

Les énergies

I Considérations générales sur les notions de force, d'énergie et de puissance

En sciences physiques, on définit trois concepts bien distincts que sont la force, l'énergie et la puissance.

1) La force

Elle se mesure au moyen d'un ressort convenablement gradué et appelé dynamomètre

Son unité est le **Newton**, de symbole N

Le concept de force est relié au concept d'accélération (variation de vitesse par unité de temps) par la loi de Newton :

$$F = m a$$

où F est l'intensité de la force en Newton, m la masse du système auquel s'applique seule cette force et a l'accélération produite par cette force sur le système.

L'expérience montrant que tous les corps chutent de la même façon lorsqu'ils sont lâchés sans vitesse initiale dans le vide, la loi de Newton s'écrit :

$$P = m g$$

où P, poids du corps, est la force exercée par la Terre sur ce corps de masse m en chute libre et g l'accélération qui en résulte et qui est appelée accélération de la pesanteur. A Paris, la mesure de cette accélération donne la valeur 9,81 m/s/s

2) L'énergie

L'énergie est une grandeur physique caractérisant un système matériel et il en existe différentes sortes dont : l'énergie cinétique, l'énergie potentielle de pesanteur, l'énergie thermique, l'énergie chimique, l'énergie électrique, l'énergie magnétique, l'énergie rayonnante.

L'unité de l'énergie est le **Joule** de symbole J

3) La puissance

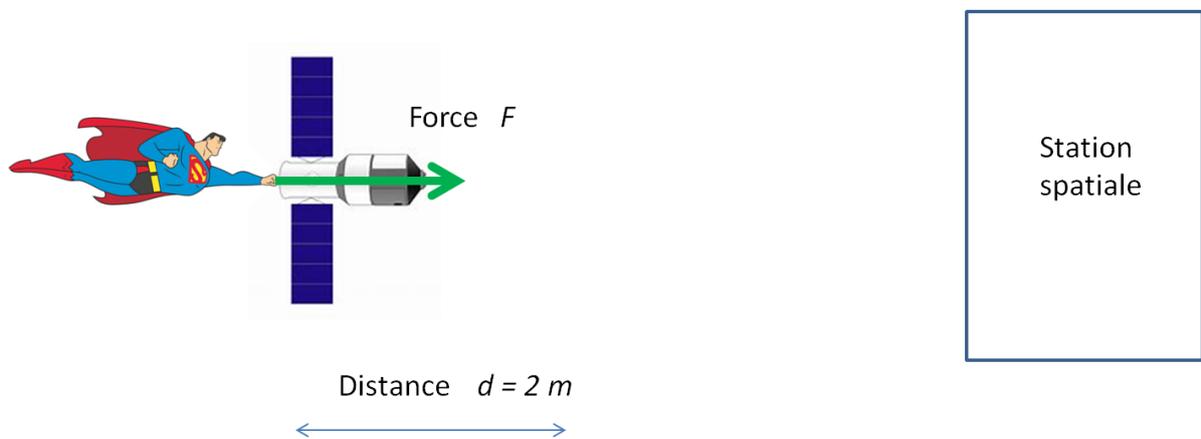
La puissance est une grandeur physique composée, c'est une énergie (captée ou cédée par un système) par unité de temps.

L'unité de la puissance est le **Watt** de symbole W

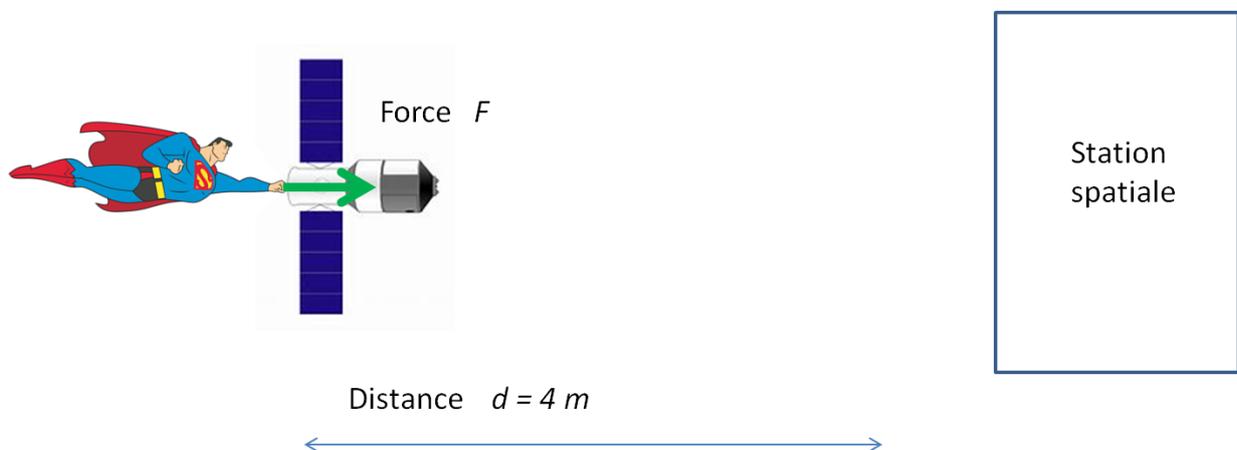
II Le travail d'une force et le concept d'énergie cinétique

