

CH 1 - Deux siècles d'énergie électrique

Programme officiel :

Thème 2 : Le futur des énergies

Introduction et enjeux.

La consommation d'énergie joue un rôle essentiel dans le développement des sociétés humaines. Depuis la révolution industrielle, ce dernier s'est appuyé largement sur les combustibles fossiles dont l'utilisation est la principale cause du changement climatique. Produire de l'énergie sans contribuer au changement climatique ou à la dégradation de la planète est devenu un enjeu majeur de la transition écologique.

Objectifs.

Il est essentiel d'identifier les effets, sur la production de gaz à effet de serre, de la fabrication puis de l'usage de tout produit de consommation. L'identification d'autres effets collatéraux, notamment sur l'environnement et la santé, est importante.

Dans le secteur de l'énergie, l'électricité joue depuis deux siècles un rôle particulier. Produire de l'électricité sans contribuer au réchauffement climatique, en concevoir le stockage sous d'autres formes, assurer son transport, sont des enjeux fondamentaux à prendre en compte dans un contexte de transition écologique.

2.1 Deux siècles d'énergie électrique

Depuis le XIXe siècle, les progrès de la recherche scientifique fondamentale et de l'invention technique ont conduit à développer des générateurs électriques performants.

Historiquement, le développement des techniques d'obtention d'énergie électrique s'est appuyé sur des découvertes expérimentales et des avancées théoriques qui furent souvent le résultat de recherches dont ce développement n'était pas le but premier. Il est ainsi fréquent que les résultats de la recherche fondamentale aboutissent à des innovations technologiques non anticipées.

Savoirs	Savoir-faire
<p>Les alternateurs électriques exploitent le phénomène d'induction électromagnétique découvert par Faraday puis théorisé par Maxwell au XIXe siècle.</p> <p>Ils réalisent une conversion d'énergie mécanique en énergie électrique avec un rendement potentiellement très proche de 1.</p> <p>Au début du XXe siècle, la physique a connu une révolution conceptuelle à travers la vision quantique qui traite du comportement probabiliste de la nature à l'échelle microscopique.</p> <p>L'exploitation technologique des matériaux semi-conducteurs, en particulier du silicium, en est une conséquence.</p> <p>Ces matériaux sont utilisés en électronique et sont constitutifs des capteurs photovoltaïques. Ceux-ci absorbent l'énergie radiative et la convertissent partiellement en énergie électrique.</p>	<p>Reconnaître les éléments principaux d'un alternateur (source de champ magnétique et fil conducteur en mouvement relatif) dans un schéma fourni. Relier la vitesse de rotation du rotor et la fréquence du courant électrique.</p> <p>Définir le rendement d'un alternateur et citer un phénomène susceptible de l'influencer.</p> <p>Comparer le spectre d'absorption d'un matériau semi-conducteur et le spectre solaire pour discuter si ce matériau est susceptible d'être utilisé pour fabriquer un capteur photovoltaïque.</p> <p>Argumenter autour de la mise en place d'une installation photovoltaïque domestique ou industrielle.</p>

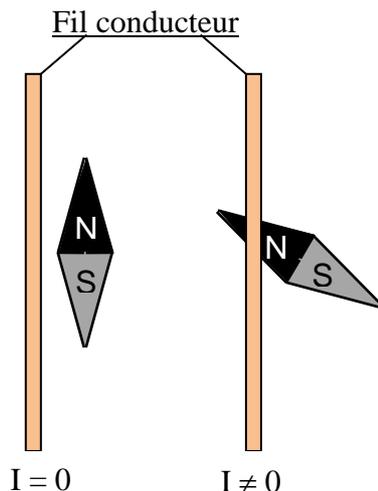
CH 1 - Deux siècles d'énergie électrique

1. Du premier générateur : l'alternateur ...

1.1. Le phénomène d'induction électromagnétique

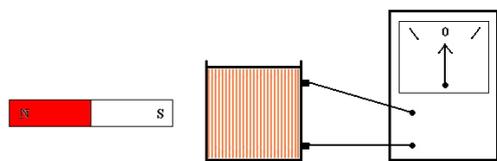
C'est en 1820 que le physicien danois Hans Christian Ørsted (Oersted) découvre qu'un fil parcouru par un courant électrique dévie une boussole. Le courant électrique peut donc créer un champ magnétique.

