Ch 6 : Aspect énergétique

1. L'énergie potentielle
2. L'énergie cinétique
3. Conservation de l'énergie mécanique
4. Travail d'une force

1. L'énergie potentielle

1.1. Définition

L'énergie potentielle est une énergie dont dispose un corps du fait de sa forme ou de sa position dans un champ.

Exemples :

- Energie potentielle de pesanteur ⇨ champ de pesanteur
- Energie potentielle électrique ⇨ champ électrique
- Energie potentielle élastique ⇨ déformation d'un objet

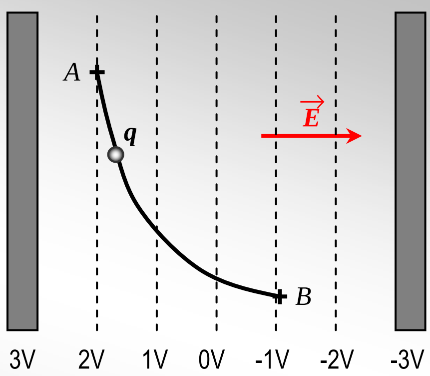
Energie potentielle élastique

Exercice 1 :

L'énergie potentielle électrique d'une particule de charge q dans un champ électrique est donnée par la relation $\mathscr{E}_{Pél} = qV$ avec V le potentiel électrique du point de l'espace où se trouve la particule.

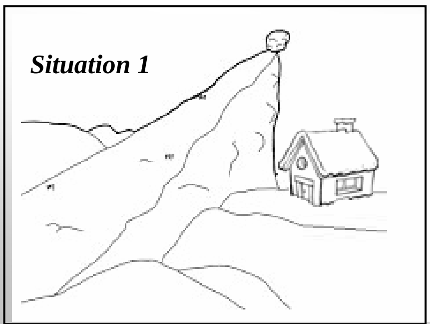
Un condensateur plan est constitué de deux plaques métalliques entre lesquelles règne un champ électrique E uniforme.
Un corps de charge q = + 2,3 C se déplace du point A vers le point B.

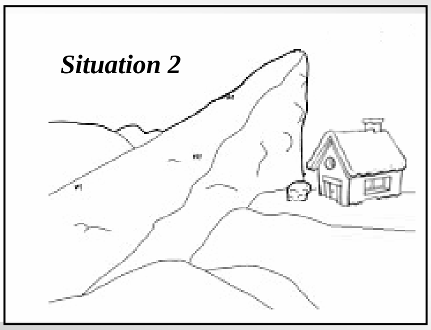
1. Déterminer l'énergie potentielle électrique du corps en A.
2. Même question en B.
3. Déterminer la variation de l'énergie potentielle notée $\Delta\mathscr{E}_{Pél}$ de ce corps lorsqu'il passe de la position A à la position B.



1.2. Énergie potentielle de pesanteur

Exercice 2 :





1. Des deux situations représentées à gauche, quelle est celle qui semble la moins dangereuse ?
2. Où se trouve cachée et stockée l'énergie qui pose problème sur l'une de ces images ?
3. Quels sont les paramètres qui semblent influer sur la valeur de cette énergie cachée ?

A retenir :

L'énergie potentielle de pesanteur $\mathscr{E}_{Pp}$ d'un corps de masse m à l'altitude z est définie par la relation :

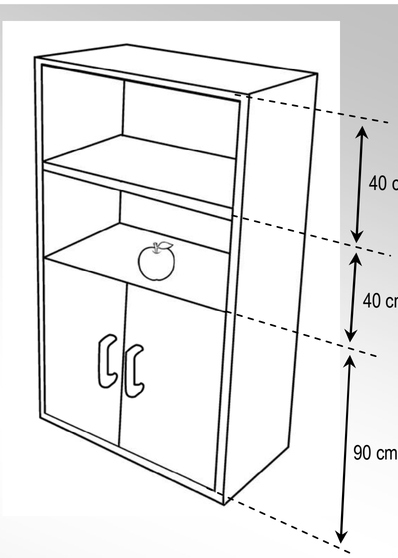
$$\boxed{\mathscr{E}_{Pp} = m\,g\,z}$$

$\mathscr{E}_{Pp}$ en J
m en kg
g en $N{\cdot}kg^{-1}$
z en m

avec g le champ de pesanteur.

