

Thème 2 : Le futur des énergies.

Chapitre 5 Deux siècles d'énergie électrique.

T^{le} Enseignement Scientifique

1°/ L'alternateur :

a) obtention d'énergie électrique :

L'énergie électrique est la forme d'énergie la plus utilisée dans les objets du quotidien. Elle est obtenue par conversion d'énergie dans les centrales électriques.

L'alternateur est l'élément principal des centrales électriques. Il convertit l'énergie mécanique en énergie électrique avec des pertes sous forme d'énergie thermique.

b) histoire et composition de l'alternateur :

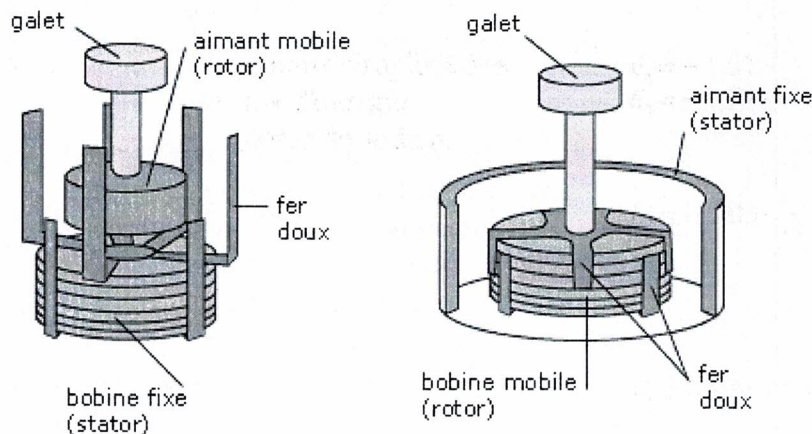
En 1820, **Hans-Christian Ørsted** (1777-1851), scientifique danois, montre que de l'électricité dans un fil conducteur dévie une boussole, donc a un effet magnétique.

C'est **Michael Faraday** (1791-1867), scientifique britannique, qui réalise les expériences décisives en 1831. Il montre en particulier que le mouvement d'un aimant à proximité d'un fil conducteur provoque l'apparition d'un courant électrique dans ce fil : c'est l'induction électromagnétique. Cette expérience est à l'origine du fonctionnement de l'alternateur.

Dès 1856, **James Clerk Maxwell** (1831-1879) formalise le lien entre les champs magnétique et électrique sous forme d'équations mathématiques.

Un alternateur est constitué d'une source de champ magnétique et d'une bobine de fil conducteur en mouvement l'un par rapport à l'autre.

La partie fixe de l'alternateur est appelée stator et la partie mobile rotor.



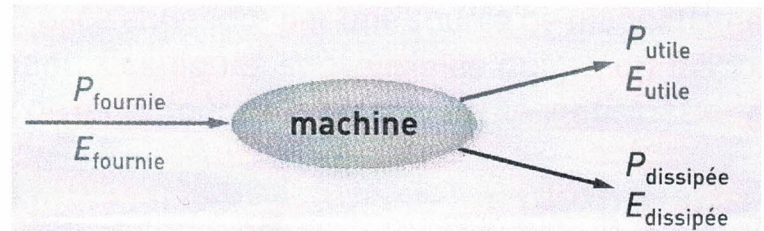
c) rendement :

Le rendement évalue l'efficacité d'une conversion d'énergie.

Le rendement d'un alternateur se calcule de la manière suivante :

$$\eta = \frac{E_{\text{utile}}}{E_{\text{fournie}}} = \frac{E_{\text{électrique}}}{E_{\text{mécanique}}}$$

ou
$$\eta = \frac{P_{\text{électrique}}}{P_{\text{mécanique}}}$$



Remarques : Plus le rendement est proche de 1, moins les pertes sous forme d'énergie thermique, dues par exemple à l'effet Joule, sont importantes.