En 1831, Michael Faraday, physicien et chimiste britannique, montre le lien entre le magnétisme et l'électricité.



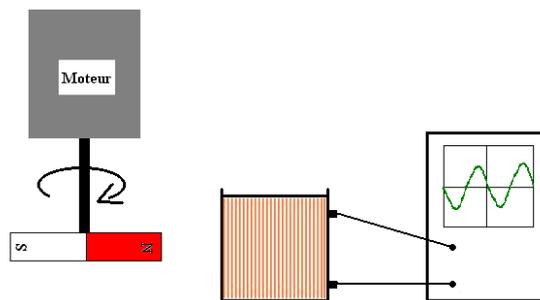
Un aimant immobile devant une bobine ne produit aucun effet.

Par contre si l'aimant se déplace, il apparaît une tension aux bornes de la bobine : c'est l'**induction électromagnétique**.



Ainsi, en faisant tourner régulièrement l'aimant devant la bobine, la tension produite devient une tension alternative sinusoïdale : l'**alternateur** est né.

On constate également que plus l'aimant tourne vite, plus la **fréquence** de la tension est élevée.



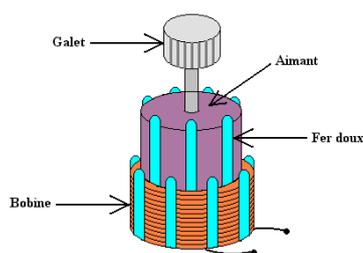
1.2. L'alternateur

L'alternateur est constitué de deux parties :

- le **rotor** : partie mobile qui va tourner autour d'un axe ;
- le **stator** : partie immobile.

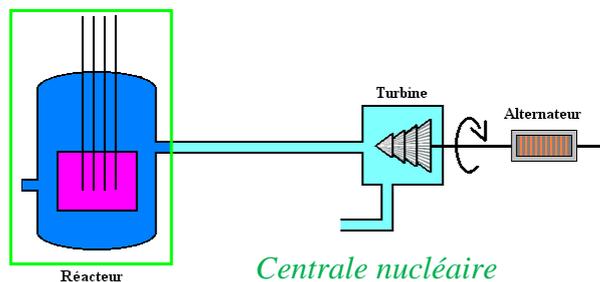
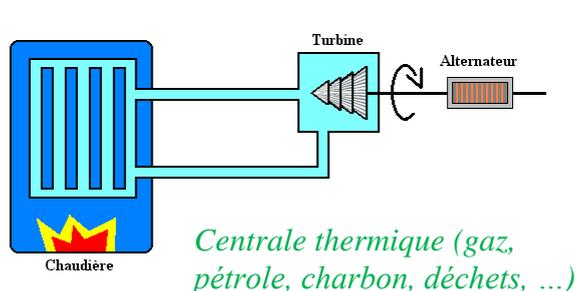
Dans la grande majorité des alternateurs, c'est l'aimant qui constitue le rotor et la bobine fixe qui est le stator.

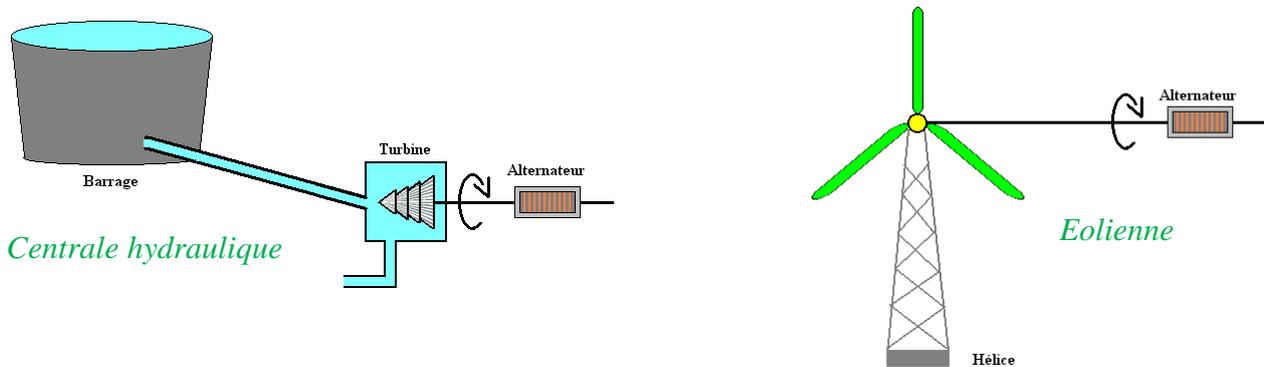
La **fréquence** du courant électrique **dépend de la vitesse** de rotation du rotor.