Exercice 3 :

On considère une pomme de masse m = 120 g posée sur un meuble dont les dimensions sont données ci-contre.
On prendra g = 10 $N \cdot kg^{-1}$



1. Dans un premier temps, l'altitude de référence (0 m) sera définie au niveau du sol sur lequel se trouve le meuble.
   1.1. Calculer l'énergie potentielle de pesanteur de la pomme telle que représentée sur le schéma ci-contre.
   1.2. Que vaut cette énergie potentielle si la pomme est à présent au sol ?
   1.3. Calculer la variation de l'énergie potentielle de la pomme en supposant qu'elle quitte sa position sur le schéma pour tomber au sol.
2. On définit à présent l'altitude de référence (z = 0 m) au sommet de l'armoire. Reprendre les trois questions précédentes.
3. Conclure quant à l'importance de l'altitude de référence lorsqu'on calcule une variation d'énergie potentielle de pesanteur $\Delta \mathscr{E}_{Pp}$.

2. L'énergie cinétique

2.1. Analyse d'impacts

Exercice 4 :

Figure 1a : impact d'une bille d'aluminium de masse 50 mg à 100 km/h sur une cible en métal.
Figure 1b : impact d'une bille d'aluminium de masse 50 mg à 700 km/h sur une cible en métal.

Figure 2a : impact d'un projectile en métal de masse 3 g à 200 km/h sur une plaque en aluminium.
Figure 2b : impact d'un projectile en métal de masse 30 g à 200 km/h sur une plaque en aluminium.

⇩ *Figure 1a*

⇩ *Figure 1b*

⇧ *Figure 2a*

⇧ *Figure 2b*

Pour déformer ou dégrader un objet, il faut de l'énergie. Plus la quantité d'énergie disponible est importante, plus les dégâts seront importants.

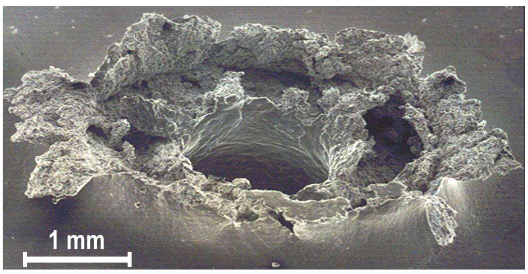
1. D'après les figures 1a et 1b, de quelle grandeur physique semble dépendre l'énergie dont dispose un projectile en mouvement vers une cible ?
2. Même question pour les figures 2a et 2b.
3. Conclure.

2.2. Définition

L'énergie cinétique $\mathscr{E}_C$ d'un corps de masse m se déplaçant à la vitesse v est donnée par la relation :

$$\boxed{\mathscr{E}_C = \frac{1}{2} m \cdot v^2}$$

$\mathscr{E}_C$ en J
m en kg
v en $m \cdot s^{-1}$



Dégât causé sur un satellite de communication par une particule de la taille d'un grain de sable se déplaçant à 10 km/s.