C'est le concept par lequel vont se définir tous les concepts d'énergie. Une petite histoire d'abord pour l'illustrer :

« Superman souhaite détruire une station spatiale maléfique en projetant un satellite dessus, le satellite étant initialement immobile dans le repère de la station spatiale et assez éloigné de cette dernière. Pour que son action soit efficace, Superman doit donner au satellite une vitesse minimale v égale à 100 km/h. Il exerce pour cela une force constante F sur une distance d égale à 2 m puis laisse le satellite poursuivre sa course à vitesse constante pour s'écraser sur la station.



Mais les dégâts ne sont pas suffisants et Superman doit recommencer avec un autre satellite totalement identique au premier. Sauf que l'ignoble Darkseid le touche d'un rayon fatal qui lui fait perdre la moitié de sa force. Profitant que son ennemi est occupé ailleurs, Superman pousse malgré tout le satellite mais, pour lui communiquer la même vitesse que précédemment, il doit le faire sur une plus grande distance qui s'avère être le double de la précédente, soit 4 m. La station est réduite en miettes en explosant. Ouf ! Les humains sont une fois de plus sauvés ».



Si la force de Superman avait été trois fois plus faible que dans le cas initial, Superman aurait constaté que la distance sur laquelle il aurait poussé pour obtenir la même vitesse aurait été trois fois plus grande et ainsi de suite, ce qui se traduit par la propriété suivante :

Le produit de l'intensité de la force exercée par Superman par la distance d'action a la même valeur. Ce produit est appelé **travail** de la force F sur la distance d et s'exprime par la formule : $F \times d$.

La loi de Newton et quelques calculs mathématiques permettront de montrer que l'on a :

$$F \times d = \frac{1}{2} m v^2$$

Plaçons-nous maintenant dans la situation inverse. Un véhicule spatial de masse m fonce à une vitesse constante v vers une station spatiale essentielle pour la sécurité des humains et Superman doit empêcher ce désastre. Le super héros accroche donc un grappin à l'arrière du véhicule et le retient de toute sa force F . Il parvient à l'arrêter sur une distance d telle que :

$$F \times d = \frac{1}{2} m v^2$$

L'énergie cinétique du véhicule est alors définie comme étant la quantité :

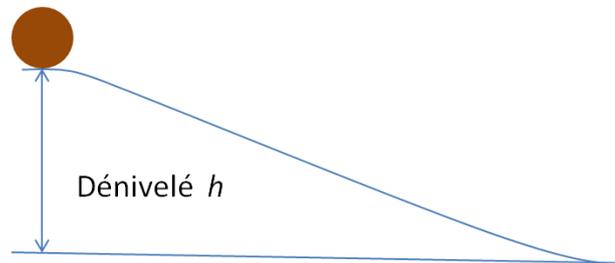
$$E_c = \frac{1}{2} m v^2$$

Elle est égale au travail de la force qui permet de stopper le véhicule sur une distance d .

Remarque : Superman est un super-héros, qui n'est pas soumis aux lois physiques gouvernant les humains. En effet, imaginez un astronaute devant accomplir la même tâche que Superman en poussant le véhicule sur la station spatiale. Son action de poussée ne durerait pas longtemps car il ne pourrait s'appuyer sur rien dans l'espace pour exercer sa poussée contrairement à ce qui se passe sur Terre, où il s'appuierait sur le sol. L'astronaute se verrait repoussé du véhicule par principe de réaction et s'en éloignerait. La seule solution serait qu'il allume une fusée et il se verrait alors propulsé avec le véhicule par les gaz d'éjection.

III L'énergie potentielle de pesanteur ou énergie de position

L'ignoble Darkseid cherche encore à s'en prendre aux humains. En haut d'une rue fortement pentue de San Francisco, il vient de faire sortir d'un camion une énorme boule de fonte, qu'il s'apprête à laisser rouler afin qu'elle détruise un bâtiment stratégique situé en contrebas sur sa trajectoire.



