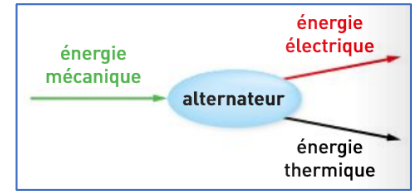




A. Produire de l'électricité

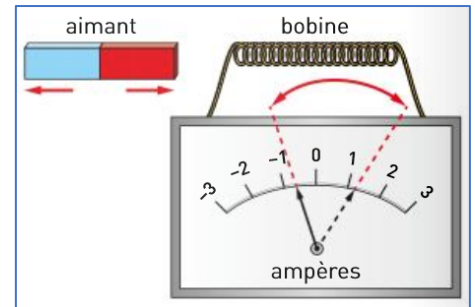
Le principe de production d'énergie électrique commun à toutes les centrales (à l'exception des centrales photovoltaïques) est **celui de la conversion d'une énergie mécanique (liée au mouvement) en énergie électrique au moyen d'un alternateur**. L'alternateur est donc un convertisseur d'énergie, il repose sur le **phénomène d'induction magnétique** découvert par Michael Faraday en 1831.



1. Induction magnétique

En 1820, Hans-Christian Oersted (1777-1851), scientifique danois, montre que l'électricité dans un fil conducteur dévie une boussole : le passage de l'électricité induit un effet magnétique et de nombreux scientifiques expérimentent pour démontrer l'effet inverse.

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 magnétique**. Cette expérience est à l'origine du fonctionnement de l'alternateur.



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

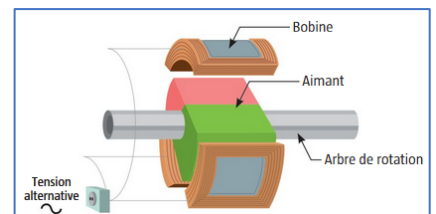
Vidéo expérience Oersted : <https://www.youtube.com/watch?v=n7EWhEYOa0o>



2. Alternateur et rendement

Un alternateur permet de convertir de l'**énergie mécanique** en **énergie électrique** en délivrant une tension **alternative et périodique**. Il est composé de deux parties () :

- Une **partie mobile : le rotor**. Le plus souvent il est la source de champ magnétique grâce à des aimants ou électroaimants.
- Une **partie fixe : le stator**. Le plus souvent, il est constitué d'une (ou plusieurs) bobine(s) (enroulements de fils de cuivre) dans laquelle (lesquelles) apparaissent les courants électriques induits.



Lien à voir : Animation d'un alternateur

<https://www.cea.fr/multimedia/Pages/videos/culture-scientifique/energies/turbine-et-alternateur.aspx>

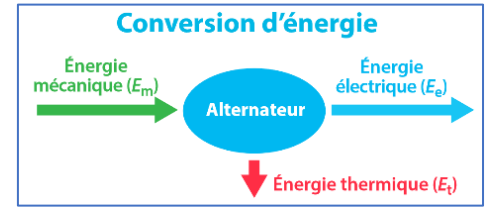
Pour évaluer l'efficacité d'un convertisseur d'énergie, on calcule son **rendement noté r ou encore η** :

$$\eta = \frac{P_{\text{utile}}}{P_{\text{disponible}}} \text{ ou } \eta = \frac{E_{\text{utile}}}{E_{\text{disponible}}}$$

η (êta), rendement de la machine (sans unités)

P_{utile} (ou E_{utile}), puissance (ou énergie) électrique délivrée en sortie du convertisseur, en W (ou J)

$P_{\text{disponible}}$ (ou $E_{\text{disponible}}$), puissance (ou énergie) à convertir, reçue par le convertisseur, en W (ou J).



