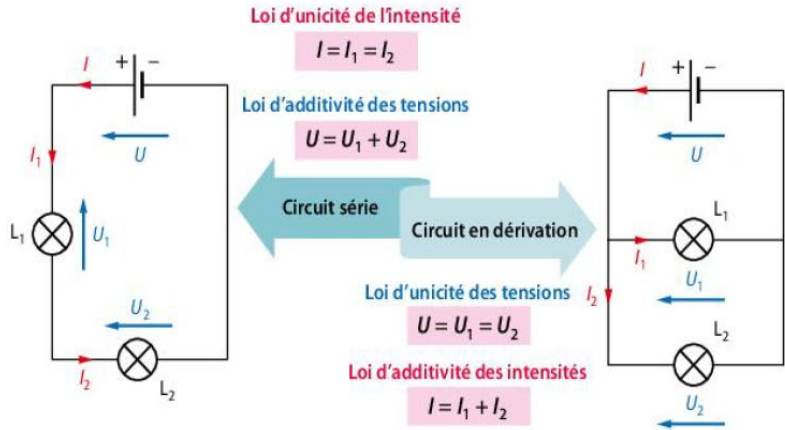


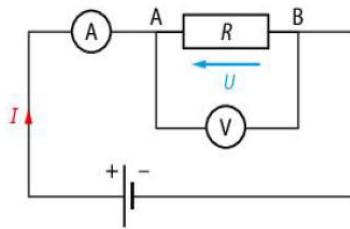
Lois des circuits électriques

La tension électrique U se mesure avec un voltmètre en dérivation. Son unité est le volt (V).
L'intensité du courant I se mesure avec un ampèremètre en série. Son unité est l'ampère (A).

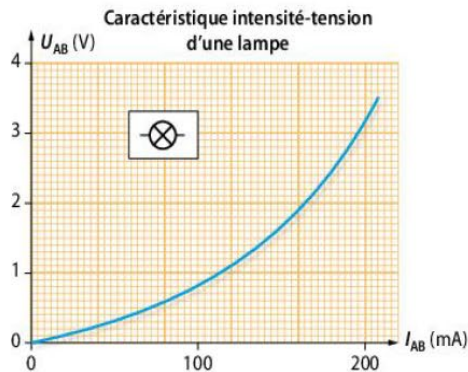


Caractéristique d'un dipôle et loi d'Ohm

Lorsqu'on mesure la tension aux bornes d'un dipôle et l'intensité du courant qui le traverse, on obtient un couple (I, U) qui est un point de fonctionnement du dipôle.



L'ensemble des points de fonctionnement d'un dipôle constituent la **caractéristique** du dipôle : $U = f(I)$ ou $I = g(U)$.



Pour un conducteur ohmique, il existe une relation de proportionnalité entre l'intensité et la tension, appelée **loi d'Ohm** :

tension (en V) \rightarrow $U = R \cdot I$ \leftarrow intensité (en A)

résistance (en Ω)

La caractéristique est alors une **droite passant par l'origine**.

Puissance et énergie électriques

Pour un appareil électrique de puissance P , il existe une relation entre la tension U qui l'alimente et l'intensité I du courant qui le traverse :

puissance (en W) \rightarrow $P = U \cdot I$ \leftarrow intensité (en A)

tension (en V)

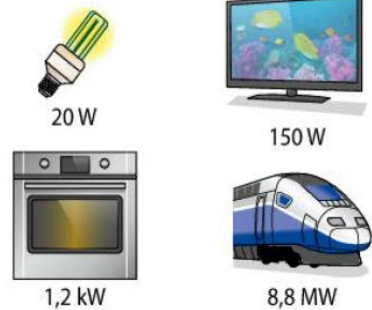
L'énergie électrique E consommée par l'appareil est proportionnelle à sa puissance et à la durée d'utilisation.

Son unité courante est le **kilowattheure (kWh)**.

