ENERGETIQUE

I LES DIFFERENTES FORMES D'ENERGIE

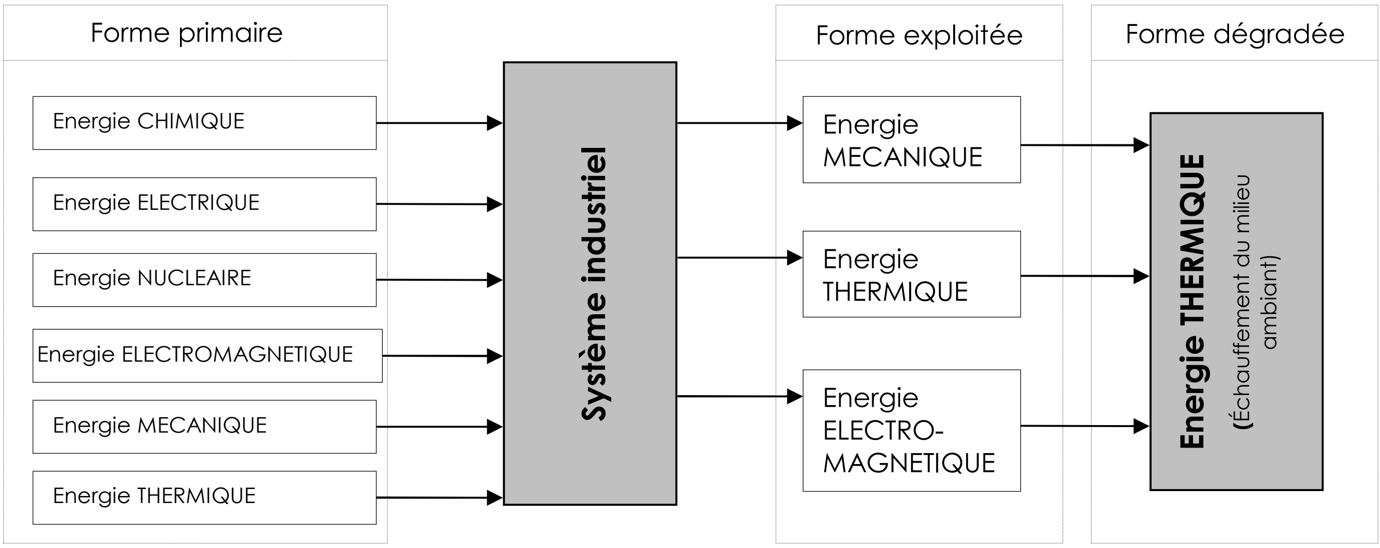
1- Définition de l'énergie

L'énergie est une grandeur physique qui caractérise la capacité d'un ensemble matériel à se modifier ou à modifier son environnement.

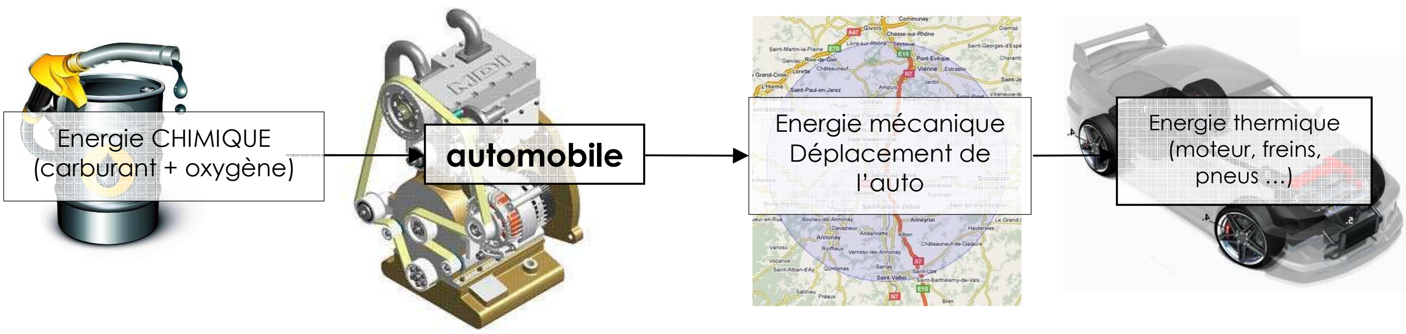
2- Les formes d'énergie

L'énergie est une grandeur conservative (qui ne varie pas en quantité) qui apparaît dans l'univers qui nous entoure sous diverse formes (voir diagramme suivant). Le fait que l'énergie se conserve implique qu'elle ne fait que changer de forme ; en aucun cas il ne peut y avoir consommation d'énergie.

