



DÉFINITION DE L'ÉNERGIE

FORMES D'ÉNERGIE

LES GRANDS PRINCIPES DE L'ÉNERGIE

DÉCLINAISONS DE L'ÉNERGIE

RENDEMENT ET EFFICACITÉ

DÉFINITION DE L'ÉNERGIE

L'énergie (du grec : force en action) est ce qui permet d'agir : sans elle, rien ne se passe, pas de mouvement, pas de lumière, pas de vie !

Au **sens physique**, l'énergie caractérise la **capacité à modifier un état, à produire un travail entraînant du mouvement, de la lumière, ou de la chaleur**. Toute action ou changement d'état nécessite que de l'énergie soit échangée.

Elle est obtenue par la **combustion de carburants ou de combustibles** (pétrole, essence, gazole, fioul, gaz, charbon, bois, etc...), par l'**utilisation de l'électricité ou de forces naturelles** comme le vent ou l'énergie solaire.

L'énergie peut donc se présenter **sous plusieurs formes** qui **peuvent se transformer** ; par exemple, production d'électricité à partir du gaz, de pétrole ou de charbon dans une centrale thermique, ou le chauffage d'une maison à partir d'électricité ou de fioul domestique.

Dans le Système international d'unités, l'énergie s'exprime en **joules**. La **tonne d'équivalent pétrole** (tep) est utilisée par les spécialistes et les économistes pour comparer les énergies entre elles. Dans la vie courante, on utilise le **kilowatt-heure** (kWh).





L'énergie d'hier à aujourd'hui

L'émergence du concept d'énergie, au XIX^{ème} siècle, a été une **révolution en Physique**, quand on a constaté que travail mécanique et chaleur pouvaient se transformer de l'un à l'autre.

Le **concept scientifique d'énergie a été au centre du développement des activités techniques et industrielles** relatives à la production et à la transformation de l'énergie.

Le **charbon** est à l'origine de la **première révolution industrielle** (machine à vapeur, transports ferroviaires, métallurgie). L'essor de nouvelles sources d'énergie (**pétrole, électricité**) et des communications sont à l'origine de la **deuxième révolution industrielle**. Ces deux révolutions ont donné naissance à de **nouveaux modes de vie** et à **nos sociétés modernes**.

Elles ont également donné lieu à une ère de **dégradation de l'environnement sans précédent dans l'histoire humaine**. Les travaux du GIEC ont permis de **prendre conscience** du changement climatique induit par nos activités industrielles et l'utilisation des énergies fossiles depuis 200 ans, et d'en mesurer les conséquences sur la biodiversité, le cycle de l'eau, bref sur **l'avenir de la vie**.

L'énergie aujourd'hui et demain

Comme **l'énergie est nécessaire à toute activité humaine**, l'approvisionnement en sources d'énergie utilisable a été, est et restera une **préoccupation majeure des sociétés humaines**.

Aujourd'hui, la **lutte contre le changement climatique**, et plus largement une **meilleure prise en compte de l'impact de nos activités sur l'environnement**, nous obligent à **repenser notre système énergétique**, et à **réinventer nos façons de produire et de consommer l'énergie**.

Ainsi, la **diversification du bouquet énergétique** est, avec la **sobriété et l'efficacité énergétique**, une des réponses aux enjeux de sécurité d'approvisionnement, de compétitivité et de lutte contre le changement climatique. Dans cette optique, les **énergies renouvelables** et/ou propres auront un rôle majeur à jouer.





FORMES D'ÉNERGIE

L'énergie exprime la force des phénomènes physiques, c'est une quantité mesurable. Afin que l'énergie corresponde au phénomène qu'elle mesure, on distingue différentes formes d'énergie :

- Énergie de position, cinétique et mécanique
- Énergie potentielle chimique
- Énergie lumineuse
- Énergie électromagnétique

Énergie de position, cinétique et mécanique

Énergie de position (ou énergie potentielle)

Un corps possède une **énergie de position**, notée E_p , qui dépend de son **poids** (la masse notée m) et de sa **hauteur** (notée h).