La boule encore immobile en haut de la rue représente une menace. Elle est potentiellement dangereuse car en roulant elle va acquérir de plus en plus de vitesse et parvenue en bas de la rue elle aura une énergie cinétique. Comme la route ne présente pas d'aspérités, la boule en roulant parfaitement aura la même énergie cinétique en arrivant en bas que si elle avait été lâchée au dessus de ce point sans vitesse initiale.

Ainsi, lorsque la boule est en haut, on dit qu'elle a une énergie potentielle de pesanteur appelée encore **énergie de position**, qui n'est autre que l'énergie cinétique qu'elle aurait en bas, due au travail de son propre poids, ce dernier étant la force exercé par la Terre sur la boule. Elle s'exprime par :

$$E_p = P h = m g h$$

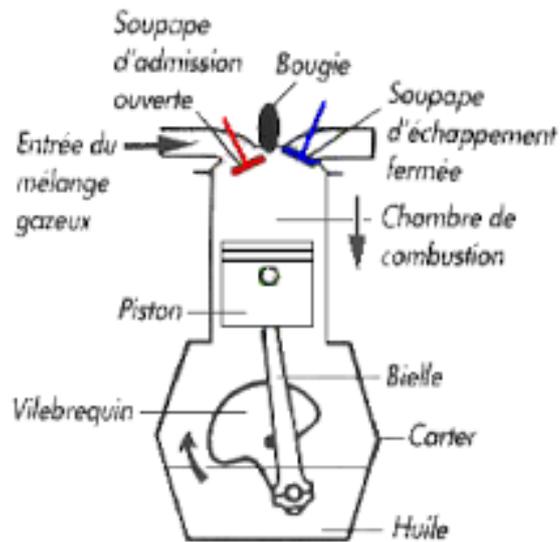
où P , exprimé en Newton est le poids de la boule et h le dénivelé.

La somme de l'énergie cinétique et de l'énergie de position d'un système est son **énergie mécanique**

Un objet qui tombe en chute libre dans le vide voit son énergie de position diminuer et son énergie cinétique augmenter, mais son énergie mécanique se conserve.

