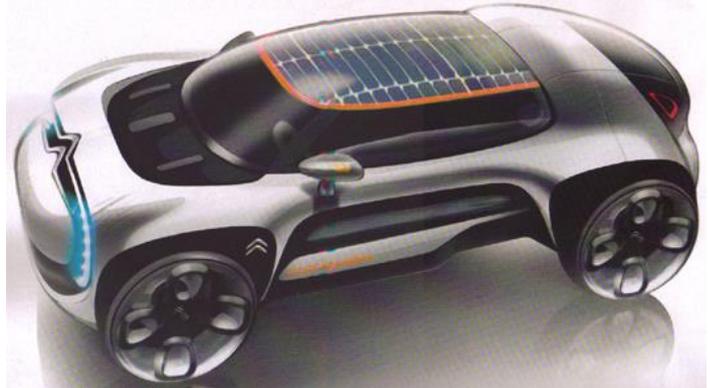


## 1. Introduction

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 le plus économe possible pour la tâche qui lui est donnée.



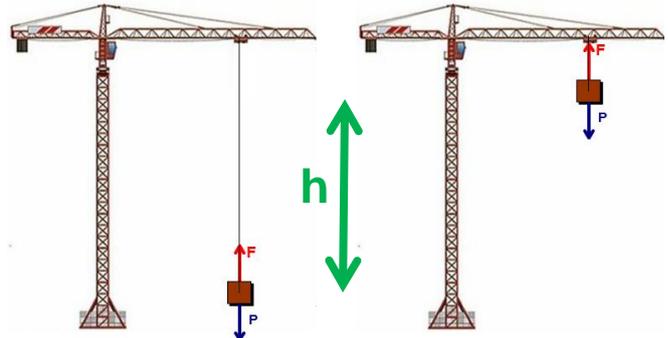
## 2. Notion d'Energie et de Puissance

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

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 que quelque 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.



**Energie 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 :

Le travail d'une force  $\vec{F}$ , dont le point d'application se déplace sur une trajectoire rectiligne, sur une distance  $d$ , a pour expression le produit scalaire suivant :

$$W_{AA'} = \vec{F} \cdot \vec{AA'}$$

$W$  : en Joules

$\vec{F}$  : en Newton

$\vec{AA'}$  : en Mètre

$$W_{AA'} = F \cdot d$$

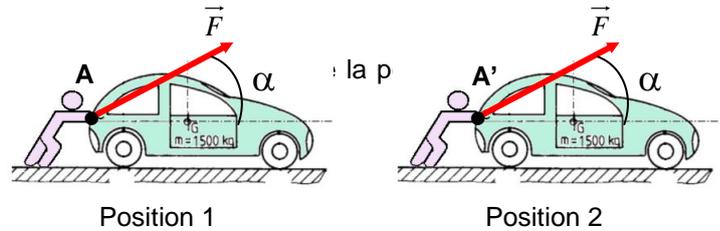
**EX1 :**

Calculer le travail « W » réalisé par la force  $\vec{F}$  sachant que :

$$F = 50 \text{ daN}$$

$$\alpha = 20^\circ$$

$$d = AA' = 100 \text{ m}$$

**EX2 :**

Une motrice exerce une force de traction de valeur  $4.3 \times 10^5 \text{ N}$  sur un train. Le trajet du train est rectiligne, il mesure  $2.00 \times 10^2 \text{ km}$  et il se déroule en 2 h 50 min.  
Calculez :

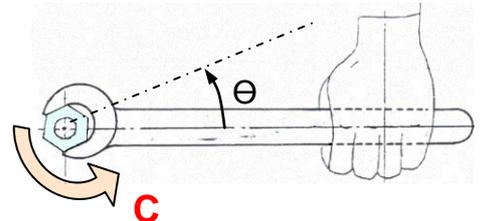
- Le travail W de la force de traction : \_\_\_\_\_
- La puissance P de cette force : \_\_\_\_\_

**3-2) Solide en rotation :**

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

$$W = C \cdot \theta$$

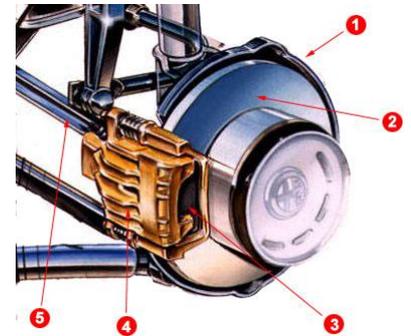
$W$  : en Joules  
 $\theta$  : en Radians  
 $C$  : en Newton mètres ( N.m )

**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  $650 \text{ N.m}$ . 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 différentes Energies mécaniques****4-1) Energie 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.