→ **Plus sa masse et sa hauteur sont importantes, plus son énergie de position est grande.**

L'expression mathématique de l'énergie de position est :

$E_p = m \times g \times h$ (avec m en kilogramme, g l'accélération de la pesanteur ($9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ sur Terre) en newton par mètre, h la différence d'altitude en mètre (altitude de départ - altitude d'arrivée) en mètre)

On appelle cette énergie **potentielle** car elle est **emmagasinée** dans le corps, ou le système, et **pourra être transformée en énergie cinétique** lorsque le corps sera mis **en mouvement**, lors d'une chute par exemple. Comme elle dépend de la masse de l'objet et de la pesanteur, c'est une **énergie potentielle gravitationnelle**.

Énergie cinétique

C'est l'**énergie liée au mouvement** d'un corps ou d'une particule. On la note E_c . Cette énergie est **proportionnelle au carré de la vitesse de déplacement** : si le corps est immobile, son énergie cinétique est nulle. Elle dépend aussi du poids du corps, qui est responsable du mouvement de chute (c'est à cause de son poids qu'il est attiré vers le bas).

L'expression mathématique de l'énergie cinétique est :

$E_c = 1/2 m v^2$ (avec E_c en Joule (J), la masse m en kilogramme (kg), et la vitesse v en mètre par seconde (m/s))

On remarque dans cette formule que **l'énergie cinétique est proportionnelle au carré de la vitesse** de l'objet. Cela signifie que si on double la vitesse d'un objet, on multiplie son énergie cinétique par 4. On voit bien les conséquences que cela peut avoir dans un **accident de voiture** : la gravité des dégâts et blessures occasionnés **dépend de l'énergie cinétique du véhicule**. Ainsi, une collision à 60 km/h entraînera des dégâts ou blessures 4 fois plus graves qu'une collision à 30 km/h. C'est aussi ce qui explique que la distance de freinage augmente avec la vitesse du véhicule : plus il y a d'énergie cinétique à dissiper, plus c'est long.





Énergie mécanique

Lors de la chute d'un corps, l'**énergie de position est peu à peu convertie en énergie cinétique**. L'énergie mécanique (notée E_m) d'un corps qui chute est la **somme de son énergie de position et de son énergie cinétique**, d'où l'expression mathématique :

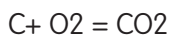
$$E_m = E_p + E_c$$

Énergie potentielle chimique

Lors d'une **réaction chimique, de l'énergie est dégagée** (ou absorbée suivant les réactions). Elle peut se présenter sous forme de chaleur, de lumière, d'agitation ou d'explosion.

Une **réaction chimique** est une **transformation de la matière**, au cours de laquelle les atomes se recombinent, provoquant un **changement de nature chimique de la matière** (à ne pas confondre avec un changement d'état (solidification, vaporisation), qui n'est pas une réaction chimique, car les atomes ne se recombinent pas).

Pour représenter la réaction chimique, on peut l'écrire sous forme d'**équation chimique**, par exemple lors de la combustion du carbone :



En se recombinaut, les atomes libèrent de l'énergie.

→ **La combustion est une manière de récupérer l'énergie potentielle chimique**, emmagasinée dans un combustible (charbon, bois), en la transformant en une autre forme d'énergie, la chaleur (énergie thermique).

Énergie lumineuse

La lumière est **une onde qui se propage** à la vitesse ... de la lumière ! Soit environ 300 000 km/s. Elle **transporte de l'énergie** depuis une **source** de lumière (étoile, lampe, flamme) jusqu'à un **récepteur** (œil, plante, panneau solaire).

→ Un capteur solaire est un récepteur capable de capter l'énergie lumineuse de la transformer en une autre forme d'énergie, l'électricité.

A l'inverse, une source de lumière, comme une lampe, peut transformer l'énergie qui l'alimente (l'électricité) en énergie lumineuse.

