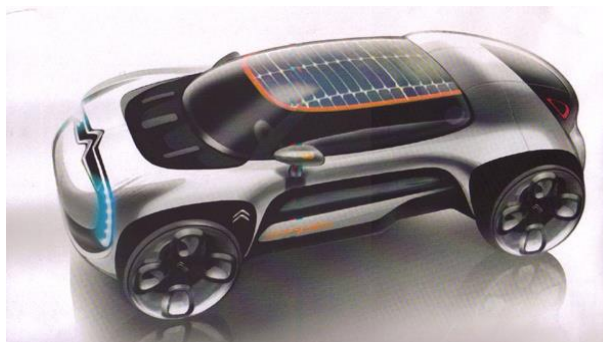


1. Introduction

Les problèmes liés à l'énergie sont d'une grande importance : l'énergie est en effet à l'origine de tous les mouvements du monde de la technologie.

Il existe différentes formes d'énergie : électrique, chimique, mécanique, chaleur...

La bonne connaissance des phénomènes énergétiques est plus que jamais nécessaire aux constructeurs de machines. Au moment de l'élaboration des projets, les techniciens et ingénieurs doivent veiller à ce que la machine à construire soit la plus économe possible pour la tâche qui lui est donnée.



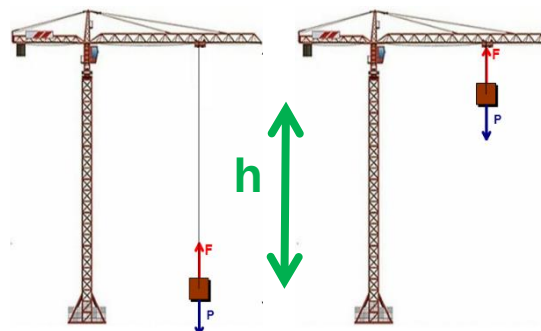
2. Notion d'Énergie et de Puissance

L'énergie et la puissance sont 2 notions qui, bien que liées, sont différentes. Afin de comprendre cette différence, observons la grue ci-contre :

Pour lever la charge de poids P , il faut fournir une certaine quantité d'énergie (c'est le **travail** généré par la force : W).

Remarquons quelle que soit la vitesse de levage de la charge, la quantité totale d'énergie à fournir est toujours la même.

Plus la vitesse de levée de la charge est grande, plus la puissance fournie instantanément est grande.



Énergie ou travail : d'une façon générale, l'énergie ou le travail (en Joule) représente ce qu'il faut fournir à un système pour l'amener d'un état initial à un état final. La manière dont le chemin est parcouru entre les 2 états n'a pas d'importance.

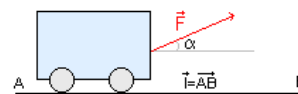
Puissance : elle caractérise le débit d'énergie fourni à chaque instant (instantanément) entre l'état initial et l'état final. Elle ne dépend ni de l'état initial, ni de l'état final du système, mais permet de décrire les flux d'énergie entre ces deux états.

3. Le Travail

3.1. Solide en translation

On appelle travail d'une force constante $\vec{F}$, lors d'un déplacement rectiligne de son point d'application, le produit scalaire de la force $\vec{F}$ par le déplacement $\overrightarrow{AB}$. On le note $W_{AB}(\vec{F})$.

$$W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \overrightarrow{AB} = F \times AB \times \cos(\alpha)$$



Avec

- $W_{AB}(\vec{F})$: Travail de la force $\vec{F}$ en joules (J).
- $\overrightarrow{AB}$: Déplacement du point d'application de la force en mètres (m).
- α : Angle existant entre les vecteurs $\vec{F}$ et $\overrightarrow{AB}$.

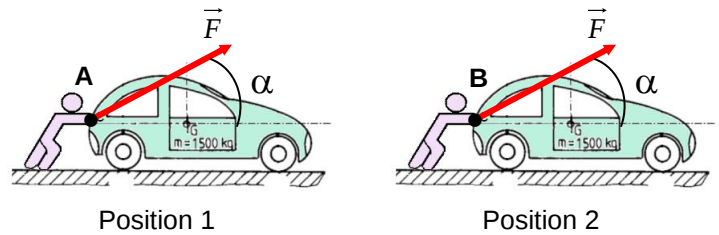
Remarque : Une force ne travaille pas si :

- Son point d'application ne se déplace pas ($AB = 0$).
- Sa direction est perpendiculaire au déplacement ($\alpha = 90^\circ$).