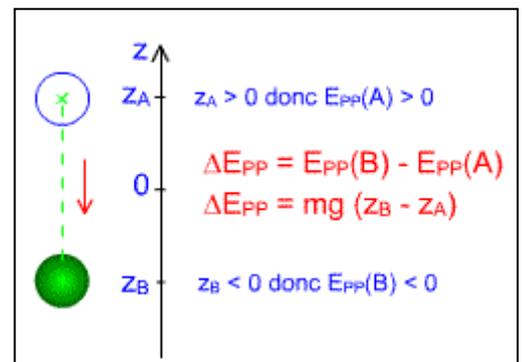
**➤ Energie potentielle de pesanteur :**

L'énergie potentielle de pesanteur dépend de l'altitude  $z$  à laquelle se trouve le solide étudié.

Plus  $z$  sera grand, plus l' $E_p$  sera grande.

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

$$E_{p1} - E_{p2} = m \cdot g \cdot (z_B - z_A)$$



➤ **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.

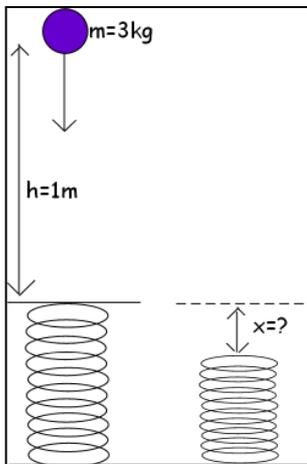
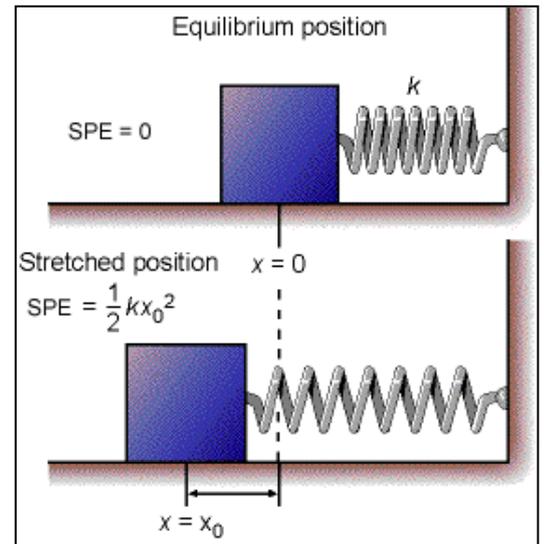
L'énergie potentielle produite par le ressort se calcule de la façon suivante :

$$E_p = \frac{(k \cdot x^2)}{2}$$

$E_p$  : énergie potentielle en Joules

$k$  : raideur du ressort en N/mm

$x$  : longueur de laquelle à été déformé le ressort



**EX 4 :**

Une balle, de masse 3kg, tombe d'une hauteur d'un mètre sur un ressort de raideur  $k=1200\text{N/m}$ . Quel est l'écrasement du ressort ?

**4-2) Energie 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 EC.

➤ **Solide en translation :**

$$E_c = T = \frac{1}{2} m \cdot v_G^2$$

Avec :  $E_c$  : en Joules.

$m$  : en Kg.

$v_G$  : en m/s.

**EX 5 :**

La voiture électrique Tesla Roadster 2.0 (prix : 120 000€) a une masse de 1240kg et une vitesse qui est bridée à 200km/h.

Elle dispose de batteries Lithium-ion qui lui procurent une autonomie de 300km.

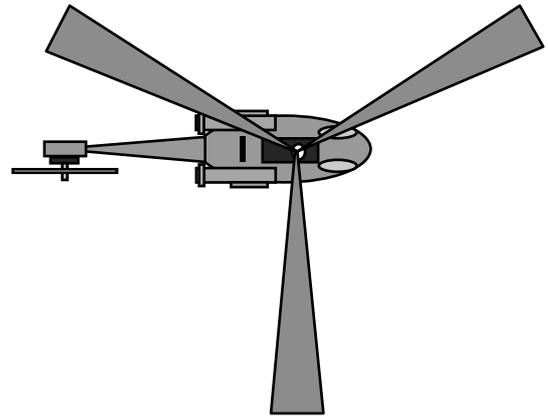
Calculer son énergie cinétique lorsqu'elle est à vitesse maximale.