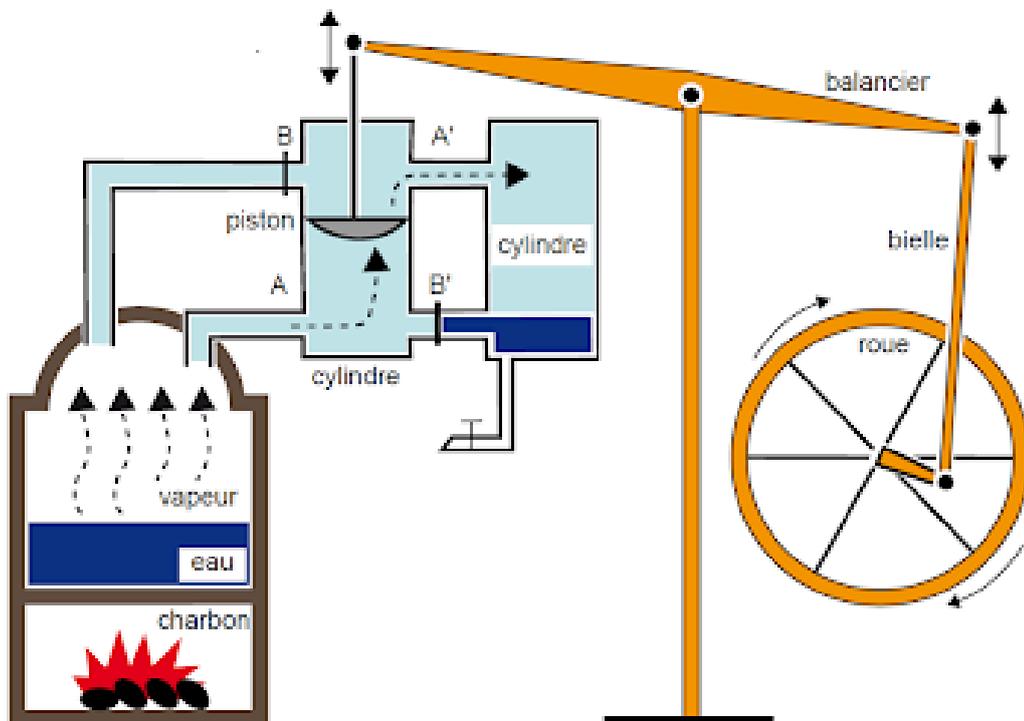
IV L'énergie thermique

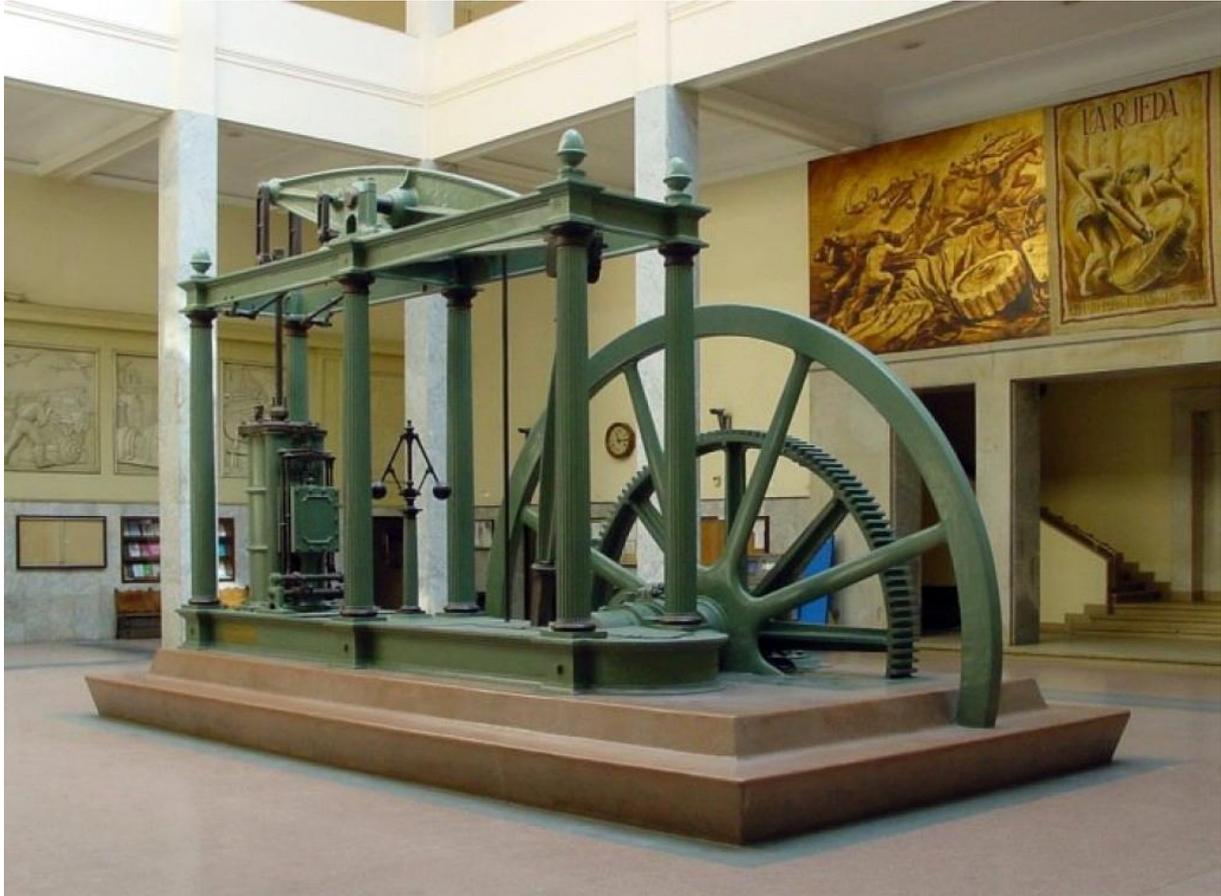
En faisant exploser un mélange d'air et d'essence dans un cylindre muni d'un piston, on produit un mouvement de ce dernier. C'est le principe d'un moteur à essence. Le mélange après combustion acquiert une énergie dite thermique, laquelle se transforme en énergie cinétique du piston (pour une part autour de 40 %, l'autre part étant dissipée sous forme de chaleur), laquelle se transforme en énergie cinétique de rotation de l'arbre moteur, laquelle se transforme en énergie cinétique du véhicule propulsé par ce moteur, laquelle se transforme in fine en énergie thermique dans l'environnement.