EX1 :

Calculer le travail $W_{AB}(\vec{F})$ réalisé par la force $\vec{F}$ pour pousser la voiture de la position 1 à la position 2 sachant que :

- $\|\vec{F}\| = 50 \text{ daN}$
- $\alpha = 20^\circ$
- $AB = 100 \text{ m}$

**EX2 :**

Une motrice exerce une force de traction de valeur 43 kN sur un train. Le trajet du train est rectiligne, il mesure $2,00 \cdot 10^2 \text{ km}$ et il se déroule en 2 h 50 min.

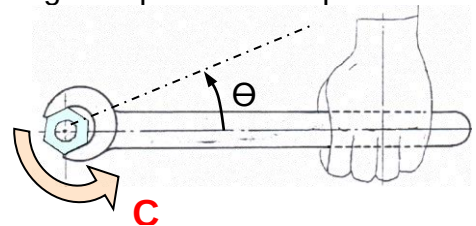
Calculer Le travail $W_{AB}(\vec{F})$ réalisé par la force de traction $\vec{F}$, puis la puissance P de cette force.

3.2. Solide en rotation

Le travail d'un couple constant C se déplaçant de l'angle θ , est égal au produit de C par θ :

$$W_\theta(\vec{C}) = C \times \theta$$

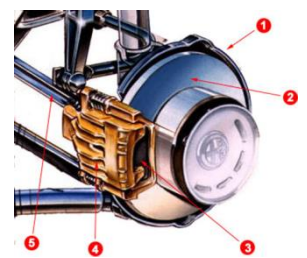
W : travail en Joules [J]
 θ : angle en radians [rad]
 C : couple en Newton mètres [N·m]

**EX 3 :**

Soit un frein à disque d'une roue de voiture.

Pour immobiliser le véhicule lors d'un freinage, les plaquettes de freins 3 exercent sur le disque 2 un couple constant de 650 N·m. La roue (donc le disque) effectue une rotation de 15 tours pendant la phase de freinage jusqu'à l'arrêt total du véhicule.

Calculer le travail nécessaire pour ce freinage.

**4. Les différents types d'énergies mécaniques****4.1. Énergie potentielle**

Dans le cas d'un travail effectué par des forces de pesanteur ou par des forces engendrées par des ressorts, on parle d'énergie potentielle.

Pour ces cas, le travail réalisé est indépendant des trajectoires et dépend uniquement des positions initiales et finales des forces.

Energie potentielle de pesanteur :

L'énergie potentielle de pesanteur (E_{PP}) dépend de l'altitude z à laquelle se trouve le solide étudié. Plus z sera grand, plus l' E_{PP} sera grande.

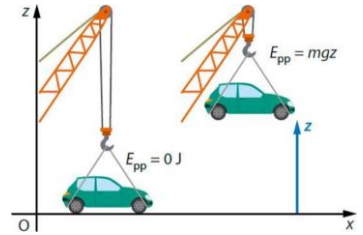
E_{PP} : énergie potentielle de pesanteur en Joules [J]

m : masse du solide en kilogrammes [kg]

g : intensité de la pesanteur ($g \approx 9,81 \text{ m/s}^2$)

z : altitude du solide en mètres [m]

$$E_{PP} = m \times g \times z$$

**Energie potentielle élastique :**

C'est l'énergie emmagasinée par un solide au cours de sa déformation élastique sous l'effet d'un ensemble d'actions mécaniques.

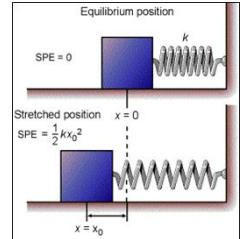
L'énergie potentielle produite par le ressort se calcule de la façon suivante :

E_{PE} : énergie potentielle élastique en Joules [J]

k : raideur du ressort [N/m]

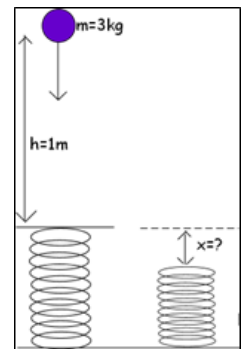
x : longueur de laquelle a été déformé ressort en mètres [m]

$$E_{PE} = \frac{1}{2} \times k \times x^2$$

**EX 4 :**

Une balle, de masse 3 kg, tombe d'une hauteur d'un mètre sur un ressort de raideur $k=1\,200 \text{ N/m}$.

