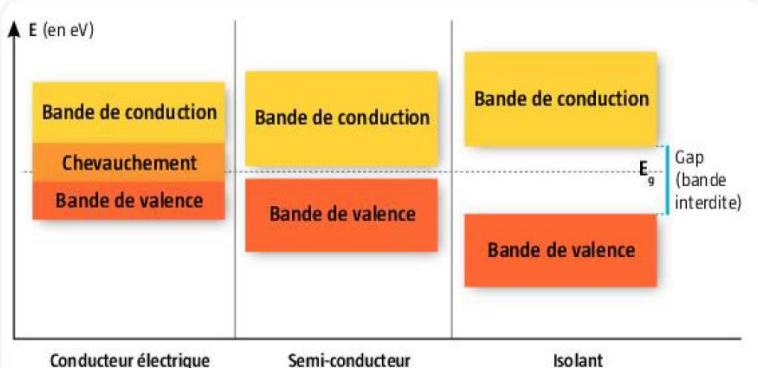
Spectre de raies d'absorption de l'hydrogène.



- La valeur de l'énergie d'un photon émis est égale à la différence d'énergie (en valeur absolue) qui existe entre deux niveaux possibles, c'est-à-dire entre deux états d'énergie possibles de l'atome. Ce sont donc uniquement les photons identiques à ceux émis qui pourront être absorbés par cet atome. L'analyse de la lumière absorbée permet ainsi d'identifier cet atome.

Doc 3 Conducteurs, isolants et semi-conducteurs

- Dans les solides, qui peuvent être considérés comme des assemblages d'atomes, ce ne sont plus des niveaux d'énergie mais des bandes d'énergie qui sont permises et qui sont séparées par des bandes interdites.
- Au repos, des électrons se trouvent dans la bande de valence.



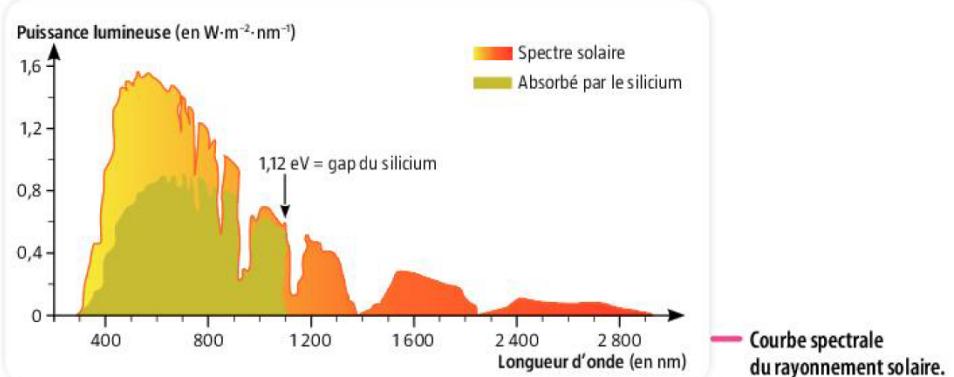
• Un solide est un **isolant électrique** lorsque sa bande de valence est remplie et que la bande interdite est trop large pour que les électrons puissent la franchir et atteindre la bande de conduction.

• Dans un **conducteur électrique**, la bande de valence et la bande de conduction se chevauchent ; il n'y a donc pas de bande interdite. La bande de conduction n'est pas complète, et des électrons peuvent facilement s'y déplacer.

• Les **matériaux semi-conducteurs**, intermédiaires entre les isolants et les conducteurs, ont une structure proche de celle des isolants, avec une bande interdite moins large.

- L'énergie E_g (ou gap) à apporter à un électron pour qu'il franchisse la bande interdite d'un semi-conducteur peut être fournie par un photon, d'énergie égale ou supérieure à E_g . Pour le silicium, par exemple $E_g = 1,12$ **electron-volt**.
- En dopant un semi-conducteur, c'est-à-dire en introduisant des impuretés telles que le phosphore ou le bore dans le semi-conducteur, le franchissement de la bande interdite est facilité.