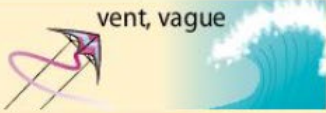
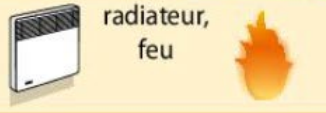
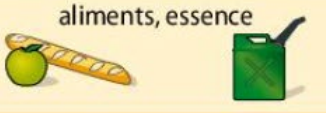
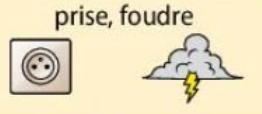

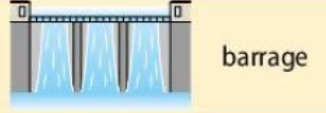


énergie (en kWh) \rightarrow $E = P \cdot \Delta t$ \leftarrow temps (en h)

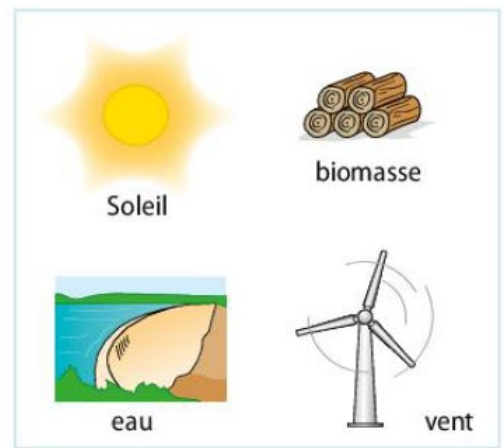
puissance (en W)

Plus un appareil électrique a une puissance élevée, plus il consomme de l'énergie électrique pendant une durée donnée.

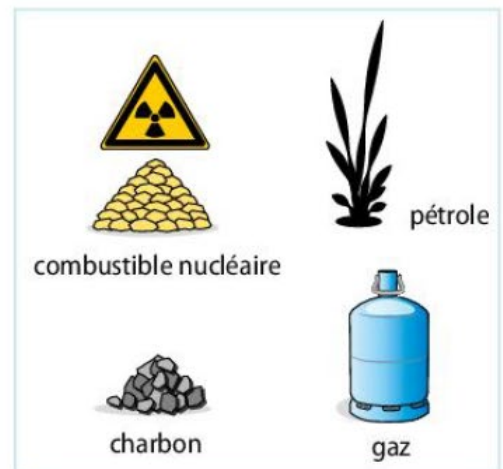


Sources et formes d'énergie

Sources d'énergie	Forme d'énergie	Manifestation
 vent, vague	énergie cinétique	mouvement
 radiateur, feu	énergie thermique	augmentation de température
 aliments, essence	énergie chimique	transformation chimique
 prise, foudre	énergie électrique	électricité
 Soleil, lampe	énergie radiative	onde électromagnétique
 barrage	énergie potentielle	conversion en énergie cinétique
 piles, batteries	énergie chimique	transformation chimique
 noyaux d'atomes	énergie nucléaire	transformation nucléaire



Sources d'énergie renouvelables.



Sources d'énergie non renouvelables.

Conversions d'énergie

Lorsque l'énergie passe d'une forme à une autre dans un même objet, on parle de **conversion d'énergie**. On peut représenter une conversion d'énergie de la manière suivante :



Exemple



Dans une bouilloire électrique, l'énergie électrique est convertie en énergie thermique.



Spectre d'émission

Un corps fortement chauffé émet une lumière dont le **spectre est continu**.

Un gaz d'atomes excités, à basse pression, émet une lumière composée de plusieurs radiations distinctes. Son spectre est un **spectre de raies**.



Un spectre de raies est **caractéristique** du gaz émetteur, et fait fonction de **carte d'identité**.



Spectre du carbone C : un code-barres identifiant

1 L'alternateur

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 (Fig. 1).

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. 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 (Fig. 2) : 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.