La lumière est l'énergie de rayonnement des ondes électromagnétiques visibles à l'œil nu. L'énergie lumineuse est **portée par des particules appelées photons**.





Énergie électromagnétique

L'énergie électromagnétique est l'**énergie associée aux ondes électromagnétiques** (ondes radio ou de rayonnement).

La force électromagnétique est la **combinaison de la force électrique** (issue des interactions entre charges électriques) **et de la force magnétique** (celle des aimants). Elle est véhiculée par les photons.

Le rayonnement électromagnétique est **émis par les atomes ou leurs noyaux, et résulte de l'action à distance des particules électriquement chargées sur les autres.**

Une expérience simple pour mettre en évidence un champ électrique Il est facile de créer un champ électrique, et de visualiser l'action à distance des particules chargées.

- On frotte un corps isolant (surface d'un CD, peigne) avec de la laine : il acquiert une charge électrique, et modifie les propriétés locales de l'espace en créant un champ.
- Des petits morceaux de papiers sont attirés et se collent à l'objet frotté : ils ressentent le champ électrique, c'est-à-dire qu'ils subissent la force d'attraction, due aux charges qui s'attirent ou se repoussent en fonction de leur signe (+/-).

L'onde se caractérise par une **fréquence** (nombre d'oscillations par seconde) et par une **longueur d'onde** (distance parcourue pendant une période d'oscillation). Elle se propage dans le vide **à la vitesse de la lumière** (300 000 km/s), et presque aussi vite dans l'air. En fonction de la longueur d'onde et de la fréquence, on obtient soit :

- des ondes radio
- des micro-ondes (grâce auxquelles on chauffe le café)
- des infra-rouges (pour voir à travers les murs)
- de la lumière (la seule onde que notre œil sache détecter, donc la seule visible)
- des ultra-violets (pour les coups de soleil)
- des rayons X (pour les radios à l'hôpital)
- des rayons gamma (processus nucléaires et radioactivité).

L'énergie électromagnétique est **rayonnée par une source** et peut être **recupérée par un capteur**.

On peut mesurer la puissance (en watt) rayonnée par une source : ainsi, la puissance solaire totale reçue sur Terre est de 170 PW (1 petawatt = 10^{15} W)

L'homme **sait créer** du rayonnement électromagnétique : courant électrique haute tension et domestique, lasers, ondes radios (radio, télévision), téléphones mobiles, technologies sans fil haut débit (WiFi, 3G), rayons X et gamma utilisés par la médecine, physique nucléaire. Ce rayonnement est largement utilisé pour **transporter de l'information**.





Impacts sur la santé

Aujourd'hui, **nous baignons dans un champ électromagnétique permanent** : les sources d'exposition sont nombreuses (systèmes électroniques et de communication sans fil, antenne télé, téléphone mobile, radio, Box, Wi-fi, Bluetooth, micro-onde, interphone bébé...).

Notre **niveau d'exposition et ses éventuelles conséquences** dépendent de la **puissance** et de la **distance** des émetteurs, mais aussi de la **durée** de l'exposition, ou de la **sensibilité** de chacun...

Ces champs électromagnétiques sont perçus par certains comme une « **pollution électromagnétique** » dangereuse pour la santé.

Pour être invisibles, les ondes n'en sont pas pour autant indétectables : on sait **mesurer notre niveau d'exposition** (en watts par kilogramme), ou la **valeur du champ électrique** sur un site (en volts par mètre), ce qui permet aux autorités de **déterminer des niveaux d'exposition maximums** (ou valeurs limites).

Cependant, les impacts à long terme de l'exposition au rayonnement électromagnétique sont encore **relativement méconnus**.

LES GRANDS PRINCIPES DE L'ÉNERGIE

Le principe de conservation de l'énergie

Peut-on créer de l'énergie ? Peut-elle se créer spontanément ? Disparaît-elle quand on la gaspille ?

Pourquoi parle-t-on de pertes d'énergie si elle se conserve ? Une loi essentielle de la physique, issue de la thermodynamique, permet de répondre à ces questions.