Le rendement d'un alternateur avoisine les 0,95 (ou 95%), mais il est

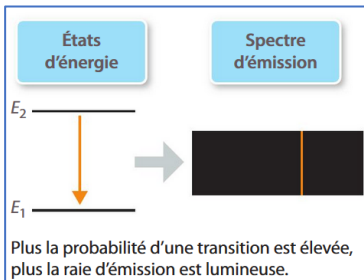
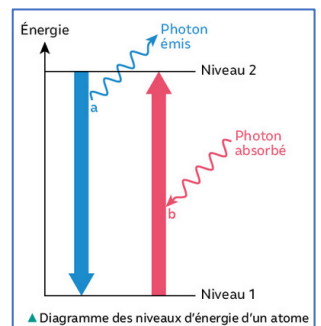
toujours inférieur à 1 (ou 100%) car il y a toujours des **pertes par effet thermique (effet Joule par exemple)**.

B. Les cellules photovoltaïques

1. Révolution quantique et spectres de raies

Au XX^{ème} siècle, la physique connaît une révolution avec l'apparition de la physique quantique qui décrit le comportement de l'infiniment petit. A 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.

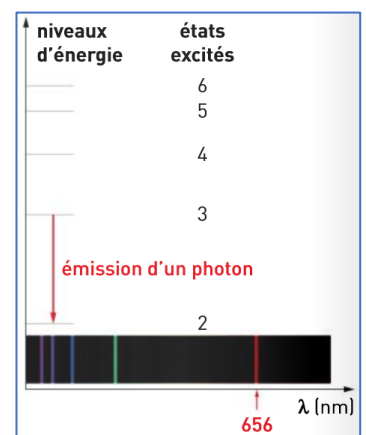
Les échanges d'énergie entre la lumière et la matière se font par paquet d'énergie appelés « quanta » qui sont portés par une particule de lumière, le **photon**. Un atome peut absorber un photon si l'énergie de celui-ci correspond exactement à l'écart entre deux de ses niveaux d'énergie et inversement,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



Plus la probabilité d'une transition est élevée, plus la raie d'émission est lumineuse.

La physique quantique permet d'expliquer les spectres d'émission de raies des atomes qui sont de vraies cartes d'identité des atomes. Elle introduit également l'aspect probabiliste de la matière : on ne localise plus une particule mais on parle de probabilité de présence.

Exemple : l'atome d'hydrogène a gagné de l'énergie et est dans l'état excité 3. Il va libérer cette énergie pour atteindre un niveau plus faible et donc plus stable par exemple le niveau 2, donnant lieu à l'émission d'un photon de longueur d'onde $\lambda = 656 \text{ nm}$ correspondant à une raie rouge visible sur le spectre de raies de l'atome.



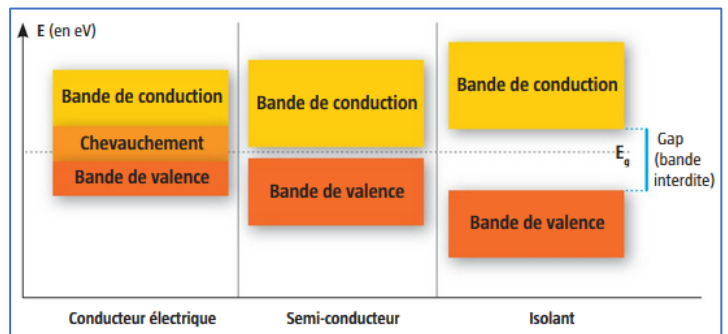
2. Matériaux semi-conducteurs et cellules photovoltaïques

a) Lumière et électricité

À la fin du XX^{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 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 (**énergie rayonnante**) si le spectre d'absorption du matériau présente des parties communes avec le spectre solaire.