Lorsqu'on parle de « pertes énergétique », on commet un abus de langage ; en fait, on sous-entend transformation d'une forme d'énergie exploitable en une forme inexploitable (dégradé ou dissipée)



Exemple concret : une automobile

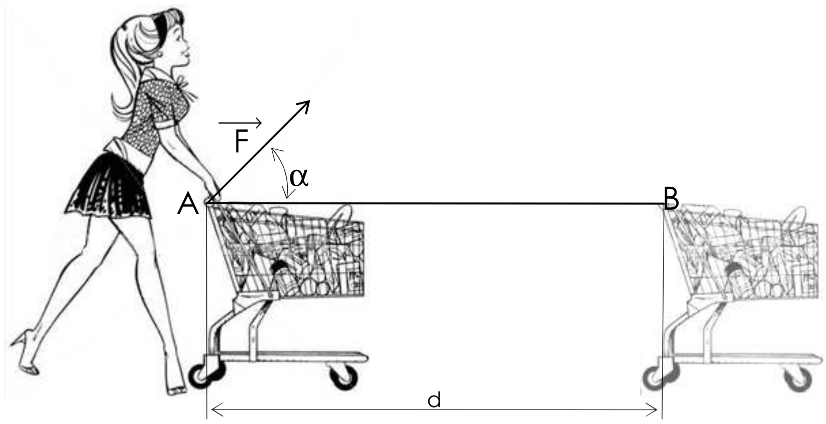


II ENERGIE MECANIQUE

C'est la forme d'énergie la plus directement exploitable par l'homme puisqu'elle met en jeu :

- des actions mécaniques (tour, fraiseuse, scie motorisée, marteau piqueur, vérin …..)
- des déplacements (tout véhicule motorisé automobile monte-charge…)

1- Travail d'une force (cas d'un solide en translation)



Soit une force $\vec{F}$ constante en direction et en intensité se déplaçant le long d'un segment [AB]

Le travail de cette force le long de [AB] s'écrit : $\boxed{W_F\,(AB) = \vec{F}.\vec{AB}}$

Soit : $\boxed{W_F\,(AB) = \|\vec{F}\|.\|\vec{AB}\|\cos\alpha}$ (d'après les propriété du produit scalaire)

Unités : F en Newton W_F (AB) en Nm AB ou d en m

2- Travail d'un couple (cas d'un solide en rotation)

Soit un couple C de valeur constante agissant sur un solide lors d'une rotation d'un angle θ.
Le travail de ce couple sur une rotation de θ s'écrit :

$$\boxed{W = C.\theta}$$

Unités : C en Nm
θ en rad
$W_C(\theta)$ en Nm

III FORME PARTICULIERE DE L'ENERGIE

1- Energie cinétique (Ec)

C'est l'énergie due à la vitesse que possède un corps massif (masse ≠0) se déplaçant dans un repère de référence.

1-1 Energie cinétique en translation

Un solide (S) de masse m, de centre de gravité G se déplaçant dans un repère R à la vitesse $\overrightarrow{\mathbf{V}_{G\in S/R}}$ au cours d'un mouvement de translation rectiligne a une énergie cinétique $Ec_{S/R}$ qui s'écrit :

$$\boxed{Ec_{S/R} = \frac{1}{2} m \left(\left\| \overrightarrow{\mathbf{V}_{G\in S/R}} \right\| \right)^2}$$

Unités : m en kg ; $\mathbf{V}_{G\in S/R}$ en m/s ; $Ec_{S/R}$ en Joules

Application

Comparer l'énergie cinétique d'une formule 1 de 600 kg roulant à 324km/h avec celle d'un camion de 35 tonnes roulant à 72 km/h

