

GENERALITES SUR L'ENERGIE

1. DEFINITION

L'énergie est définie en physique comme la capacité d'un système à produire un travail, entraînant un mouvement ou produisant par exemple de la lumière, de la chaleur ou de l'électricité. L'énergie ne disparaît jamais ; elle se transforme d'une forme en une ou plusieurs autres. Elle s'exprime en joules ou en kilowattheure (kWh).

2. LES SOURCES D'ENERGIE

On désigne par énergies primaires les formes d'énergie telles quelles sont captées dans la nature.

Les principales ressources énergétiques sont résumées dans le tableau suivant :

Sources d'énergie	Avantages	Inconvénients
Fossiles : - Pétrole - Gaz - charbon	- Faciles à exploiter	- Production de CO ₂ - Epuisable
Nucléaire	- Moins cher aujourd'hui. - Moins de CO ₂	- Epuisable - Déchet radioactifs - Risque d'accident nucléaire.
Renouvelables: - Eau -Soleil (thermique et photovoltaïque) - Vent - biomasse (bois, plantes...) - Géothermie	- Inépuisables à notre échelle. - Peu ou non polluantes	- Ne peuvent être implantée de partout. - Coût plus élevé. - Faible puissance. - Fabrication recyclage des cellules photovoltaïque

3. CHAINE ENERGETIQUE

Une quantité d'énergie qui passe du stade d'énergie primaire à celui d'énergie utile suit une série de processus de transformations bien définies et de transports. Cette série de processus constitue une chaîne énergétique.

4. LES FORMES D'ENERGIE

On peut distinguer diverses formes d'énergie qui, peuvent se transformer l'une en l'autre; « formes d'énergie libre (manifeste)» et « formes d'énergie stockée (potentielle) ».

4.1 ENERGIES LIBRES

Sont celles sous lesquelles apparaît l'énergie lorsqu'elle est utilisée. Si nous nous référons à notre expérience quotidienne, nous pouvons distinguer quatre formes d'énergie libre (directement perceptible).

- ✓ Le **rayonnement**, visible (lumière) ou invisible (ondes de radio, rayons X, etc.). Il s'agit, fondamentalement du déplacement dans l'espace de particules, le plus souvent des photons se propageant à la vitesse de la lumière (environ 300 000 km/s)
- ✓ La **chaleur**: un apport de chaleur conduit à une augmentation de température (par exemple, un radiateur) et inversement (réfrigérateur).
- ✓ L'**énergie cinétique**, associée au mouvement.
- ✓ L'**électricité**. Pour des raisons pratiques, cette forme a vu un développement industriel considérable. Ce n'est pas, à proprement parler, une énergie « visible » mais comme on sait qu'il s'agit du déplacement d'un « courant électrique » (en fait des électrons) dans des conducteurs, on peut qualifier de « libre » cette forme d'énergie.

Il existe des appareillages plus ou moins courants permettant de transformer l'une en l'autre ces quatre formes d'énergie libre.

4.2 ENERGIES STOCKEES

S'il paraît difficile de stocker l'énergie sous forme de rayonnement ou de courant électrique (sauf peut-être dans un circuit supraconducteur), il est envisageable, en revanche, de stocker l'énergie sous forme de :

- ✓ chaleur : l'énergie géothermique, constituée de la chaleur emmagasinée au sein de la Terre dégagée par la radioactivité naturelle.
- ✓ Cinétique : le vent, dont l'éolienne capte l'énergie cinétique

Par exemple, pour réduire votre facture d'électricité, vous pouvez utiliser de l'électricité pendant la nuit, lorsque les kilowattheures sont moins chers, pour chauffer des briques et accumuler ainsi de la chaleur, puis récupérer cette chaleur pendant la journée pour votre chauffage domestique.

En ce qui concerne l'énergie cinétique, le volant d'inertie d'un moteur représente un exemple de stockage d'énergie sous cette forme (en fournissant de l'énergie pendant les temps morts de la combustion, ce volant permet de pallier les à-coups).

C'est cependant sous forme d'**énergie potentielle** qu'il est, en général, plus intéressant de stocker l'énergie. Le principe général est semblable à celui de l'exemple pris ci-dessus, celui de l'élastique de la fronde : on accumule de l'énergie potentielle en faisant travailler une force « à l'envers » c'est-à-dire dans le sens inverse de celui dans lequel elle s'exerce ; en laissant, ensuite, travailler cette force dans son sens, l'énergie potentielle emmagasinée sera libérée.

- ✓ **L'énergie gravitationnelle** (la force de la pesanteur) peut trouver davantage d'applications industrielles. Limitons-nous à deux exemples :
 - L'horloge à poids, à qui l'on fournit de l'énergie en remontant le poids et qui l'utilise ensuite au fil des jours pour vaincre les frottements des mécanismes;
 - Le barrage hydroélectrique, dont le lac constitue une réserve disponible pour compléter, si nécessaire, d'autres sources de production d'électricité.