A noter :

La formule précédente est en réalité une simplification (valable pour des vitesses habituelles) de la formule plus générale :

$$\mathscr{E}_C = \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right) \times mc^2$$

3. Conservation de l'énergie mécanique

« En toute rigueur, l'énergie d'un système isolé demeurant constante au cours du temps, il est impropre de parler comme on le fait trop souvent de "production" ou de "consommation" d'énergie, comme si l'énergie pouvait émerger du néant ou y disparaître. Dans tous les cas, il ne s'agit jamais que de changement de la forme que prend l'énergie, ou de transfert d'énergie d'un système à un autre.
Par exemple, "produire" de l'énergie électrique dans une centrale hydroélectrique signifie transformer l'énergie potentielle de l'eau du barrage en énergie cinétique de cette eau dans les conduites, puis transférer cette énergie cinétique aux turbines et au rotor des alternateurs, qui en définitive la transforment en énergie électrique. La viscosité de l'eau, les frottements et l'effet Joule soustraient de ce flux une faible partie, transformée en chaleur.
Et "consommer" de l'énergie électrique pour faire fonctionner un téléviseur, cela n'est jamais que la transformer en énergie lumineuse émise par l'écran, en énergie acoustique diffusée dans l'air ambiant et surtout en chaleur inutile. […]
Les technologies de l'énergie visent à contrôler ses divers processus de transformation, afin de réduire la part des formes d'énergie inutiles face à la forme d'énergie que l'on souhaite en définitive extraire. Le premier principe de la thermodynamique limite drastiquement les possibilités, puisque la conservation de l'énergie impose que les bilans soient équilibrés. […] Finalement, parler de l'énergie en physique, c'est parler… de toute la physique. »

Extrait de « *Quelques mots sur l'énergie* » – Etienne Klein

Exercice 5 :

Après la lecture du texte précédent, répondre aux questions suivantes :

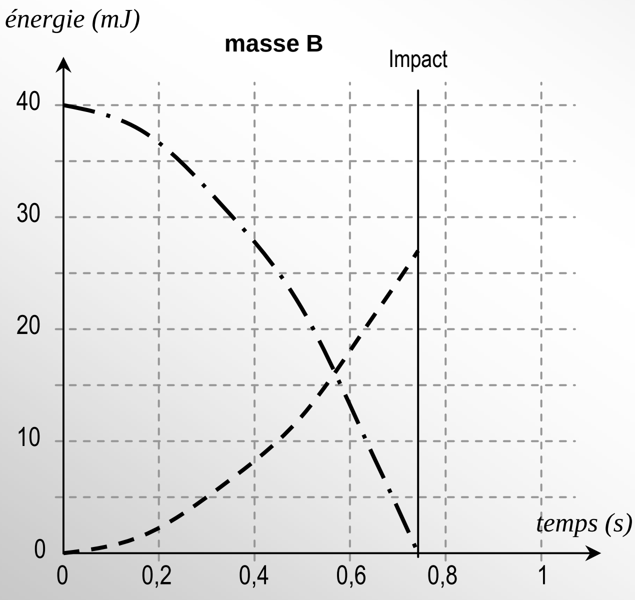
1. Dans le langage courant, qu'entend-on par « consommer de l'énergie » ?
2. Lors du fonctionnement d'un téléviseur, quelle énergie donne naissance à l'« *énergie acoustique diffusée dans l'air ambiant* » ?
3. Comment se nomme le phénomène physique qui génère de la chaleur lorsqu'un appareil électrique fonctionne ?
4. Quelle grandeur cherche-t-on à augmenter lorsqu'on cherche à « *contrôler ses divers processus de transformation, afin de réduire la part des formes d'énergie inutiles face à la forme d'énergie que l'on souhaite en définitive extraire.* » ?

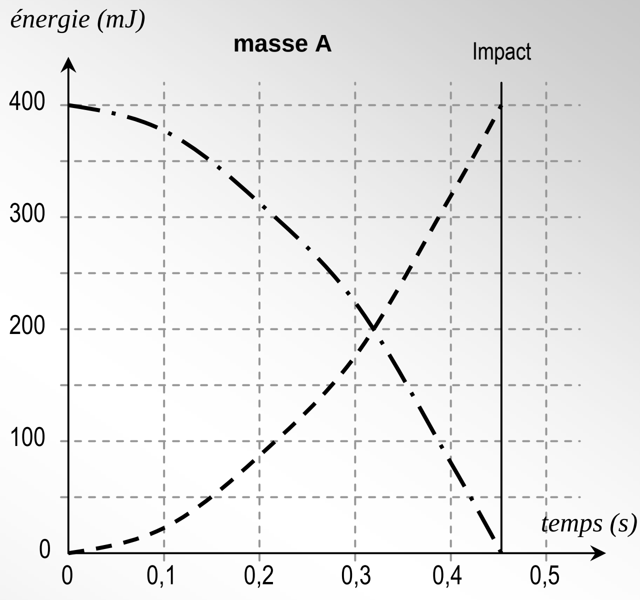
A retenir :