Rendement

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

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

$$\eta = \frac{E_{\text{utile}}}{E_{\text{fournie}}} = \frac{E_{\text{électrique}}}{E_{\text{mécanique}}} \text{ ou } \eta = \frac{P_{\text{électrique}}}{P_{\text{mécanique}}}; \eta \text{ sans unité, } E \text{ en joule et } P \text{ en watt.}$$

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.

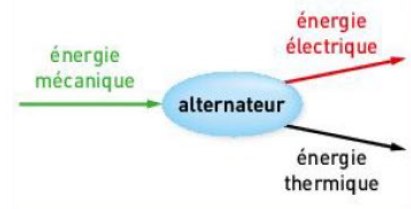


Fig. 1 : Conversion d'énergie dans un alternateur (photo).

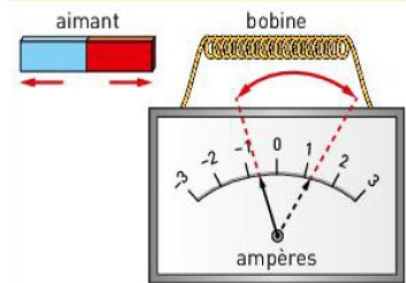


Fig. 2 : Obtention d'un courant induit par déplacement d'un aimant au voisinage d'une bobine.

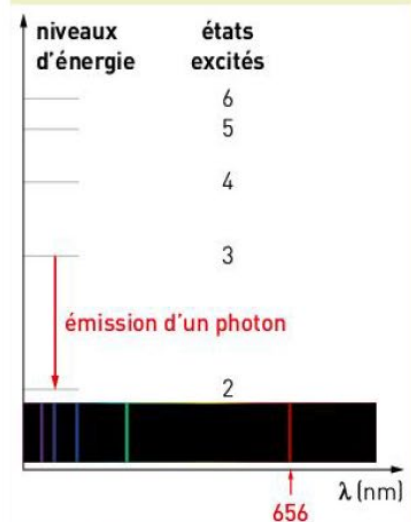


Fig. 3 : Explication du spectre de raies d'émission de l'atome d'hydrogène.

2 De la physique quantique aux cellules photovoltaïques

La révolution quantique

Au xx^e 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 (Fig. 3).

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.

Exemple : L'atome d'hydrogène de la **figure 3** a gagné de l'énergie et est dans l'état excité 3. Il va libérer cette énergie pour atteindre l'état plus stable d'énergie 2 en émettant un photon de longueur d'onde $\lambda = 656 \text{ nm}$. Cela correspond à une raie rouge sur le spectre d'émission de l'hydrogène.

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

Elle introduit également l'aspect probabiliste de la matière : on ne localise plus une particule mais on parle de probabilité de présence.

● Lumière et électricité

À la fin du XIX^e 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 (**Fig. 4**).

● Caractéristique 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 (**Fig. 5**).

On peut relever des points particuliers sur cette caractéristique :

- tension à vide U_0 : tension aux bornes de la cellule lorsqu'elle ne débite pas, donc lorsque le courant est nul ;
- intensité de court-circuit I_{cc} : courant maximal obtenu lorsque les deux bornes de la cellule sont reliées ensemble, donc pour $U = 0 \text{ V}$;
- point de fonctionnement maximal (I_m, U_m) : couple (I_m, U_m) conduisant à la puissance $P_m = U_m \cdot I_m$ maximale. On en déduit la résistance qui permet de maximiser la puissance électrique avec la relation $U_m = R_m \cdot I_m$ donc $R_m = U_m / I_m$.