Selon le **principe de conservation de l'énergie**, lors de toute transformation, **l'énergie est conservée**.

Il s'énonce de la manière suivante : « Lors d'une transformation dans un système fermé, la variation de son énergie interne est égale à la quantité d'énergie échangée avec le milieu extérieur, sous forme de chaleur ou de travail. » Autrement dit, l'énergie acquise par le système est égale à celle que lui a transmis l'opérateur, même si celle-ci a changé de forme : l'un l'a acquise, l'autre l'a perdue, mais la quantité échangée est constante → l'énergie se conserve.

L'énergie est en quantité invariable dans la nature. On ne peut la produire à partir de rien : on ne peut que l'échanger, ou la transformer d'une forme à une autre.

Ce que résume fort bien la célèbre maxime de Lavoisier « **Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme** »

Cependant, des frottements peuvent intervenir au cours de l'échange, comme dans un moteur, créant des déperditions. Dans ce cas, la quantité d'énergie restituée par le moteur est inférieure à celle qui lui a été fournie : on dit qu'il y a des **pertes**. Mais cela ne contredit pas le principe de conservation : toute l'énergie reçue a été transformée, une partie ayant été transformée en chaleur dans les frottements. L'énergie "perdue" n'a **pas disparu** : elle s'est **dissipée** dans le milieu extérieur. Cette quantité d'énergie non utilisée par le système peut être mesurée, c'est ce qui permet de définir le rendement.





DÉCLINAISONS DE L'ÉNERGIE

L'énergie est **multiforme**, et quand on veut en parler, **comparer** les énergies entre elles, faire des **bilans énergétiques**, ou évaluer des **actions de maîtrise de l'énergie**, il faut savoir ce dont on parle et ce qu'on mesure vraiment.

Dans les bilans énergétiques, par exemple, il est courant de voir apparaître deux qualificatifs pour l'énergie : on parle tantôt d'énergie primaire, tantôt d'énergie finale. Qu'est-ce que cela change ? Pourquoi la part de l'électricité dans la consommation totale est-elle de 23,9% de l'énergie finale, alors qu'elle est de 43% de l'énergie primaire, variant quasiment du simple au double ? Tâchons d'y voir un peu plus clair !

Énergie primaire, secondaire, finale ou utile ?

Les **énergies que nous utilisons** au quotidien, à la maison ou pour le transport, ne sont **pas disponibles dans la nature sous forme prête à l'emploi**. L'énergie que nous qualifions de primaire, celle qui est disponible dans la nature, **doit être transformée**, convertie sous une autre forme pour être **utilisable** par le consommateur : le pétrole est raffiné avant d'arriver dans le réservoir de la voiture, l'électricité a été produite dans une centrale électrique à partir de la conversion d'une source d'énergie primaire. On appelle énergie finale l'énergie obtenue à partir de sources d'énergie primaires, celle qui peut être utilisée par le consommateur final. Du fait des **pertes aux différentes étapes de transformation**, de stockage, de transport, **l'énergie primaire est toujours supérieure à l'énergie finale** dans les bilans.





Énergie primaire

Au **sens physique**, l'énergie primaire correspond à l'**énergie présente dans la nature**, directement **exploitable sans transformation** : énergie éolienne (vent), énergie solaire (soleil), énergie hydraulique, énergie géothermique, énergie des combustibles fossiles (pétrole, charbon gaz) et nucléaires, et énergie biomasse.

Exemple : le soleil qui fournit de la lumière naturelle, le vent qui sèche le linge ou pousse un bateau à voile.

Attention !

Dans les **statistiques**, le terme **énergie primaire est utilisé avec un sens très différent du sens physique**.

Conformément au principe retenu par l'AIE* pour les conventions internationales, l'**énergie primaire désigne la première forme d'énergie rencontrée**, à savoir la chaleur pour l'électricité d'origine nucléaire et les énergies fossiles, et l'électricité pour l'hydraulique, l'éolien et le solaire photovoltaïque. **C'est donc cette première forme qui est comptabilisée dans les bilans**.