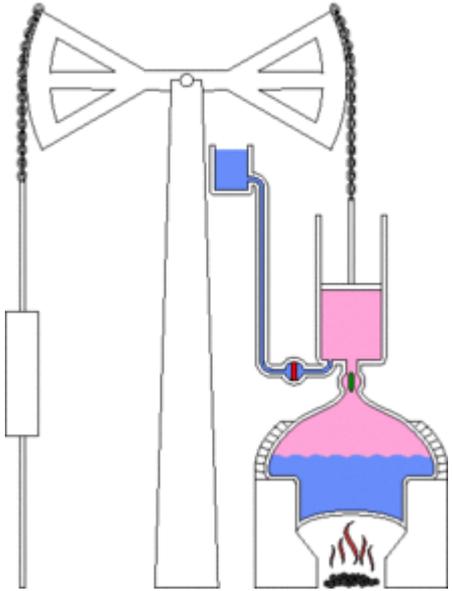
Le moteur à vapeur a précédé le moteur à essence. Là encore il s'agit de produire de l'énergie thermique en chauffant de l'eau jusqu'à la transformer en vapeur.

La machine à vapeur de James Watt, 1769





James Watt apporta une amélioration dans le rendement de la machine de Newcomen dont l'inconvénient était de refroidir à chaque cycle les parois du cylindre en même temps que la vapeur, ce qui employait une partie de cette dernière au cycle suivant au réchauffement des parois plutôt qu'à la poussée du piston.



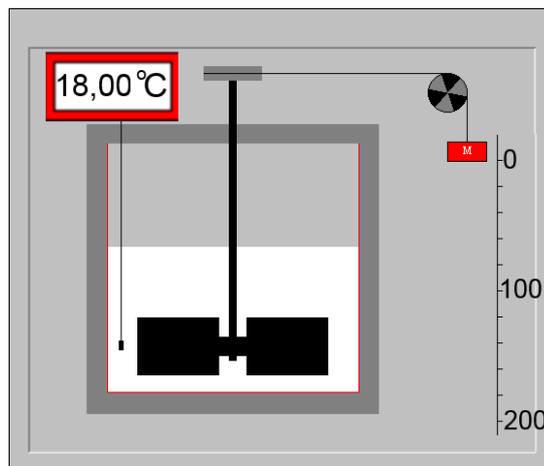
V l'équivalence travail chaleur

Quand on chauffe un système en le mettant en contact avec un autre (gaz de combustion brûlants, résistance électrique) on dit qu'on lui transfère de la chaleur. Cette chaleur est un travail invisible à notre échelle dite macroscopique de forces agissant aux niveaux des constituants élémentaires de la matière (atomes et molécules).

On a défini pour unité de chaleur la calorie comme étant la chaleur qu'il faut fournir à 1 gramme d'eau distillée pour élever sa température de un degré à nos températures usuelles. Le savant Joule réalisa cette même action à l'aide d'un travail mesurable et obtint la correspondance :

$$1 \text{ calorie} = \text{environ } 4 \text{ Joules}$$

Voici un exemple de dispositif permettant cette mesure : un poids de masse m transmet son énergie potentielle à un système d'hélice, qui transmet son énergie cinétique de rotation à l'eau d'un calorimètre (cuve isolée remplie d'eau et munie d'un thermomètre)



VI L'énergie chimique

Revenons sur l'expérience du mélange air essence que l'on fait brûler. L'opération fait apparaître de l'énergie thermique car la température du système s'accroît. D'où vient-elle ? De réactions chimiques qui se sont produites entre l'essence et le dioxygène de l'air. Le système a donc transformé de l'énergie chimique en énergie thermique dans la combustion.

VII La puissance

Prenons un radiateur électrique. L'échauffement du fil métallique résistant qui le constitue sous l'action d'un courant électrique le traversant conduit à transférer de l'énergie thermique à la résistance et l'air environnant ainsi que du rayonnement. L'énergie thermique et rayonnante transférée par unité de temps est la puissance du radiateur. Ainsi, un radiateur de 1000 W produit 1000 J d'énergie thermique et rayonnante par seconde.

VIII Les conversions et transferts de l'énergie

Un système matériel peut présenter plusieurs types d'énergie. Exemple : Une boule d'uranium roulant avec une vitesse donnée sur une table et située à une hauteur du sol pris comme niveau de référence a :

- Une énergie cinétique liée à sa vitesse
- Une énergie de position liée à sa hauteur
- Une énergie thermique
- Une énergie chimique
- Une énergie nucléaire

Si elle rencontre une autre boule sur sa trajectoire, elle peut lui transférer toute son énergie cinétique dans un choc dit élastique en s'immobilisant (comme au billard). Si elle tombe de la table sur le sol en s'immobilisant, elle transfère son énergie potentielle en énergie thermique. Et si elle comporte suffisamment d'uranium fissile, l'uranium 235, alors elle peut libérer une gigantesque énergie nucléaire comme dans la bombe atomique.