- ✓ **L'énergie chimique** utilise les forces, de nature électromagnétique, reliant les atomes au sein des molécules : en réarrangeant les atomes pour former de nouvelles molécules à partir des molécules initiales, on fait travailler, dans un sens ou dans l'autre, les forces de liaison entre les atomes, et on libère ou on stocke de l'énergie. Exemples: les stocks naturels que sont les réserves de charbon, pétrole et gaz qui se sont constitués à partir du rayonnement solaire; et, parmi les applications industrielles: l'essence utilisée par une voiture, la pile électrique ou la batterie, etc.
- ✓ **L'énergie nucléaire** utilise les forces agissant entre les nucléons (protons et neutrons) des noyaux atomiques. Là aussi, en réarrangeant différemment ces nucléons, on peut espérer faire travailler ces forces, changer ainsi l'énergie interne et stocker ou libérer de l'énergie. En pratique, seule une libération d'énergie nucléaire est réalisable industriellement, soit en cassant de gros noyaux (fission), soit en assemblant de petits noyaux (fusion). Dans les deux cas, l'énergie libérée est obtenue sous forme de chaleur. Seule l'énergie de fission a aujourd'hui une application industrielle; la matière à la base de cette source d'énergie est l'uranium (le thorium pourrait aussi être utilisé). L'énergie de fusion pourrait s'avérer prometteuse à long terme si les difficultés techniques de sa mise en œuvre sont surmontées; les matières à la base de cette source sont le deutérium (l'isotope rare de l'hydrogène) et le lithium.

5. TRANSFORMATIONS DE L'ENERGIE

5.1. TRANSFORMATIONS DES FORMES D'ENERGIE LIBRE

Comme nous l'avons vu, les quatre formes d'énergie libre sont **l'énergie rayonnante**, **l'énergie thermique** (ou chaleur), **l'énergie mécanique** (ou cinétique) et **l'énergie électrique**. Cela fait douze transformations susceptibles d'être réalisées : toutes sauf deux ont des applications dans la vie courante ou dans l'industrie.

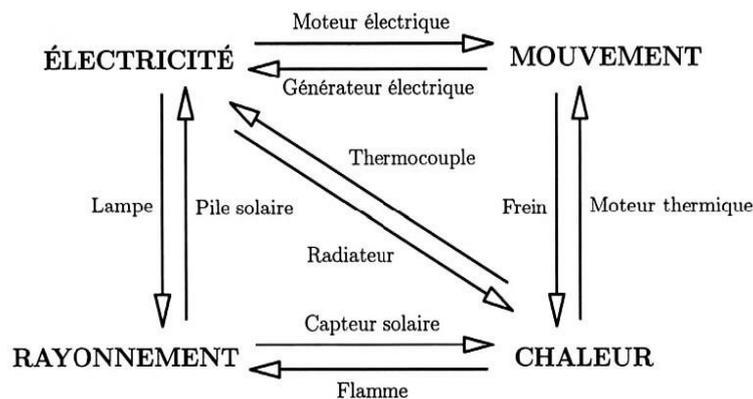


Figure 1: Les principales transformations des formes d'énergie libre

- ✓ Transformation de l'énergie **rayonnante** en énergie **thermique** : elle est réalisée, par exemple, par les capteurs de rayonnement solaire fournissant l'eau sanitaire pour une habitation ou pour échauffer un fluide en vue d'une production d'électricité.
- ✓ Transformation de l'énergie **rayonnante** en énergie **mécanique**: cette transformation est à l'origine de la poussée de radiation qui fait que la queue des

comètes est toujours à l'opposé du Soleil. La force de cette poussée est faible et elle n'a pas trouvé d'application industrielle (peut-être sera-t-elle un jour utilisée en astronautique).

