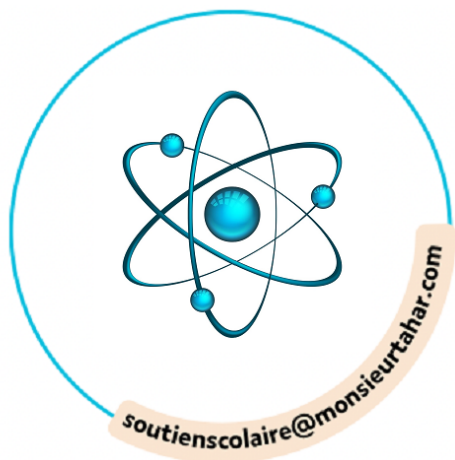


ENSEIGNEMENT SCIENTIFIQUE



PHYSIQUE - CHIMIE

CHAPITRE 1

Les alternateurs, fournisseurs d'électricité



Un alternateur, comme celui fixé aux roues de certains vélos, produit de l'électricité en faisant tourner un aimant dans une bobine de cuivre : la variation du champ magnétique de l'aimant génère du courant.

I Sur le chemin de l'induction électromagnétique

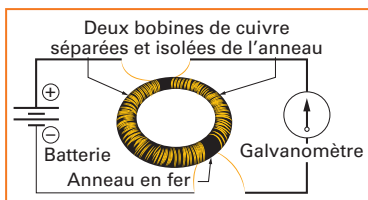
1 Du courant au champ magnétique

- Le magnétisme et l'électricité sont des phénomènes connus depuis l'Antiquité, mais ne sont étudiés et compris qu'au XVIII^e siècle.
- Le 21 juillet 1820, le physicien danois Hans Christian Ørsted publie un traité qui relate un phénomène étonnant : une **aiguille aimantée** est **déviée** lorsqu'elle se trouve à proximité d'un fil parcouru par un **courant**. Le passage du courant électrique produit un champ magnétique autour du fil.
- En 1831, le chimiste et physicien anglais **Michael Faraday** tente alors de préciser, expérimentalement, le lien entre magnétisme et électricité.

2 Les expériences électromagnétiques de Faraday

Faraday pense que le passage du courant dans la bobine de gauche va générer un champ magnétique et que ce dernier, canalisé dans l'anneau de fer, va créer un **courant induit** dans la bobine de droite. Mais, lorsque l'interrupteur est fermé, aucun courant ne circule dans la bobine de droite.

DOC. 1. Le montage expérimental



L'aiguille du galvanomètre n'indique le passage d'un courant qu'au moment même où l'on ouvre ou ferme l'interrupteur. Ce n'est donc pas le champ magnétique mais sa variation qui crée du courant.

Faraday réalise alors une autre expérience, avec un aimant qu'il approche et éloigne de la bobine. Le **mouvement de l'aimant**, et plus exactement de son champ magnétique, fait naître un **courant alternatif** induit dans la bobine. Faraday découvre ici le phénomène d'**induction électromagnétique**.

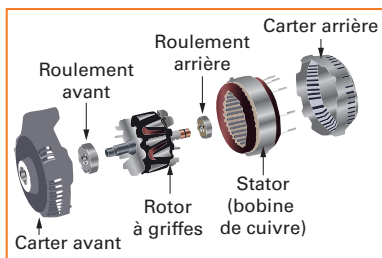


II L'induction exploitée par l'alternateur

1 Le stator et le rotor : deux pièces maîtresses

- Les alternateurs électriques exploitent le phénomène d'**induction électromagnétique**.
- Un alternateur est constitué de deux parties :
 - le stator est la **partie fixe** formée par une ou plusieurs **bobines en cuivre** ;
 - le rotor est la **partie qui tourne** et sur laquelle est fixé l'**aimant**. Plus le rotor tourne vite, plus l'intensité du courant est grande.

DOC. 2. Éclaté de l'alternateur d'une voiture



2 Un rendement efficace

- L'alternateur a pour rôle de **convertir** de l'**énergie mécanique** en **énergie électrique**.
- On trouve des alternateurs dans les éoliennes, les centrales hydrauliques, les usines marémotrices, les automobiles ou les éclairages de vélo (**dynamo**).

À noter

Scientifiquement, la **dynamo** désigne un générateur de courant continu, alors que l'appareil qu'on appelle « dynamo » sur un vélo délivre un courant alternatif !