L'eau d'une bouteille que l'on met dans un réfrigérateur transfère de l'énergie thermique à l'air environnant plus froid.

IX Les sources d'énergie :

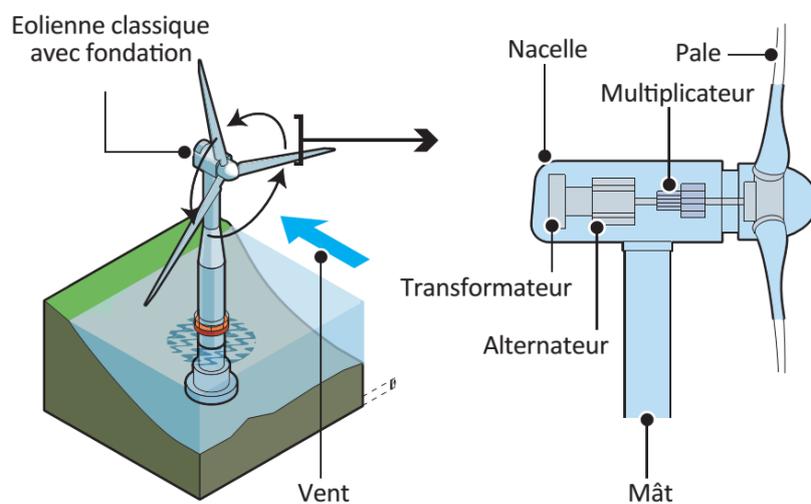
On appelle source d'énergie, un système susceptible de transférer de l'énergie à un autre. Exemples :

- Le soleil transmet une énergie rayonnante qui peut être convertie en énergie thermique ou bien en énergie électrique
- Le pétrole, le charbon, le gaz naturel peuvent convertir en présence de dioxygène une énergie chimique en énergie thermique.
- Un réservoir d'eau par son altitude peut convertir son énergie potentielle en énergie cinétique et cette énergie cinétique peut être convertie en énergie électrique via une turbine et un alternateur.
- Les couples de métaux et l'électrolyte d'une pile peuvent convertir leur énergie chimique en énergie électrique et cette énergie électrique peut être convertie en énergie mécanique (cas du moteur électrique)

- L'uranium 235 peut convertir de l'énergie nucléaire en énergie thermique laquelle peut être convertie en énergie mécanique puis en énergie électrique (propulsion nucléaire du porte avion Charles de Gaulle)
- Le vent peut transférer son énergie cinétique aux pales de l'éolienne laquelle est convertie en énergie électrique.

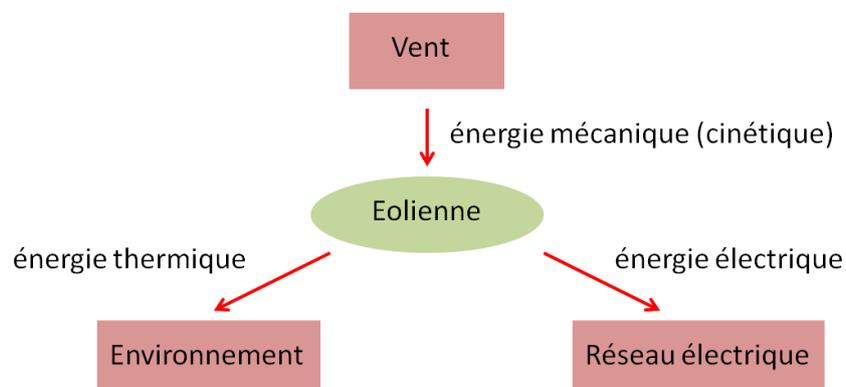
X Les diagrammes de conversion ou de transfert d'énergie

Afin de représenter les conversions et transferts d'énergie, on établit un diagramme faisant apparaître les sources d'énergie et le type d'énergie transférée entre ces sources. Ainsi pour une éolienne :