Un alternateur simple : la dynamo.

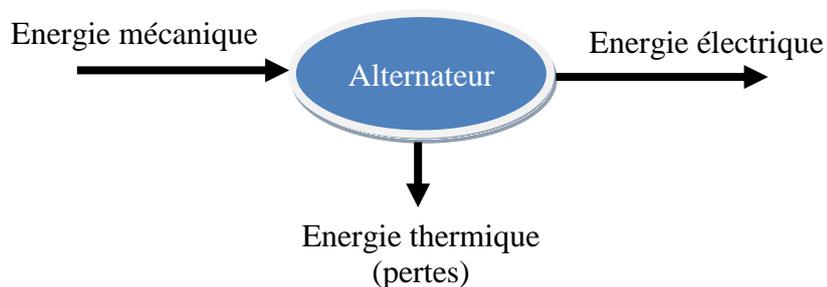
Pour faire tourner le rotor, on le couple généralement avec une turbine qui est mise en mouvement grâce à un fluide (eau, vent, vapeur d'eau, ...) : c'est le système des centrales électriques.





1.3. Rendement

Un alternateur est un appareil capable de convertir l'énergie mécanique en énergie électrique. Cependant, toute l'énergie mécanique reçue n'est pas transformée en énergie électrique car il y a **des pertes dues aux frottements** par exemple.



On définit alors le rendement par le rapport entre l'énergie utile (l'électrique) et l'énergie reçue (la mécanique).

$$r = \frac{E_{\text{utile}}}{E_{\text{reçue}}}$$

Remarque : Le rendement est toujours < 1 . Pour un alternateur le rendement est très proche de 1 (0,95 à 0,98). Par ailleurs, puisque $E = P \times \Delta t$, le rendement peut être calculé à partir des puissances : $r = \frac{P_{\text{utile}}}{P_{\text{reçue}}}$.

2. ... au plus récent : la cellule photoélectrique

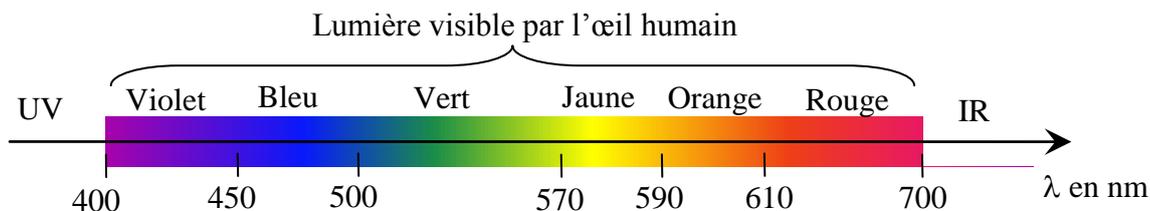
Photo ... électrique ... de la lumière qui « donne » de l'électricité. Pour comprendre ce phénomène il est nécessaire d'abord l'**interaction lumière-matière** dont le principe est basé sur la notion « quantique ».

2.1. La notion « quantique »

2.1.1. Rappels sur la lumière

En seconde nous avons vu qu'il existe différents spectres d'émissions de lumière :

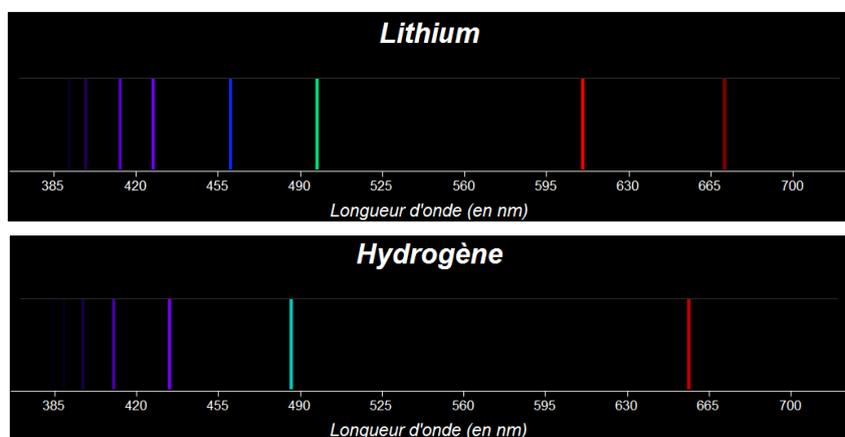
Le spectre visible de la lumière blanche qui s'étend de 400 nm (violet) à 700 nm (rouge).