Doc 4 L'absorption du rayonnement solaire par un matériau semi-conducteur



- Préciser** quelle a été la démarche d'Einstein pour expliquer l'effet photoélectrique (**doc 1**).
- Prévoir** si un atome d'hydrogène peut absorber un photon dont l'énergie vaut $E = 0,97$ eV, puis un photon dont l'énergie vaut $E = 1,20$ eV (**doc 2**).
- Prévoir** si du silicium solide peut absorber un photon dont l'énergie vaut $E = 0,97$ eV, puis un photon dont l'énergie vaut $E = 1,20$ eV (**doc 3**).
- Déterminer** la valeur de la longueur d'onde λ des photons à fournir aux électrons pour qu'ils puissent franchir la bande interdite dans le silicium (**doc 4**).
- Synthèse Expliquer** ce qui fait des semi-conducteurs des matériaux de choix dans les cellules photovoltaïques.

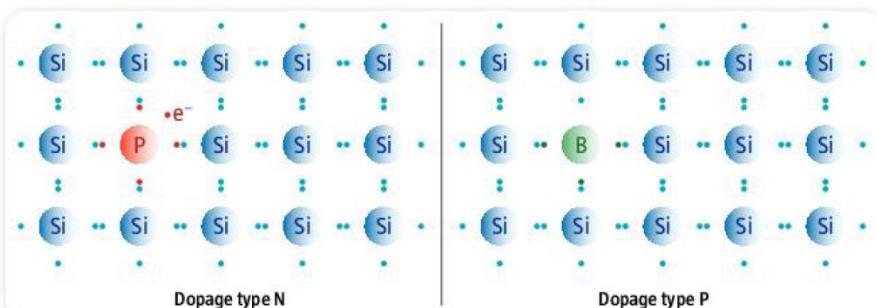
2- Des semis conducteurs aux cellules photovoltaïques

Le silicium, un semi-conducteur, est utilisé dans les capteurs photovoltaïques tels que la cellule photovoltaïque.

► Quel est le principe de fonctionnement d'une cellule photovoltaïque ?

Doc 1 Le dopage du silicium par le phosphore ou par le bore

- L'atome de silicium (Si) possède quatre électrons de valence, l'atome de phosphore (P) en possède cinq, et l'atome de bore (B) en possède trois.
- Lorsqu'un atome de phosphore est ajouté au silicium, il est dopé N. Si un atome de bore est ajouté au silicium, il est dopé P.

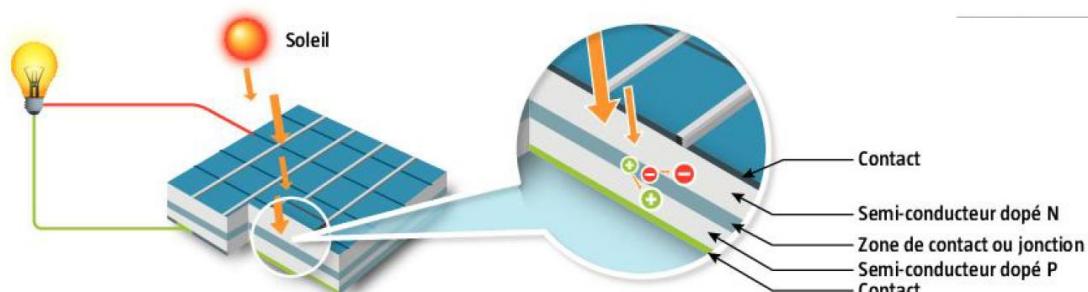


Doc 2 Le principe de la cellule photovoltaïque

- Le schéma ci-dessous représente le principe très simplifié de la cellule photovoltaïque. Un semi-conducteur dopé N et un semi-conducteur dopé P sont mis en contact. La zone de contact entre les semi-conducteurs est appelée jonction.
- La cellule photovoltaïque produit un courant lorsqu'elle est éclairée. Un photon d'énergie suffisante peut être

absorbé par un atome de la jonction : un électron est arraché (–) et un trou est créé (+).