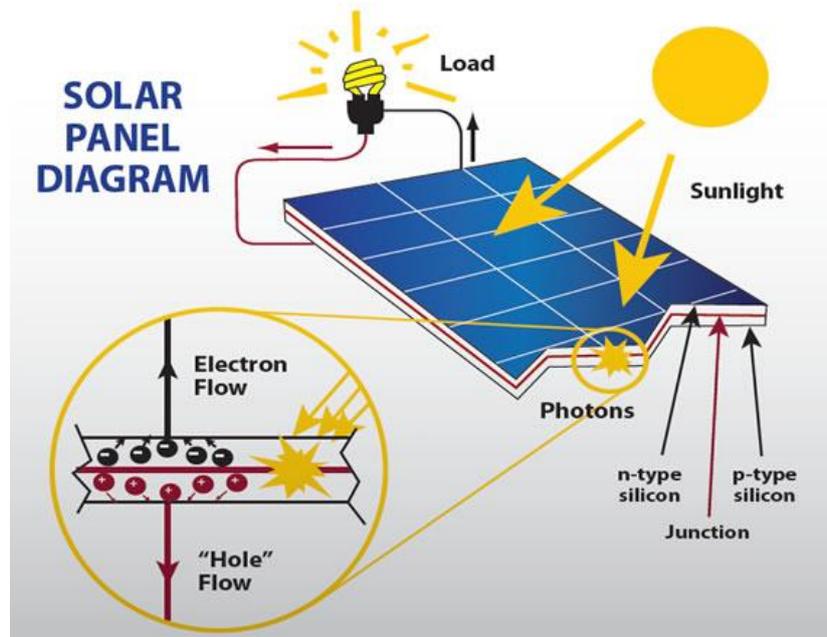


Le vent entraîne en rotation trois pales et ce mouvement de rotation permet, au moyen d'un alternateur, de générer un courant électrique. Un transformateur sert à abaisser la tension produite par l'alternateur.

Voici le diagramme de conversion :

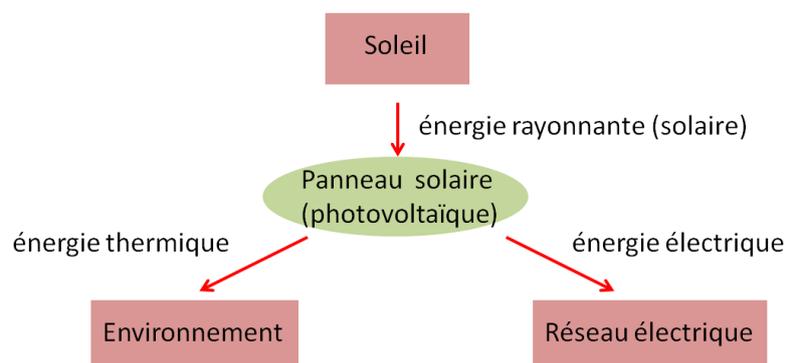


Un second exemple, où le convertisseur est un panneau solaire photovoltaïque alimentant en électricité une caravane.

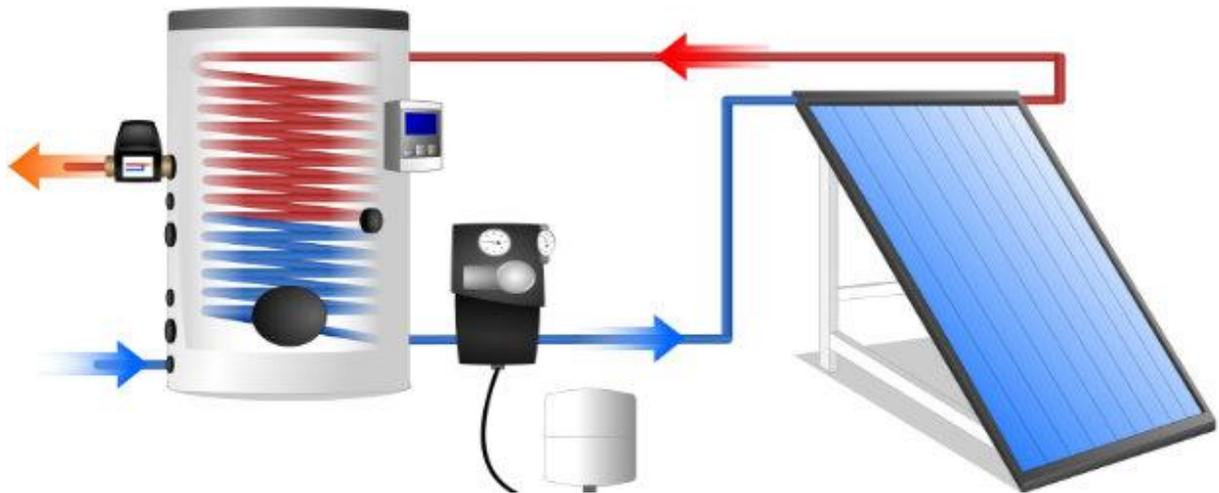


Le soleil est une source d'énergie rayonnante qui transfère des grains d'énergie appelés photons aux électrons du circuit du panneau photovoltaïque, ce qui donne à ces électrons une énergie, responsable de l'apparition d'un courant électrique.