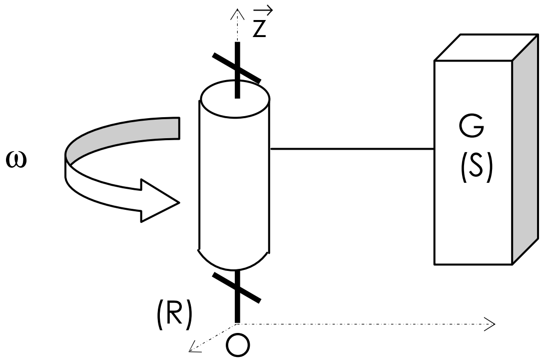
1-2 Energie cinétique en rotation autour d'un axe fixe

Un solide (S) de masse m, de centre de gravité G tourne autour d'un axe $(O,\vec{z})$ à la vitesse ω au cours d'un mouvement de rotation.

Notons $I_{(O,\vec{z})}$ son moment d'inertie par rapport à l'axe de rotation

L'énergie cinétique $Ec_{S/R}$ s'écrit :

$$\boxed{Ec_{S/R} = \frac{1}{2} I_{(O,\vec{z})} . \omega^2}$$



Unités : $I_{(O,\vec{z})}$ en kgm² ; ω en rad/s ; $Ec_{S/R}$ en Joules

Application

Calculer l'énergie cinétique de rotation de l'ensemble (arbre moteur +meules) d'un touret à meuler de moment d'inertie $I_O = I_G = 0{,}05$ kg.m² et tournant à 3000 tr/min.

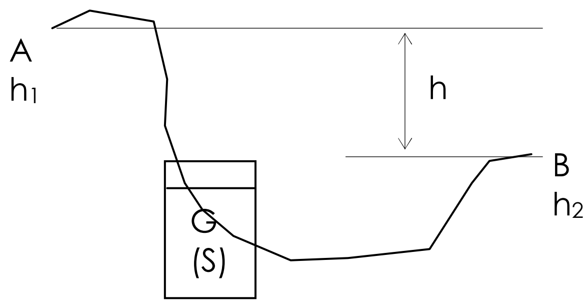
2- Energie potentielle de pesanteur (Ep)

C'est l'énergie que possède un corps massif du fait de son altitude par rapport à une altitude de référence. Elle est égale au travail du poids de ce corps entre deux altitudes.

Exemple

Un pot de peinture en haut d'un escabeau possède une certaine énergie potentielle de pesanteur par rapport au sol. En effet, si on « enlève » l'escabeau, le pot va tomber et toucher le sol à une vitesse non nulle ; ce signifie que l'énergie potentielle de départ (due à l'altitude) s'est transformée en énergie cinétique au cours de la chute.

Soit un solide (S) de centre de gravité G se déplaçant sur une trajectoire quelconque, entre 2 points A et B situés aux altitudes respectives h_1 et h_2.



Travail du poids entre A et B

W_F (AB) = $mg(h_1-h_2) = mgh$

Donc $\boxed{Ep=m.g.h}$ Ep en joules, m en kg, g en m/s², h en m

3- Energie de déformation d'un corps élastique (El)

C'est l'énergie emmagasinée par un corps déformable au cours de sa déformation élastique sous l'effet d'actions mécaniques.
Elle correspond au travail durant la déformation des actions mécaniques créant cette déformation.

3-1 Energie de déformation d'un ressort en traction ou compression

Soit un ressort travaillant en traction ou compression de longueur libre lo et de raideur k. Soit l sa longueur une fois déformé sous l'action d'une force F notons $\Delta l = l - lo$ sa déformation.
Rappel : on a la relation $F = k.\Delta l$ (avec F en N, k en N/m et Δl en m)

L'énergie de déformation s'écrit :

$\boxed{El = F.\Delta l = k\,\Delta l^2}$ El en joules, k en N/m et Δl en m

3-2 Energie de déformation d'un ressort en torsion

Soit un ressort travaillant en torsion de raideur K (en Nm/rad).
Soit θ sa déflexion angulaire en radians une fois déformé sous l'action de C.
Rappel : on a la relation $C=K.\theta$ (avec C en Nm, θ en rad et K en Nm/rad)