Le rendement des alternateurs utilisés dans les centrales électriques est en moyenne de 0,95, ce qui signifie que 95 % de l'énergie mécanique est convertie en énergie électrique.

Le rendement η (êta) est une grandeur sans unité.

$E = P \cdot t$ (énergie en joule = puissance en watt . temps en seconde).

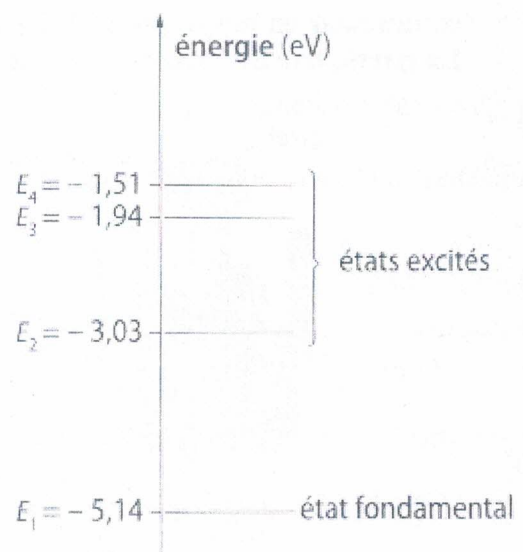
2°/ De la physique quantique aux cellules photovoltaïques :

a) la révolution quantique :

Au XX^{ème} siècle, la physique connaît une révolution avec l'apparition de la physique quantique qui décrit le comportement de l'infiniment petit. À cette échelle, **l'énergie ne peut prendre que certaines valeurs** : on dit que l'énergie est quantifiée.

On représente les valeurs possibles de l'énergie sur le diagramme d'énergie de l'atome.

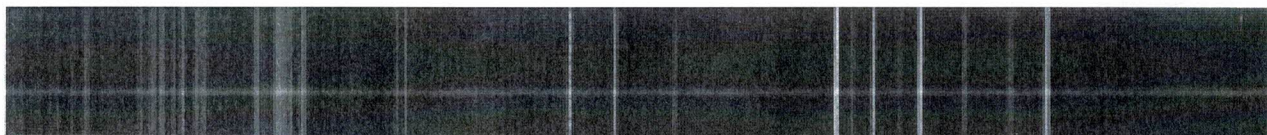
Exemple : Diagramme simplifié des niveaux d'énergie de l'atome de sodium.



Les échanges d'énergie entre la lumière et la matière se font par paquet d'énergie appelés « quanta » qui sont portés par une particule de lumière, le **photon**.
Un atome peut absorber un photon si l'énergie du photon correspond à l'écart entre deux niveaux et il ne peut émettre que des photons d'énergie égale à l'écart entre deux niveaux.

La physique quantique permet d'expliquer les spectres d'émission de raies des atomes.

Spectre d'émission :



Spectre d'absorption :



ultra violet domaine du visible infra rouge
UV 380 - 780 nm IR

b) lumière et électricité :

À la fin du XIX^{ème} siècle, on montre qu'un rayonnement électromagnétique, comme la lumière, peut extraire des électrons de la matière et donc engendrer un courant électrique. Pour cela, il faut que les photons possèdent une énergie suffisante dont la valeur minimale dépend du matériau.

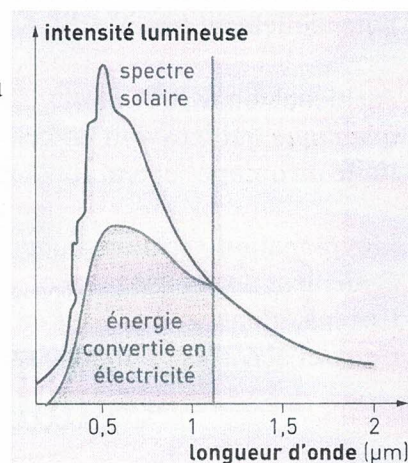
Dans certains matériaux, on peut convertir l'énergie radiative en énergie électrique.