Voici le diagramme de conversion

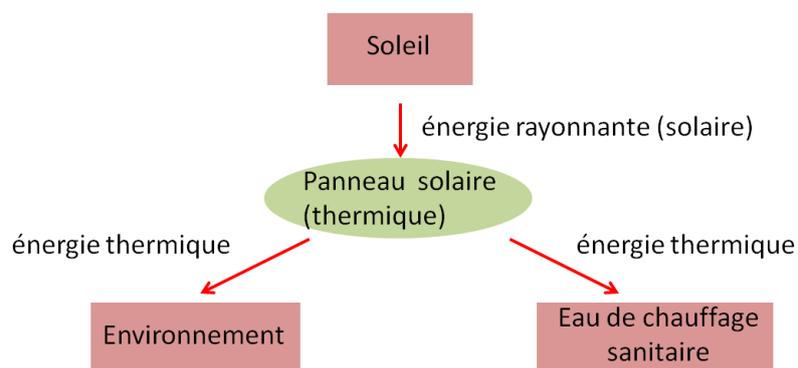


Un troisième exemple, pour bien montrer la différence avec le précédent, où le convertisseur est un panneau solaire thermique :

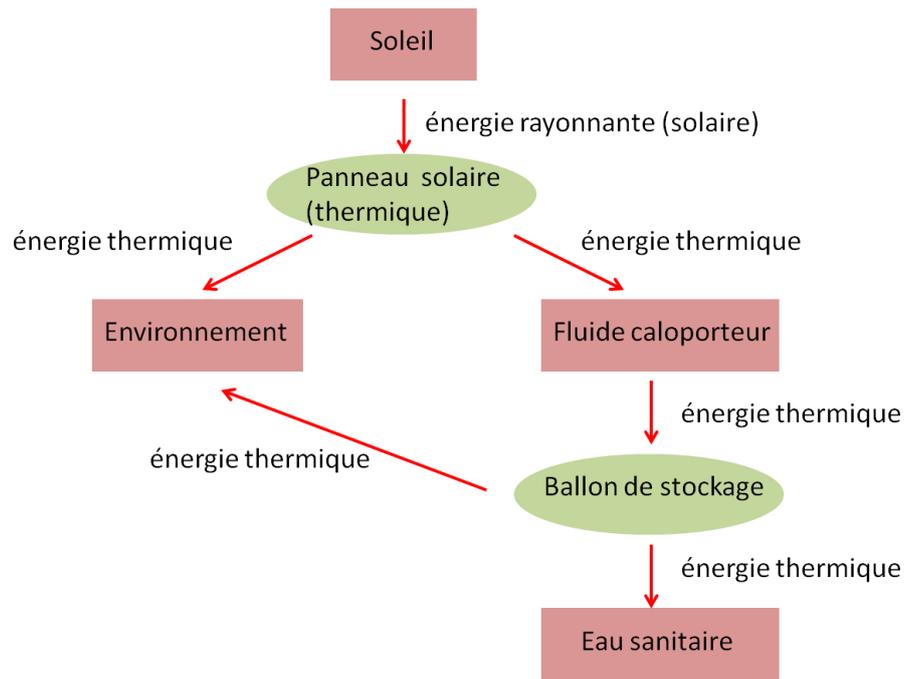


Ici, c'est un fluide caloporteur qui est chargé de capter sous forme d'énergie thermique (chaleur) la plus grande partie de l'énergie rayonnante reçue par le panneau et de la transférer via un échangeur dans un ballon de stockage à l'eau du circuit sanitaire.

Voici le diagramme de conversion :



Le convertisseur est donc plus à proprement parler le panneau solaire et le ballon servant d'échangeur sinon il faut décomposer la chaîne comme suit, en faisant apparaître le ballon de stockage servant d'échangeur thermique comme un convertisseur :



Liens :

locomotive

<http://premarecarree.blogspot.com/2007/08/la-machine-vapeur-de-watt.html>

machine de watt

<https://www.youtube.com/watch?v=4g63W7SLN1c>

machine de watt 1788

<https://www.youtube.com/watch?v=P9sq9ADbgts>

machine de watt petit format

<https://www.youtube.com/watch?v=Hio6EpvFdDg>

machine Piguet

https://www.youtube.com/watch?v=xkzR1_pnR7c

pile de Volta

<https://www.youtube.com/watch?v=N6qIt0c6AvE>

allumer une diode

<https://www.youtube.com/watch?v=QX1YPnR5c7o>

jonction pn, diode électroluminescente

<https://www.youtube.com/watch?v=88d-WgYRA78>