- L'énergie d'un système isolé ne peut être ni créée ni détruite mais peut changer de nature.
- L'énergie mécanique $\mathcal{E}_m$ d'un corps est égale à la somme de son énergie cinétique et de son énergie potentielle : $\boxed{\mathcal{E}_m = \mathcal{E}_C + \mathcal{E}_P}$

Exercice 6 :

Grâce à un dispositif expérimental permettant de connaître à intervalle de temps régulier la vitesse et la position d'un objet durant une chute verticale depuis une hauteur de 1 m, on établit les courbes donnant les énergies cinétique, potentielle et mécanique de deux corps A et B de forme identique et de masse m_A = 40 g et m_B = 4,0 g.





1. Déterminer pour chaque graphe la courbe représentant l'énergie cinétique et celle représentant l'énergie potentielle.
2. A partir de ces courbes, déterminer la vitesse de la masse A et de la masse B au moment de l'impact avec le sol.
3. Montrer par le calcul que la valeur initiale de l'énergie potentielle de A et B est bien celle indiquée par chaque graphe.
4. Tracer sur chaque graphe la courbe donnant l'énergie mécanique de la masse.
5. Dans quelle situation l'énergie mécanique du corps se conserve-t-elle durant la chute ? Quelle en est la raison ?

A retenir :

- Un corps est dit "*en chute libre*" s'il n'est soumis qu'à son poids.
- Si l'énergie mécanique d'un système se conserve alors la variation $\Delta\mathcal{E}_m$ est nulle **:** $\boxed{\mathcal{E}_m = cste \;\Leftrightarrow\; \Delta\mathcal{E}_m = 0}$
- Pour une force motrice ou de frottement, l'énergie mécanique du système ne se conserve pas : $\Delta\mathcal{E}_m \neq 0$

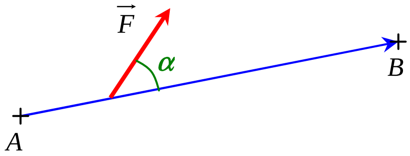
4. Travail d'une force

1. Définition

Le travail $W_{AB}(\vec{F})$ d'une force $\vec{F}$ constante dont le point d'application se déplace de A vers B est égal au produit scalaire $\vec{F} \cdot \overrightarrow{AB}$

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

F en N
AB en m
W en J



A noter :

Si $\vec{u}\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$ et $\vec{v}\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix}$ alors

$$\vec{u} \cdot \vec{v} = x \times x' + y \times y'$$

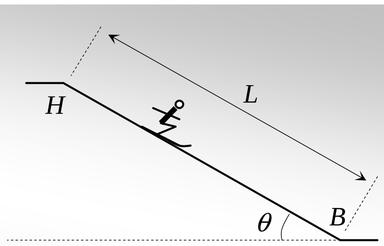
A noter :

Dans la formule donnée ci-dessus, la valeur de cos α peut varier entre -1 et +1. Ainsi, le travail d'une force peut être :

- nul si $\alpha = \pm 90°$. La force n'a alors aucune influence sur l'énergie du système lors de son déplacement.
- positif si $0° \leq \alpha < 90°$. La force favorise alors le déplacement du système et son travail est dit MOTEUR.
- négatif si $90° < \alpha \leq 180°$. La force entrave alors le déplacement du système et son travail est dit RESISTANT.