L'énergie de déformation s'écrit :

$$\boxed{El= C.\ \theta = K\ \theta^2}$$

El en joules, K en Nm/rad et θ en rad

IV PUISSANCE D'UNE ACTION MECANIQUE EN MOUVEMENT

La puissance définit la quantité de travail (fournie par une action mécanique) effectué par unité de temps (par seconde). C'est le **débit d'énergie** crée par cette action mécanique.
La puissance moyenne est donc égale au rapport du travail fourni par le temps écoulé.

$$\boxed{P = \frac{W}{t}}$$

Unités : W en Nm t en secondes P en Watts(W)

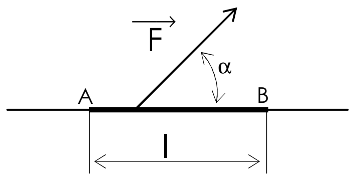
Remarque : Le travail fourni par l'action mécanique ne peut pas être constant au cours du temps. Dans ce cas la puissance est dite instantanée et est la dérivé de la fonction travail par rapport au temps $P(t)=\frac{dW(t)}{dt}$.

4-1- Puissance développée par une force en mouvement (force constante)

$$\boxed{P = \overrightarrow{F}.\overrightarrow{\mathbf{V}_{A\in S/R}}}$$

Unités : F en N

$\overrightarrow{\mathbf{V}_{A\in S/R}}$ en m/s P en Watts(W)



4-2- Puissance développé par un couple en rotation

$$\boxed{P = C.\omega}$$

Unités : C en Nm ω en rad/s P en Watts(W)

V THEOREME DE L'ENERGIE CINETIQUE

Il traduit sous forme énergétique les équations du principe fondamental de la dynamique. Il permet ainsi de calculer les efforts mis en jeu ou les vitesses apparaissant sans avoir à calculer l'accélération et de faire des intégrations successives.

Soit (S) un solide isolé dont on connaît le bilan des efforts extérieurs. Ce solide évolue entre un état initial(i) et un état final (f) sous l'action des efforts extérieurs.

Enoncé

La variation d'énergie cinétique d'un solide (S) entre l'état initial (i) et l'état final (f) est égale à la somme algébrique des travaux des actions mécaniques appliquées à (S) entre l'état initial et l'état final

Soit : $\boxed{Ec_f - Ec_i = \Sigma W}$

Autre énoncé (moins utilisé)

La dérivée de l'énergie cinétique d'un solide (S) par rapport au temps est égale à la somme des puissances instantanées des actions mécaniques appliquées à (S)

Soit : $\boxed{\frac{dEC(t)}{dt} = \Sigma P_{instannées}}$

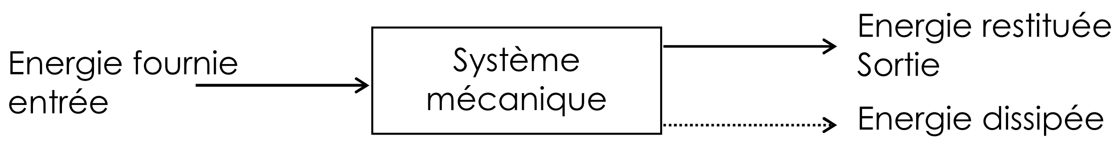
Application

On lâche un objet (S) de masse m=500g du haut de la tour Eiffel. A quelle vitesse touche-t-il le sol 300 m plus bas ?

1- Isoler (S) et faire le bilan des actions mécaniques.
2- Calculer le travail des actions mécaniques précédentes le long du déplacement.
3- Donner les expressions des énergies cinétiques finales et initiales de (S)
4- Appliquer le théorème de l'Ec pour en déduire la vitesse d'impact au sol (vitesse finale)

VI CONSERVATION DE L'ENERGIE

Comme nous l'avons vu au début de ce cours, l'énergie se conserve. On parle de pertes énergétiques lorsqu'une partie de l'énergie s'est transformé en énergie inexploitable que l'on appelle énergie dissipée puisqu'elle s'évapore dans le milieu extérieur.
Ainsi dans tout système mécanique, l'énergie fournie en entrée se transforme en une énergie restituée en sortie et en une énergie dissipée dans le milieu ambiant.



On appelle le rendement η le facteur qui caractérise l'énergie dissipée.
Il s'écrit comme étant le rapport entre la puissance de sortie Ps et la puissance d'entrée Pe d'un système mécanique :

$$\boxed{\eta = \frac{Ps}{Pe}}$$