Spectre d'émission de la lumière blanche.

Le soleil, comme tout corps chaud, émet un rayonnement dont le spectre est continu. Plus la température est élevée, plus le spectre d'émission s'enrichit en violet.

Mais il existe également des spectres de raies d'émission où seules quelques radiations apparaissent. Le spectre n'est plus continu, on dit qu'il est « *discret* ». Chaque entité (atome ou ion) a son propre spectre de raies, ce qui permet de l'identifier.



Spectres d'émission de raies de Li et de H.

2.1.2. La théorie du « quantum »

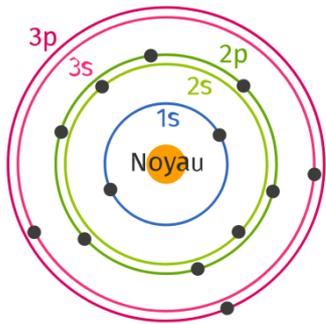
C'est en 1900 que Max Planck suggère que l'échange d'énergie entre un rayonnement et la matière se fait d'une manière « quantifiée », c'est-à-dire par paquet (*quantum*) d'énergie. En 1905, Albert Einstein en comprend les conséquences et définit alors la lumière comme des grains de matière appelé « *photons* ».

C'est ainsi que l'énergie transportée par un photon est définie par la relation :

$$\Delta E = h \nu = h \frac{c}{\lambda}$$

avec :

- h : constante de Planck : $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J.s
- ν : fréquence en Hz
- λ : longueur d'onde en m
- c : célérité dans le vide : $c = 3,00 \times 10^8$ m/s



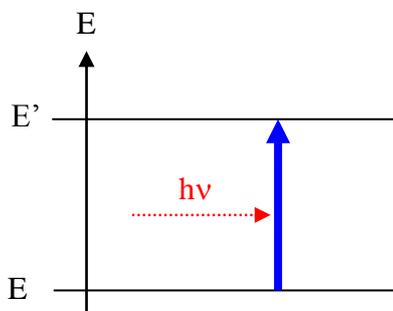
En 1913 Niels Bohr propose une représentation de l'atome qui va faire correspondre les théories quantiques et les spectres de raies. Dans son modèle, l'énergie d'un atome est également quantifiée car les électrons sont situés à des distances précises du noyau et correspondent donc à des énergies bien déterminées.

Rappel de seconde : les électrons d'un atome se répartissent en couches (1, 2, 3, ...) elles-mêmes divisées en sous-couches (s, p, d et f).

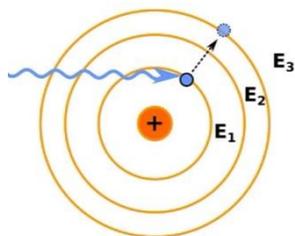
Le modèle de Bohr explique ainsi la correspondance entre les raies d'émission et d'absorption d'un atome par le fait qu'un électron peut absorber de l'énergie pour passer à une orbite plus éloignée puis peut libérer cette même quantité d'énergie pour revenir à son orbite de départ.