Exercice 7 :

Un skieur de masse m = 90 kg avec tout son équipement descend le long d'une pente rectiligne de longueur L, inclinée de θ = 35° avec l'horizontale.



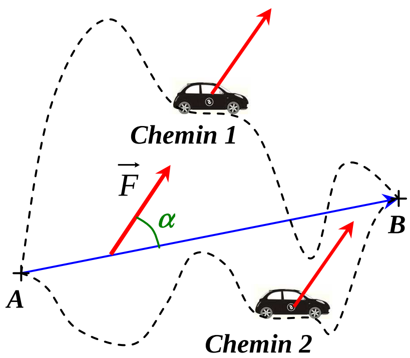
1. Tracer ci-contre les vecteurs poids $\vec{P}$ et déplacement $\overrightarrow{HB}$ du skieur.
2. Déterminer l'expression du travail du poids en fonction de θ, m, L et g.
3. Calculer la valeur de ce travail sachant que L = 120 m. On prendra g = 10 N/kg.
4. Le travail du poids est-il moteur ou résistant lors de cette descente ? Justifier.

2. Forces non conservatives

Une force est dite conservative si son travail ne dépend pas du chemin suivi par son point d'application, mais uniquement des positions de départ et d'arrivée.

Ainsi, dans l'exemple ci-contre, que la voiture empreinte le chemin 1 ou le 2, le travail de la force F aura la même valeur que si la voiture était allée en ligne droite, directement de A à B.

$$W_{Chem\,1}\left(\vec{F}\right) = W_{Chem\,2}\left(\vec{F}\right) = W_{AB}\left(\vec{F}\right)$$



A l'inverse, pour une force non conservative, la valeur du travail de la force va dépendre du trajet suivi par son point d'application, entre le point de départ et le point d'arrivé.

Exercice 8 :

On tape dans une balle de golf de masse m = 45,0 g située initialement au point A pour la faire rouler sur une piste horizontale jusqu'au trou d'un point B tel que AB = 5,00 m. La balle quitte A avec une vitesse v_A = 1,40 m/s et arrive en B avec une vitesse nulle avant de tomber dans le trou. En roulant la balle est soumise à une unique force de frottement f = 8,82 mN constante.

1. Déterminer l'expression littérale du travail de f lors du déplacement de la balle en fonction de f et AB. Calculer sa valeur.
2. Calculer la variation de l'énergie mécanique de la balle entre A et B. Que remarque-t-on ?
3. Les forces de frottement sont un exemple de forces non conservatives. Au regard de l'évolution de l'énergie mécanique de la balle, justifier cette appellation pour ce type de force.

A noter :

Une force non conservative est une force qui modifie l'énergie mécanique d'un système lors de son déplacement : $\Delta \mathscr{E}_m = W\left(\vec{f}\right)$

3. Théorème de l'énergie cinétique

Dans un référentiel galiléen, la variation de l'énergie cinétique $\Delta \mathscr{E}_C$ d'un système en mouvement d'un point A vers un point B est égale à la somme des travaux de toutes les forces appliquées au système entre A et B :

$$\boxed{\Delta \mathscr{E}_C = \sum_{i=1}^{n} W_{AB}\left(\vec{F_i}\right)}$$

A noter :

Un référentiel est dit galiléen si le principe de l'inertie y est vérifié.

Exercice 9 :

Une fusée de masse m = 550 t (supposée constante durant le vol) atteint 100 s après son décollage l'altitude de 20,0 km avec une vitesse de 1800 km/h. La force de poussée F de ses propulseurs, supposée constante, est de 12,0 MN.

1. Calculer la valeur de la force de frottement f de l'air pendant cette phase du vol en supposant qu'elle soit constante.
2. Des trois forces concernées par ce décollage, laquelle ou lesquelles ne sont en réalité pas du tout constantes ?