b) Caractéristiques d'une cellule photovoltaïque

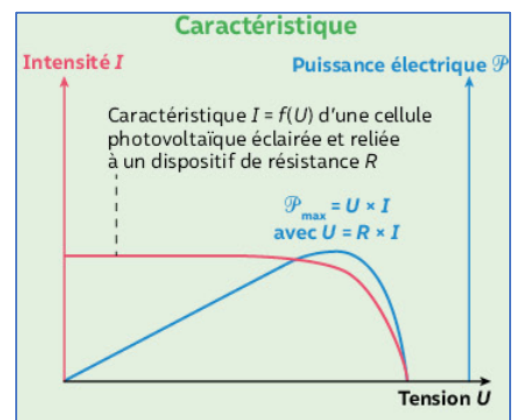
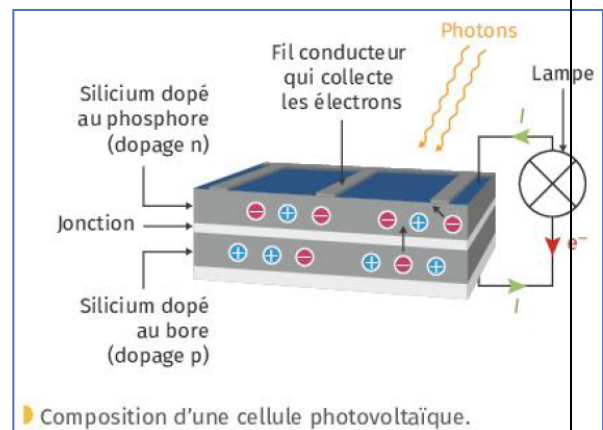
- Un **matériau semi-conducteur** est un matériau initialement isolant qui devient conducteur lorsqu'on lui apporte de l'énergie. Cette propriété est au cœur du principe de fonctionnement des capteurs photovoltaïques.

- Une **cellule photovoltaïque** est un capteur photovoltaïque obtenu en réalisant la jonction de deux semi-conducteurs. Ces deux semi-conducteurs sont généralement fabriqués à base de silicium et sont dopés (ajout d'impuretés comme du phosphore ou du bore) pour faciliter le passage des électrons.

Le rendement η de ces cellules photovoltaïques reste encore faible aujourd'hui (environ 20%).

L'ensemble des couples de valeurs d'intensité et de tension (I, U) pour une cellule photovoltaïque constitue **la caractéristique** de la cellule qui dépend de l'éclairement reçu.

La caractéristique permet de déterminer la puissance électrique maximale délivrée par la cellule.





Ce que je dois connaître - Notions

Grandeurs et unités

Rendement η , sans unité
Puissance P, en watt (W)
Énergie E, en joule (J)
Intensité I, en ampère (A)
Tension U, en volt (V)

Valeurs

Rendement d'un alternateur industriel $\eta \approx 0,95 = 95\%$

Formules

$$\eta = \frac{P_{\text{utile}}}{P_{\text{dispo}}} = \frac{E_{\text{utile}}}{E_{\text{dispo}}}$$

Définitions et notions

Alternateur, Rotor, Stator
Induction électromagnétique
Énergie mécanique, électrique, thermique
Rendement, Puissance utile, puissance disponible
Quantification de l'énergie, Photon
Isolant, Conducteur, Semi-conducteur
Spectre d'absorption, Spectre d'émission
Cellule photovoltaïque, Caractéristique

Ce que je dois savoir faire – Capacités



Capacités à maîtriser	Exercices et activités associées	Auto-évaluation
Reconnaître les principaux éléments d'un alternateur dans un schéma	Activité : 1 Exercice : 1, 10	
Analyser les propriétés d'un alternateur modèle étudié expérimentalement en classe	Activité : 1	
Définir le rendement d'un alternateur et citer un phénomène susceptible de l'influencer	Activité : 1 Exercice : 2, 9	
Interpréter et exploiter un spectre d'émission atomique	Activité : 4 p104-105 Exercice : 5, 11	
Comparer le spectre d'absorption d'un matériau semi-conducteur et le spectre solaire pour décider si ce matériau peut d'être utilisé pour fabriquer un capteur photovoltaïque	Activité : 4 p104-105 Exercice : 5, 11	