- Le rendement d'un alternateur est en général très bon **FICHE 23**.

Les **pertes** sont principalement dues aux **frottements**, qui peuvent survenir au niveau du rotor, et à l'**échauffement du fil de cuivre** de la bobine (effet Joule).

Le rendement se calcule grâce à la formule :

$$\eta = \frac{\text{énergie utile}}{\text{énergie reçue}} = \frac{\text{énergie électrique}}{\text{énergie mécanique}}$$

Le rendement est sans unité et les énergies s'expriment en **joule (J)**.

Les semi-conducteurs et le silicium



Les avancées théoriques, en physique, ont permis de montrer pourquoi certains matériaux laissent passer le courant, d'autres lui faisaient barrière, et d'autres encore étaient semi-conducteurs.

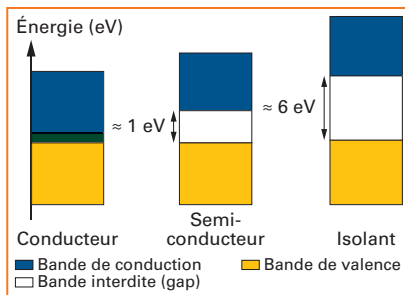
I Les conducteurs, isolants et semi-conducteurs

1 La théorie des bandes et la conductivité

Le caractère conducteur ou isolant des matériaux prend sa source dans la structure même des atomes et la configuration de leurs électrons.

On peut schématiser l'énergie des électrons sous la forme de bandes d'énergie. La dernière bande d'énergie, complètement remplie d'électrons, est appelée **bande de valence**, et la suivante, qui n'est pas remplie, **bande de conduction**. Entre les deux se trouve une zone appelée **bande interdite** ou « gap ».

DOC. 1. Diagrammes énergétiques de trois types de matériaux



2 Le passage d'une bande d'énergie à l'autre

Pour un **conducteur**, les bandes de valence et de conduction se chevauchent. Les électrons peuvent donc passer d'une bande à l'autre librement. Le courant peut circuler. C'est le cas par exemple du cuivre, de l'argent ou de l'or.

Pour un **isolant**, les bandes sont très éloignées l'une de l'autre, d'environ 6 eV (électron-volt). Les électrons ne peuvent pas circuler d'une bande à l'autre.

Pour un **semi-conducteur**, le gap est plus petit que pour un isolant. Il est par exemple de 1,12 eV pour le silicium (Si) et 0,66 eV pour le germanium (Ge). Il peut donc devenir conducteur, si on l'éclaire par exemple, ce qui excite les électrons de valence.



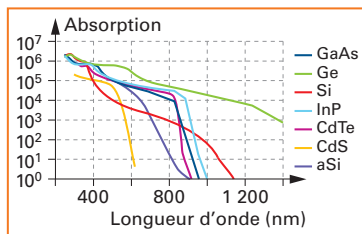
II Les spectres des semi-conducteurs

1 Le spectre d'absorption des semi-conducteurs

● L'écart entre la bande de valence et la bande de conduction d'un semi-conducteur vaut environ 1 eV. Or 1 eV correspond à l'énergie d'une radiation de longueur d'onde d'environ 1 200 nm.

● Les spectres d'absorption du document 2, montrent que la plupart des semi-conducteurs absorbent des longueurs d'ondes inférieures à 1 200 nm, donc suffisantes pour passer le gap et permettre la circulation des électrons.

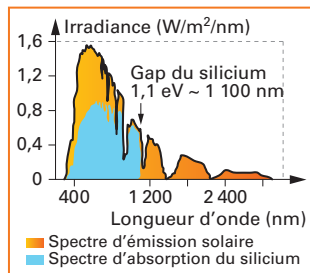
DOC. 2. Absorption des semi-conducteurs en fonction de la longueur d'onde



2 Pourquoi fabriquer des panneaux solaires avec du silicium ?

Le spectre d'émission du Soleil correspond aux longueurs d'ondes absorbées par le silicium. Toutes les longueurs d'ondes inférieures à 1 100 nm peuvent être absorbées par le silicium et permettre aux électrons de la bande de valence de passer dans la bande de conduction.

DOC. 3. Spectre d'émission du Soleil et spectre d'absorption du silicium



Le silicium en lingots



À noter

Le germanium (Ge) absorbe également les longueurs d'onde inférieures à 1 100 nm, mais il est plus sensible aux hautes températures, plus cher et moins abondant que le silicium.