On y rencontre aussi le terme d'**électricité primaire** : il s'agit de l'électricité d'origine nucléaire, hydraulique, éolienne, solaire photovoltaïque et géothermique haute température.

Énergie secondaire

Lorsqu'une énergie primaire n'est pas utilisable directement, elle peut être transformée en une source d'énergie secondaire, qui elle pourra être utilisée directement. C'est donc l'**énergie issue de la conversion d'une énergie primaire**.

Exemple : électricité produite par une centrale thermique

Énergie secondaire = énergie primaire x rendement de conversion

Énergie finale

C'est l'**énergie mise à disposition de l'utilisateur final**. Sa consommation entraîne une **dernière conversion**. Cela peut être une énergie primaire (bois pour la cheminée), ou une énergie secondaire (électricité, mazout).

Énergie finale = énergie secondaire x rendement de transport

Énergie utile

C'est l'**énergie qui rend le service énergétique recherché** par l'utilisateur final, **issue de la dernière conversion**.

Exemples : lumière d'une lampe, chaleur fournie par un radiateur ou un four.

Énergie utile = énergie finale x rendement d'utilisation

*A.I.E. : Agence internationale de l'énergie, organisation internationale fondée en 1974, destinée à faciliter la coordination des politiques énergétiques de ses 28 pays membres.





RENDEMENT ET EFFICACITÉ

Le rendement

Il y a d'innombrables façons, à partir d'une forme d'énergie, de produire l'énergie de fonctionnement des objets techniques : lampes, radiateurs, moteurs... Mais **les procédés techniques ne sont pas parfaits**, et les conversions que ces systèmes réalisent pour transformer une forme d'énergie en une autre sont à l'origine de **déperditions**, souvent sous forme de chaleur (effet Joule). Ces quantités d'énergie non utilisée sont considérées comme des **pertes**, car elles ne peuvent pas toujours être récupérées et utilisées.

→ **Le rapport entre l'énergie fournie à un système et l'énergie restituée définit son rendement.**

Le rendement énergétique est compris entre 0 et 100% (ce qui en pratique n'existe jamais).

Quelques exemples...

Un moteur de voiture a un rendement de 20 à 30%. Une ampoule à incandescence a un rendement de 5% en éclairage (le reste de l'énergie étant dissipé en chaleur). Les centrales électriques ont un rendement moyen de 33% (pertes thermiques, pertes dans le transport).

Les rendements varient en fonction des formes d'énergies et des systèmes utilisés pour les convertir.

L'efficacité énergétique

L'efficacité énergétique représente le **rendement énergétique complet d'un système**.

Ainsi, l'efficacité énergétique d'une maison dépendra du rendement des appareils de chauffage utilisés, mais aussi de son isolation, du système de ventilation...

L'AIE considère que l'efficacité énergétique est « **l'énergie du futur** », et qu'il faut libérer son potentiel.*

Et en effet, l'énergie la plus économique, la plus durable, la plus propre, la plus à même d'atteindre tous les objectifs d'indépendance énergétique, de lutte contre le dérèglement climatique... bref **l'énergie la meilleure, c'est celle qu'on ne consomme pas !!**

*cf. rapport Energy Technology Perspectives (ETP) 2012





La chaîne énergétique

L'ensemble des transformations qui ont lieu de l'énergie primaire à l'énergie utile **forme une chaîne énergétique**.

Celle-ci peut être représentée dans un **diagramme**, faisant apparaître les **différentes énergies et conversions impliquées**, ainsi que les **pertes** qui ont lieu à chaque étape.

En comparant l'énergie finale (ou utile) réellement récupérée en bout de chaîne, et l'énergie primaire qui a été consommée pour la produire, on peut mesurer l'**efficacité énergétique** du système utilisé pour transformer l'énergie.

Pour cela, il faut tenir compte, à chaque étape, du **rendement** du dispositif de transformation/conversion utilisé pour passer d'une forme d'énergie à une autre.