- ✓ Transformation de l'énergie **rayonnante** en énergie **électrique**: cela est réalisé dans les convertisseurs photovoltaïques, par exemple les panneaux solaires d'un satellite artificiel ou à usage domestique.
- ✓ Transformation de l'énergie **thermique** en énergie **rayonnante**: c'est l'incandescence, c'est-à-dire l'émission spontanée de rayonnement par les corps à une température non nulle et cela d'autant plus que la température est élevée ; exemple: le rayonnement du Soleil, dont la surface est à environ 6 000 °C.
- ✓ Transformation de l'énergie **thermique** en énergie **mécanique**: c'est que ce réalisent la machine à vapeur et, plus généralement, les turbines et moteurs thermiques, tels ceux des voitures automobiles.
- ✓ Transformation de l'énergie **thermique** en énergie **électrique**: cette conversion directe est réalisée dans les convertisseurs thermoélectriques (par exemple, les thermocouples utilisés pour des mesures de température) et thermoïoniques. (Industriellement, on passe plus souvent par l'intermédiaire de l'énergie mécanique, par exemple dans les centrales électriques classiques ou nucléaires).
- ✓ Transformation de l'énergie **mécanique** en énergie **rayonnante** : elle est observée dans le bremsstrahlung (rayonnement de freinage ou rayonnement synchrotron) utilisé dans des accélérateurs de particules pour créer un rayonnement intense de photons, tel Soleil à Saint-Aubin (Essonne) ; mais cette transformation n'a pas d'autre application industrielle.
- ✓ Transformation de l'énergie **mécanique** en énergie **thermique**: cette transformation est inévitable dans des frottements et des chocs ; elle est, par exemple, observée dans les freins qui chauffent.
- ✓ Transformation de l'énergie **mécanique** en énergie **électrique** : ce sont les générateurs électriques (dynamos, alternateurs) qui réalisent cette transformation.
- ✓ Transformation de l'énergie **électrique** en énergie **rayonnante** : cela se produit dans les décharges (étincelles, éclairs) et l'électroluminescence (par exemple, les tubes à néon) ; on remarquera que dans les lampes les plus usuelles (à incandescence), il y a un passage intermédiaire par la chaleur.
- ✓ Transformation de l'énergie **électrique** en énergie **thermique** : c'est «l'effet Joule», c'est-à-dire le dégagement de chaleur dans tout conducteur parcouru par un courant électrique; cet effet correspond souvent à une perte, mais il peut aussi être recherché (radiateur électrique).
- ✓ Transformation de l'énergie **électrique** en énergie **mécanique** : c'est ce que réalisent les moteurs électriques ; citons aussi la piézo-électricité qui est l'apparition de charges électriques à la surface de certains cristaux mis sous contrainte et, inversement, leur déformation sous l'action d'un champ électrique: ce dernier effet est utilisé dans les montres à quartz.

On remarquera que les transformations de l'électricité en d'autres formes d'énergie libre sont aisées : c'est, avec la facilité du transport par câbles, la raison de l'utilisation intensive de cette forme d'énergie dans les sociétés industrielles.

5.2. LIBERATION DE L'ENERGIE STOCKEE

- ✓ L'**énergie gravitationnelle** est celle emmagasinée par une masse placée à une certaine hauteur dans un champ de pesanteur (gravitation); le plus souvent, il s'agit d'eau, soit retenue par un barrage en altitude, soit prélevée sur le courant d'une rivière: c'est l'**énergie hydraulique**. Cette énergie se transforme spontanément en énergie **mécanique** dès qu'on laisse descendre cette masse; avec une turbine hydraulique, on récupère cette énergie mécanique pour la convertir en électricité.
- ✓ L'**énergie chimique** (celle qui est emmagasinée au sein des molécules de la matière sous forme de liaisons chimiques) peut être libérée sous toutes les formes d'énergie libre :
 - Transformation en **rayonnement**: c'est la chimiluminescence, c'est-à-dire une émission de lumière;
 - Transformation en **chaleur** : c'est la combustion et la fermentation (combustion lente par les organismes vivants);
 - Transformation en énergie **mécanique** : l'explosion ;
 - Transformation en **électricité**: piles et accumulateurs électriques (ces derniers pouvant être rechargés, ce qui est la transformation inverse d'énergie électrique en énergie chimique) ; piles à combustible.
- ✓ L'**énergie nucléaire** (celle qui est emmagasinée au sein des noyaux des atomes sous forme de liaisons nucléaires entre les nucléons) ne peut être libérée, en l'état actuel des techniques, que sous forme de **chaleur**.

5.3. STOCKAGE DE L'ENERGIE

Il n'est pas possible de transformer directement une forme d'énergie stockée en une autre: il faut forcément passer par une forme d'énergie libre intermédiaire. Les passages d'une forme d'énergie stockée vers une forme d'énergie libre ont été décrits au paragraphe précédent ; nous considérons ici les transformations inverses d'une forme d'énergie libre vers une forme d'énergie stockée.

- ✓ **Une pompe** permet de hisser une certaine masse de fluide à une hauteur supérieure: elle transforme de l'**énergie mécanique** en **énergie gravitationnelle**.
- ✓ Il est possible de stocker trois des quatre formes d'énergie libre en **énergie chimique**:
 - Le **rayonnement** grâce à la photochimie, notamment la photosynthèse dans laquelle la chlorophylle des plantes capte l'énergie du rayonnement solaire ;
 - **La chaleur** grâce à la thermolyse (synthèse chimique prélevant de la chaleur dans les réactifs) ;
 - **L'électricité** grâce à l'électrolyse, par exemple lors de la recharge d'une batterie d'accumulateurs.
- ✓ En revanche, nous ne savons pas, aujourd'hui, stocker de l'énergie sous forme d'énergie nucléaire.