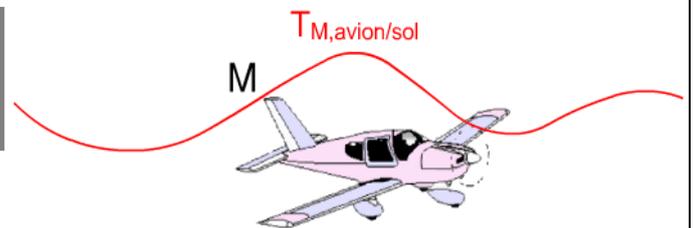
**Solide en rotation :**

$$Ec = T = \frac{1}{2} I(G,z) . \omega^2$$

Avec :  $Ec$  en Joules  
 $I$  en  $Kg.m^2$   
 $\omega$  en  $rad/s$ .

**➤ Solide en mouvement quelconque :**

$$Ec = T = \frac{1}{2} m . v_G^2 + 0.5 . I . \omega^2$$

**4-3) Théorème de l'énergie cinétique :**

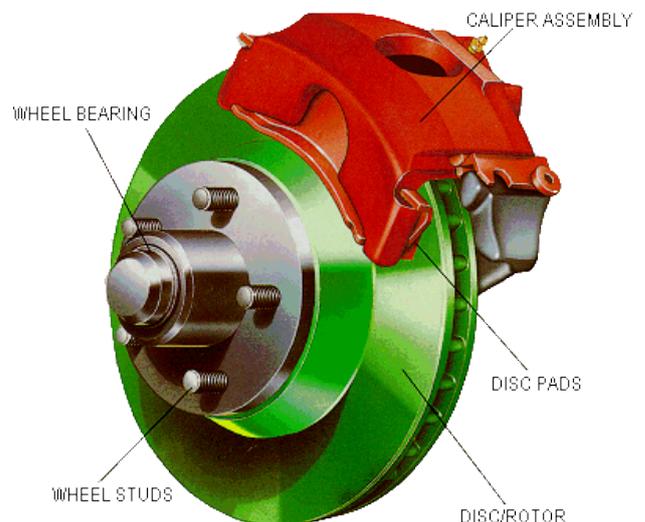
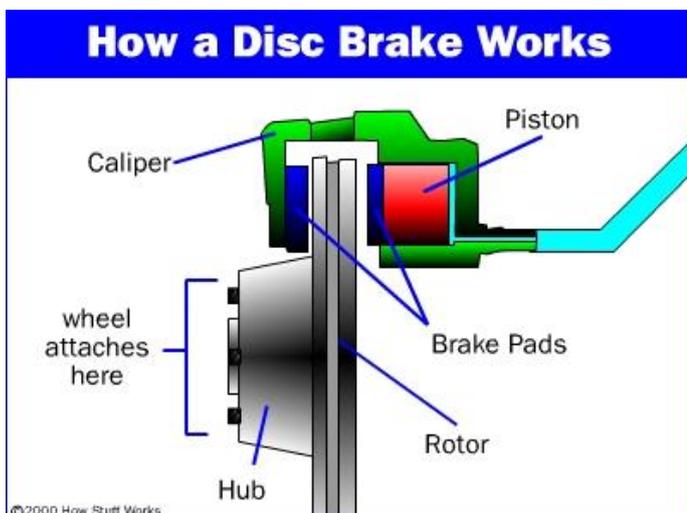
Le théorème traduit sous forme énergétique, les équations du principe de la dynamique. Il permet de déterminer des efforts dynamiques sans avoir à calculer les accélérations mises en jeu.

Pour un solide isolé, le travail des forces extérieures pendant un intervalle de temps, est égal à la variation de l'énergie cinétique :

$$Ec_2 - Ec_1 = \sum W(F_{ext})_{1 \rightarrow 2}$$

**EX 6 :**

Soit un tambour (inertie  $J = 100 \text{ m}^2.kg$  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  $E_c$ . 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  $t_2$  :

$$E_m = E_c + E_p = Cte$$

#### **EX 7 :**

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

- 1/ En se plaçant au niveau du bas de la falaise, calculer :
  - L'énergie cinétique et l'énergie potentielle de la personne dans la position 1 (au moment de s'élancer).
  - L'énergie cinétique et l'énergie potentielle de la personne dans la position 2 (au bout de 100m de chute).
- 2/ Exprimer littéralement le principe de conservation de l'énergie mécanique.
- 3/ Appliquer ce principe entre les positions 1 et 2 et déterminer la vitesse  $V_{G2}$  de la personne au bout de 100m.
- 4/ Cette vitesse est-elle fonction de la masse de la personne ?