C'est en particulier le cas des matériaux **semi-conducteurs** comme le silicium. Sur leur diagramme d'énergie, les niveaux d'énergies possibles sont regroupés sous forme de bandes.

Si un photon a une énergie supérieure à celle de la bande interdite ou « gap », les électrons peuvent provoquer un courant électrique.

Cet effet est possible avec la lumière du Soleil si le spectre d'absorption du matériau présente des parties communes avec le spectre solaire (voir figure ci-dessous).

Remarques : Un matériau semi-conducteur est un matériau isolant qui nécessite un apport d'énergie extérieur pour devenir conducteur.
Dopage des semi-conducteurs : dès lors que des impuretés sont introduites dans un semi-conducteur, les électrons peuvent franchir plus facilement la bande interdite.



c) caractéristiques d'une cellule photovoltaïque :

On utilise les semi-conducteurs dans de nombreux dispositifs électroniques, en particulier dans les capteurs photovoltaïques comme les cellules photovoltaïques.

L'ensemble des couples (I, U) pour une cellule photovoltaïque constitue la caractéristique de la cellule. Elle dépend de l'éclairement reçu.

On peut relever des points particuliers sur cette caractéristique :

- la tension à vide U_0 :

tension aux bornes de la cellule lorsqu'elle ne débite pas, donc lorsque le courant est nul ;

- l'intensité de court-circuit I_{cc} :

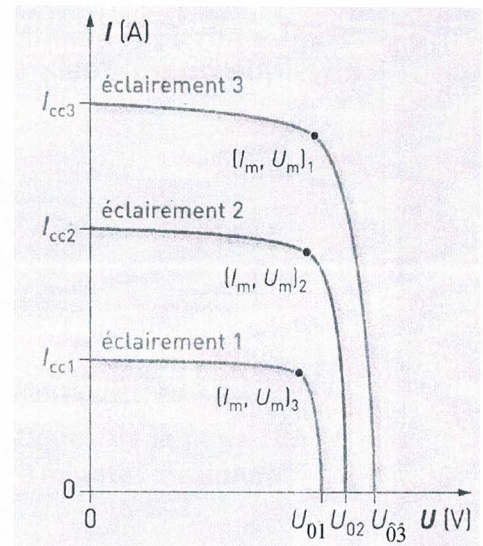
courant maximal obtenu lorsque les deux bornes de la cellule sont reliées ensemble, donc pour $U = 0$ V ;

- le point de fonctionnement maximal (I_m, U_m) :

couple (I_m, U_m) conduisant à la puissance maximale $P_m = U_m \cdot I_m$.

On en déduit la résistance qui permet de maximiser la puissance électrique avec la

relation (loi d'Ohm) $U_m = R_m \cdot I_m$ donc $R_m = \frac{U_m}{I_m}$.



Remarques : La plupart des cellules photovoltaïques sont réalisées à partir de silicium et leur rendement est d'environ 20 à 25 %.

En 2019, environ 4 % de la production mondiale d'énergie électrique était d'origine solaire.

SAVOIRS OFFICIELS :

Les alternateurs électriques exploitent le phénomène d'induction électromagnétique découvert par Faraday puis théorisé par Maxwell au XIX^{ème} siècle.

Ils réalisent une conversion d'énergie mécanique en énergie électrique avec un rendement potentiellement très proche de 1.

Au début du XX^{ème} siècle, la physique a connu une révolution conceptuelle à travers la vision quantique qui introduit un comportement probabiliste de la nature avec la mécanique quantique, qui traite du comportement fondamentalement probabiliste de la nature à l'échelle microscopique.

L'exploitation technologique des matériaux semi-conducteurs, en particulier du silicium, en est également une conséquence.

Ces matériaux sont utilisés en électronique et sont constitutifs des capteurs photovoltaïques.

Ceux-ci absorbent l'énergie radiative et la convertissent en énergie électrique.