Le photovoltaïque pour capter l'énergie solaire



Les cellules photovoltaïques des panneaux solaires ont la capacité de transformer l'énergie solaire en énergie électrique.

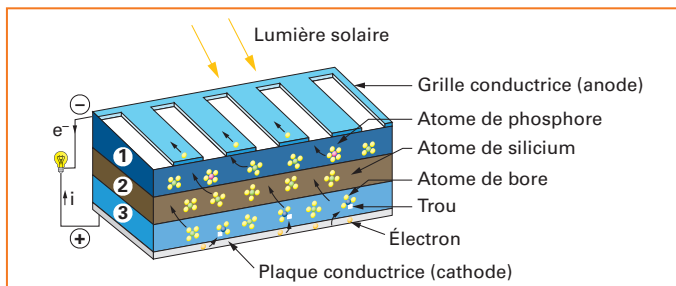
I Le fonctionnement d'une cellule photovoltaïque

La cellule photovoltaïque est souvent composée de silicium, un matériau semi-conducteur qui devient conducteur quand on l'éclaire **FICHE 24**.

Afin de favoriser la **circulation des électrons** et le **passage du gap**, on introduit dans le silicium des impuretés comme le bore et le phosphore.

Le **bore** a un électron de moins que le silicium, ce qui crée un « trou », équivalant à une charge positive. On parle de **dopage de type P**, comme « positif ». Le **phosphore** a un électron de plus que le silicium. On parle de **dopage de type N**, comme « négatif ».

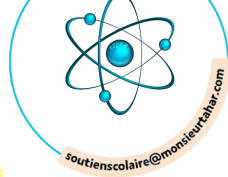
DOC. 1. Structure et fonctionnement d'une cellule photovoltaïque



Spontanément, les électrons en excès de la couche de silicium dopé N (phosphore) ① diffusent dans la couche de silicium dopé P (bore) ③, déficiente en électrons. Une jonction en silicium ② se forme alors et un équilibre interne se met en place.

Les **photons du Soleil** reçus par la grille conductrice arrachent des électrons aux atomes de silicium de la couche ①, ce qui crée un **déséquilibre interne**. Les électrons de la cathode migrent alors vers la couche ③, tandis que ceux des couches ①, ② et ③ rejoignent l'anode conductrice. Cette circulation d'électrons génère un **courant électrique**.

Plus le nombre de photons est important, plus l'intensité du courant est grande.



II Optimiser la puissance des cellules photovoltaïques

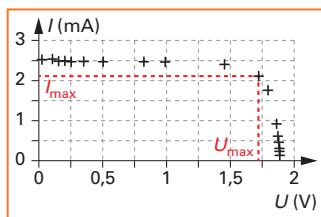
■ Pour connaître la puissance électrique maximale d'une **cellule photovoltaïque**, il faut tracer la **caractéristique intensité-tension** (doc. 2) à l'aide d'un **rhéostat**.

Cette courbe représente l'évolution de la tension aux bornes de la cellule en fonction de l'intensité du courant qui la traverse.

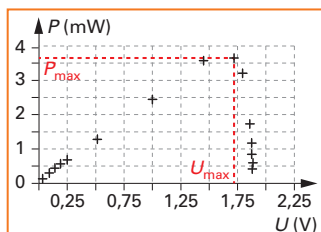
Mot clé

Un **rhéostat** est une résistance qui permet de faire varier l'intensité dans un circuit électrique.

DOC. 2. Caractéristique intensité-tension, Courbe $I = f(U)$



DOC. 3. Puissance électrique d'une cellule, Courbe $P = f(U)$



■ Pour obtenir la courbe du doc. 3, on utilise la caractéristique intensité-tension et on met en ordonnée la puissance, calculée en appliquant la relation $P = U \times I$. Cette courbe fait apparaître une **puissance électrique maximale** $P_{\max}$ délivrée par la cellule pour une valeur de tension $U_{\max}$. Grâce à la courbe du doc. 2, on en déduit la valeur $I_{\max}$ du courant. Puis, on applique la **loi d'Ohm** $U = R \times I$, pour en déduire la **valeur de la résistance qui maximise la puissance**.



Des centrales solaires flottantes

Sur l'eau, le taux d'ensoleillement est maximal. En Chine, plus de 120 000 panneaux photovoltaïques ont été installés à Huainan sur un lac artificiel (anciennement une mine de charbon) et alimentent annuellement 15 000 foyers.