- Les cellules photovoltaïques se présentent sous la forme de fines plaques d'une dizaine de centimètres de côté. Elles sont réunies en modules pour constituer ensuite des panneaux photovoltaïques.



1 Déterminer le nombre de liaisons de valence que peuvent former un atome de silicium, un atome de phosphore et un atome de bore avec un autre atome de silicium (**doc 1**).

2 Justifier le nom des deux types de dopages (**doc 1**).

3 Expliquer pourquoi il existe une tension entre le contact supérieur et le contact inférieur de la cellule (**doc 2**).

4 Indiquer le sens du courant électrique et celui des électrons dans le circuit extérieur après avoir reproduit le schéma du **doc 2**.

5 Synthèse Expliquer succinctement le principe de fonctionnement de la cellule photovoltaïque.

3- La cellule photovoltaïque

Pour que les installations photovoltaïques soient performantes et respectent l'environnement, il est nécessaire que les cellules soient utilisées dans des conditions optimales.

► Comment maximiser la puissance électrique fournie par une cellule photovoltaïque ?

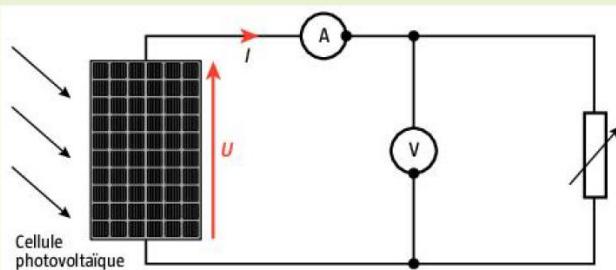
Doc 1 La cellule photovoltaïque étudiée

- La cellule photovoltaïque est éclairée à l'aide d'une lampe, placée à 40 cm environ de la cellule.
- La distance entre la lampe et la cellule doit rester constante pendant les mesures.



Doc 2 Étude de la cellule photovoltaïque

EXPÉRIENCE



MATÉRIEL

- 1 cellule photovoltaïque
- 1 boîte à décades qui permet de régler la valeur de la résistance
- 2 multimètres
- 5 fils électriques
- 1 lampe à incandescence de 25 W (ou équivalent) ou une lampe à LED de 5 W
- 1 réglent de 50 cm
- 1 tableau

PROTOCOLE

- Réaliser le montage schématisé ci-contre. Se placer dans l'obscurité.
- Relever dans un tableau une vingtaine de couples de valeurs (U , I) pour lesquelles la résistance prendra des valeurs allant de $5 \text{ M}\Omega$ à 2Ω avec un nombre important de valeurs entre 50Ω et 100Ω pour la lampe à incandescence ou 100Ω et 400Ω pour la lampe à LED.
- Calculer la valeur de la puissance P pour chaque couple de valeurs (U , I).
- Tracer la caractéristique tension-intensité $I = f(U)$ puis tracer la courbe représentative de la puissance P fournie par la cellule en fonction de la tension U .

FICHE TP
lienmini.fr/es-tle-c05-13

VIDÉO D'EXPÉRIENCE
lienmini.fr/es-tle-c05-14



- Justifier** le fait que la cellule se comporte comme un générateur (doc 2).
- Déterminer** la valeur maximale P_{\max} de la puissance à partir de la courbe représentative de la puissance P en fonction de la tension U aux bornes de la cellule.
- À partir des deux courbes obtenues, **déduire** les valeurs de la tension U et de l'intensité I correspondant à P_{\max} puis la valeur de la résistance R pour une utilisation optimale de la cellule.
- Synthèse Décrire** la conversion d'énergie réalisée par une cellule photovoltaïque et **expliquer** pourquoi la valeur de la résistance du circuit étudié doit être judicieusement choisie.