Quel est l'écrasement du ressort ?

**4.2. Énergie cinétique**

Il s'agit d'une forme particulière d'énergie mécanique acquise par la vitesse du déplacement d'un corps par rapport à un repère donné. Un solide mis en mouvement accumule de l'énergie. Cette énergie est appelée énergie cinétique et notée E_C .

Solide en translation :

E_C : énergie cinétique en Joules [J]

Avec : m : masse du solide en kilogrammes [kg]

v : vitesse du solide en mètres par seconde [m/s].

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

EX 5 :

La voiture électrique Tesla Roadster 2.0 (prix : 120 000€) a une masse de 1240 kg et une vitesse qui est bridée à 200 km/h. Elle dispose de batteries Lithium-ion qui lui procurent une autonomie de 300 km.

Calculer son énergie cinétique lorsqu'elle est à vitesse maximale.

**Solide en rotation :**

E_C : énergie cinétique en Joules [J]

Avec : J : moment d'inertie par rapport à l'axe de rotation Δ [$\text{kg} \cdot \text{m}^2$]

ω : vitesse angulaire du solide en radians par seconde [rad/s].

$$E_C = \frac{1}{2} \times J_{\Delta} \times \omega^2$$

Solide en mouvement quelconque :

$$E_C = \frac{1}{2} \times m \times v^2 + \frac{1}{2} \times J_{\Delta} \times \omega^2$$

4.3. Théorème de l'énergie cinétique

Le théorème traduit les équations du principe de la dynamique sous forme énergétique. Il permet de déterminer des efforts dynamiques sans avoir à calculer les accélérations mises en jeu. Pour un solide isolé, la variation de l'énergie cinétique, pendant un intervalle de temps, est égale à la somme des travaux des forces extérieures : $\Delta E_C = E_{C_2} - E_{C_1} = \sum_{1 \rightarrow 2} W_{AB}(\vec{F}_{ext})$

EX 6 :

Soit un tambour (inertie $J = 100 \text{ m}^2 \cdot \text{kg}$ par rapport à son axe de rotation) qui tourne à la vitesse de 200 tr.min⁻¹. Le freinage est réalisé en 3 tours.

1/ Sachant que l'on est dans le cas d'un mouvement de rotation uniformément décéléré, représenter le graphe des vitesses de rotation du tambour en fonction du temps.



2/ Calculer l'énergie cinétique du disque en début et en fin de la phase de freinage. En déduire la variation de l'énergie cinétique du tambour au cours du freinage.

3/ Exprimer littéralement le travail fourni par le couple de freinage C_f supposé constant.

4/ En appliquant le premier théorème de l'énergie cinétique, déterminer le couple de freinage C_f généré par le piston.

4.4. Principe de conservation de l'énergie mécanique

L'énergie mécanique est la somme de l'énergie potentielle E_P et de l'énergie cinétique E_C .

$$E_M = E_C + E_P$$

Pour un système isolé, dans lequel toutes les forces dépendent d'une énergie potentielle (forces conservatives), et les actions de contact ne travaillent pas, l'énergie mécanique totale E_M est constante entre deux instants t_1 et t_2 : $\Delta E_M = E_{M_2} - E_{M_1} = 0$ ou $E_{C_1} + E_{P_1} = E_{C_2} + E_{P_2}$

EX 7 :

Une personne de 80 kg réalise un « base jump » du haut d'un immeuble de 210 mètres. On désire calculer sa vitesse au bout de 60 m de chute, ce qui correspond au moment où le base jumper va ouvrir son parachute.

1/ En se plaçant au niveau du bas de l'immeuble, calculer :

- L'énergie cinétique et l'énergie potentielle de la personne au moment de s'élancer.
- L'énergie cinétique et l'énergie potentielle de la personne au bout de 60 m de chute.



2/ Exprimer littéralement le principe de conservation de l'énergie mécanique.

3/ En appliquant ce principe, déterminer la vitesse de la personne au bout de 60 m.

4/ Cette vitesse est-elle fonction de la masse de la personne ?