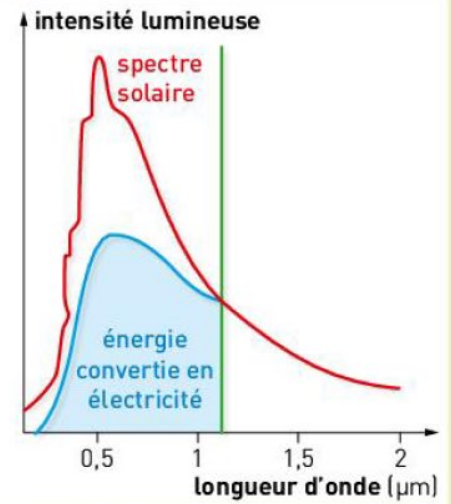


Fig. 4 : Spectre d'émission solaire et spectre d'absorption du silicium utilisé dans les cellules photovoltaïques.

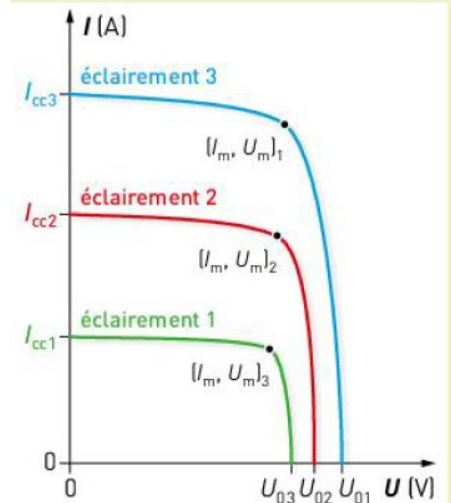


Fig. 5 : Allure de la caractéristique d'une cellule photovoltaïque pour trois éclairements différents.

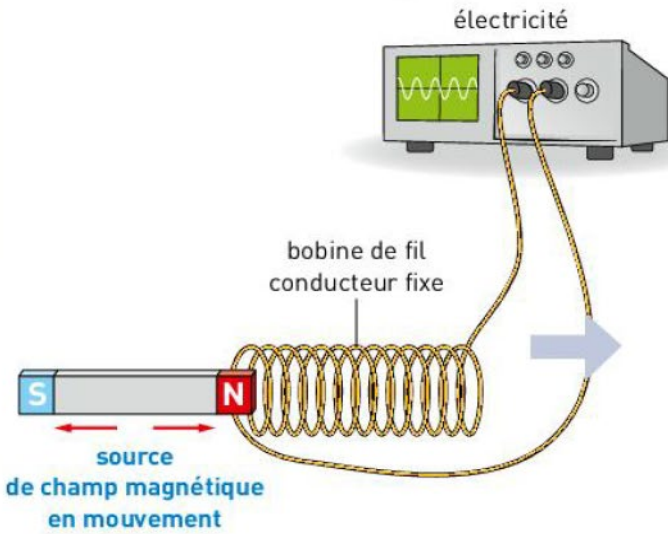


Le vocabulaire à retenir

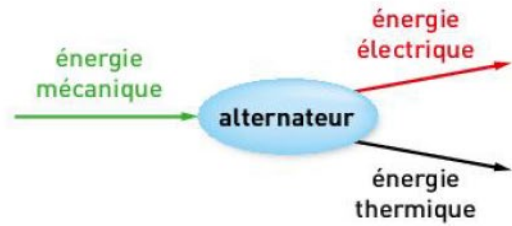
- **Alternateur :** dispositif qui convertit l'énergie mécanique en énergie électrique.
- **Capteur photovoltaïque :** dispositif qui convertit la lumière en électricité.
- **Champ magnétique :** cartographie du magnétisme dans l'espace engendré par une source magnétique comme un aimant.
- **Énergie quantifiée :** énergie qui ne peut prendre que certaines valeurs.
- **Énergie radiative :** forme d'énergie qui se manifeste par un rayonnement.
- **Induction électromagnétique :** création d'un courant électrique dans un conducteur soumis à un champ magnétique variable.
- **Photon :** particule de lumière.
- **Rendement :** grandeur qui évalue l'efficacité d'une conversion d'énergie.
- **Semi-conducteur :** isolant électrique qui peut devenir facilement conducteur par apport d'énergie.
- **Spectre d'émission :** figure obtenue par décomposition de la lumière.