L'énergie d'un photon émis ou absorbé lors d'une transition entre deux niveaux d'énergie E et E' doit donc vérifier la relation :

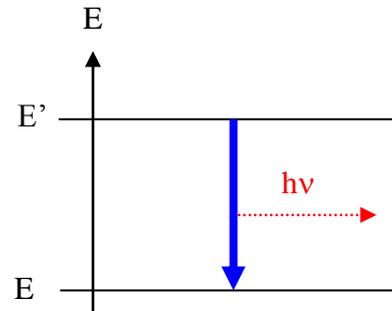
$$\Delta E = E' - E = h \cdot \nu$$



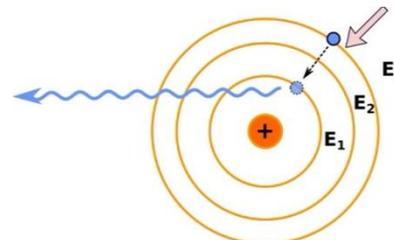
Absorption d'un photon



$$E_{\text{photon}} = \Delta E_{\text{electron}} = E_3 - E_1$$



Emission spontanée d'un photon



$$E_{\text{photon}} = \Delta E_{\text{electron}} = E_3 - E_1$$

2.2. Les matériaux semi-conducteurs

Comme son nom l'indique, un semi-conducteur n'est pas complètement un conducteur électrique ni complètement un isolant électrique. En fait, ce type de matériau va pouvoir être conducteur à condition d'avoir un apport d'énergie (chaleur, tension, rayonnement, ...).

Pour simplifier et dans le cas de solides, disons qu'un conducteur électrique possède des électrons libres, c'est-à-dire des électrons capables de passer d'un atome à l'autre, ce qui crée le courant électrique : un **déplacement d'électrons**. Un isolant ne possède pas de tels électrons, chaque électron reste lié à son atome.

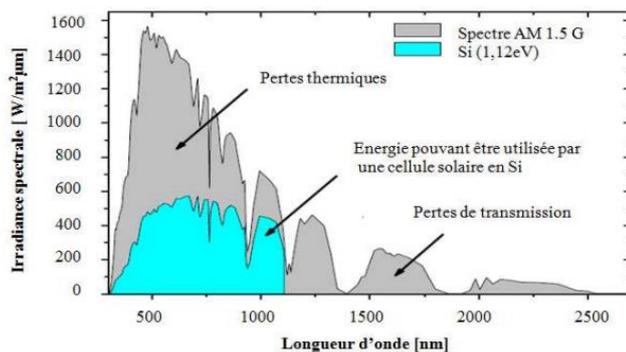
Pour un semi-conducteur, on simplifiera également en disant que c'est un isolant mais que certains électrons pourront se déplacer à condition d'être excités. Nous avons vu dans la partie précédente qu'un rayonnement peut être absorbé par la matière : un électron change alors de couche. Ce principe va dépendre de l'énergie apportée qui est propre à chaque élément. Toute la technologie mise en place à partir de cette **notion quantique** réside alors dans le fait que l'excitation de l'électron soit suffisante pour que l'électron passe à l'atome voisin.

Dans le cas des semi-conducteurs l'élément le plus utilisé est le **silicium** car il est très abondant sur Terre et facilement exploitable, mais il en existe d'autres.

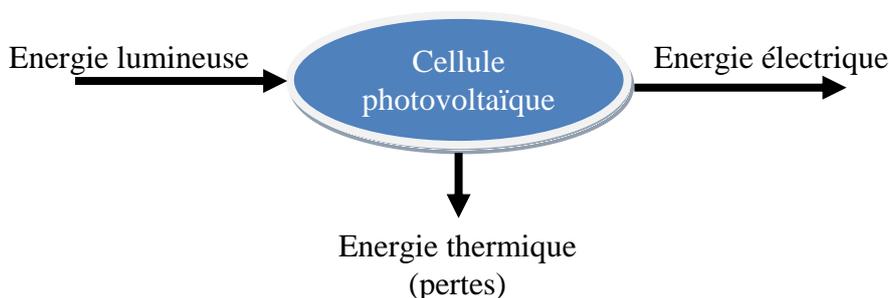
2.3. Le capteur photovoltaïque

Le principe du capteur photovoltaïque est de réussir à absorber l'énergie lumineuse pour la convertir en énergie électrique, ce que peut faire un semi-conducteur **à condition que le spectre d'absorption du matériau corresponde au spectre solaire.**

C'est le cas du silicium comme le montre les courbes ci-contre :



D'après le mémoire de Magister de Lasladj Meriem 21-12-2014



$$r = \frac{E_{\text{électrique}}}{E_{\text{lumineuse}}}$$

Dans ce cas le rendement sera le rapport entre l'énergie électrique et l'énergie lumineuse. Le rendement communément admis actuellement des panneaux les plus performants est d'environ 20% mais la recherche continue de progresser.