1 L'alternateur et la production d'électricité

Lien entre électricité et magnétisme



Conversion d'énergie et rendement



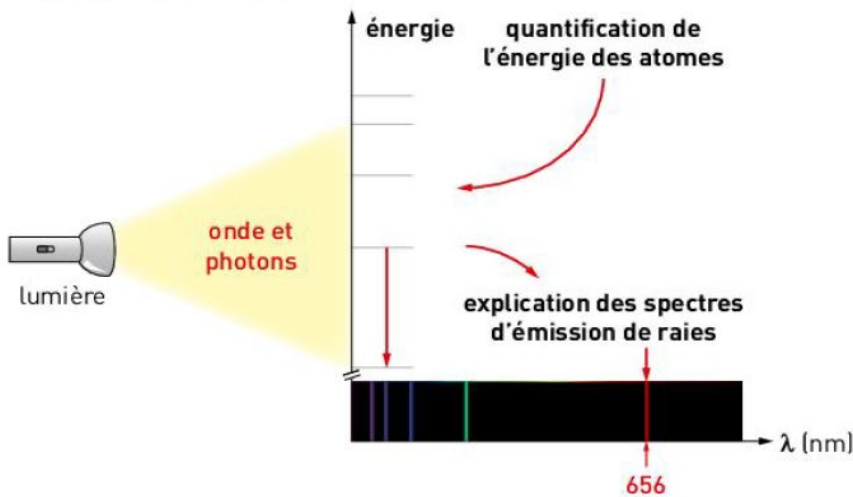
$$\eta = \frac{E_{\text{utile}}}{E_{\text{fournie}}} = \frac{E_{\text{électrique}}}{E_{\text{mécanique}}} \quad \text{ou} \quad \eta = \frac{P_{\text{électrique}}}{P_{\text{mécanique}}}$$

η sans unité ; E en J ; P en W

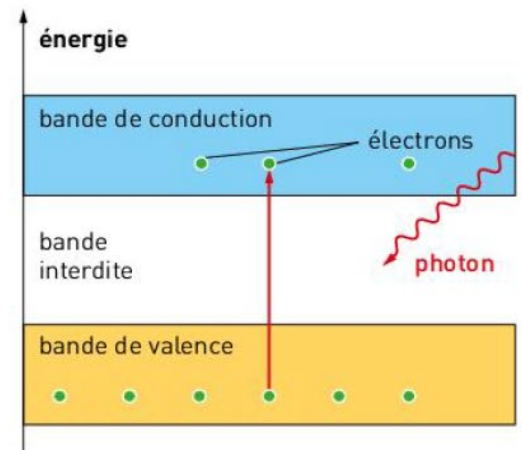
$\eta \leq 1$, dans les centrales : $\eta_{\text{alternateur}} \approx 0,95$

2 De la physique quantique aux cellules photovoltaïques

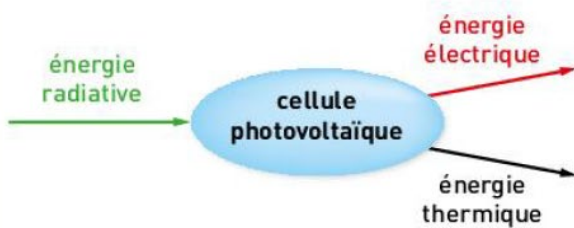
Physique quantique



Effet photovoltaïque dans les semi-conducteurs



Conversion d'énergie et caractéristique des cellules photovoltaïques



- I_{cc} : intensité de court-circuit (en A) pour $U = 0$ V
- U_0 : tension à vide (en V) pour $I = 0$ A
- Puissance : $P = U \cdot I$
- Résistance qui permet de maximiser la puissance (en Ω) :

$$R_m = \frac{U_m}{I_m} \quad \begin{array}{l} \leftarrow \text{en V} \\ \leftarrow \text{en A} \end{array}$$

