

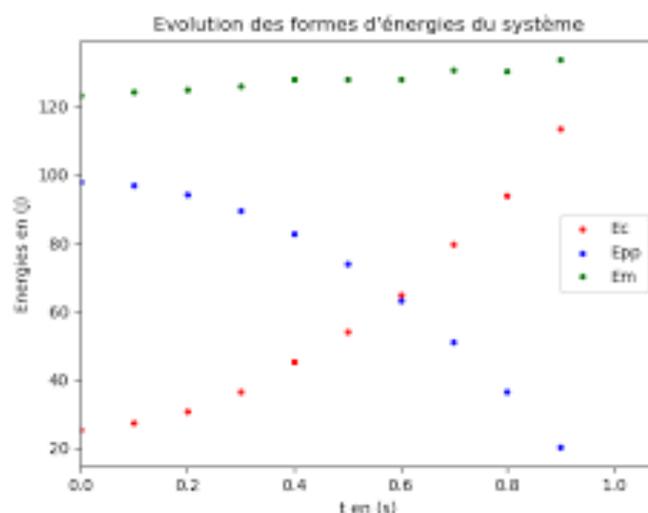


Spécialité 1ère

P5

Aspects énergétiques des phénomènes mécaniques

- I. Energie cinétique et travail d'une force
- II. Energies potentielle et mécanique



P5 - ASPECTS ENERGETIQUES DES PHENOMENES MECANIQUES

I. Energie cinétique et travail d'une force

1. L'énergie cinétique

L'énergie cinétique est une énergie liée au mouvement d'un objet.

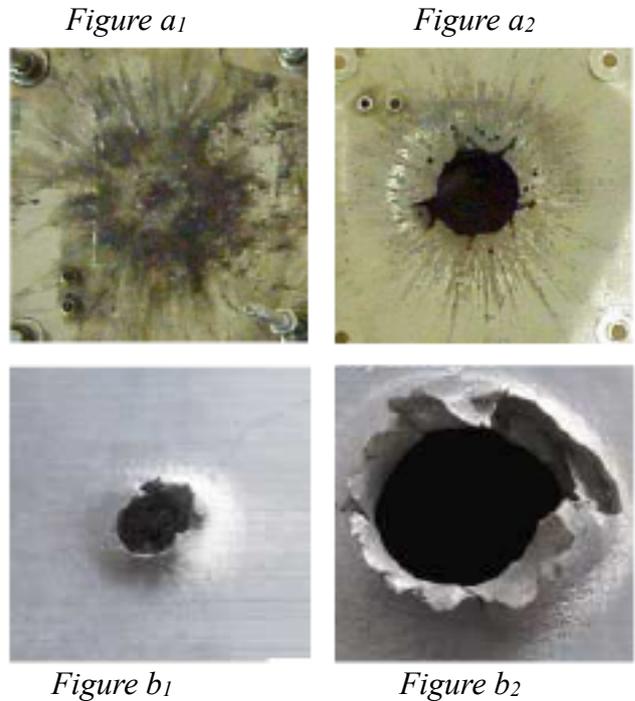
Figure a₁ : impact d'une bille d'aluminium de masse 10 mg à 100 km/h

Figure a₂ : impact d'une bille d'aluminium de masse 10 mg à 400 km/h

Figure b₁ : impact d'un projectile de masse 3 g à 200 km/h

Figure b₂ : impact d'un projectile de masse 30 g à 200 km/h

Plus un projectile possède d'énergie cinétique plus les dégâts qu'il occasionne sur une cible sont importants..



Application :

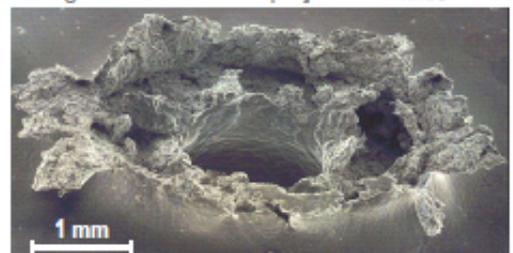
- a. D'après les figures a, de quelle grandeur physique semble dépendre l'énergie cinétique d'un corps ?
- b. Même question pour les figures b.

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

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

\mathcal{E}_C : Energie cinétique en J
 m : masse en kg
 v : vitesse en m.s⁻¹

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



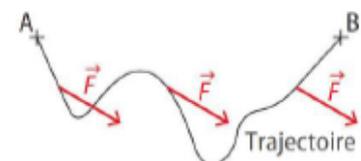
2. Travail d'une force constante

Définition du travail

Une force qui s'exerce sur un système en mouvement est dite **constante** si elle conserve la même direction, le même sens et la même valeur en chaque point du déplacement.

Imaginons un système se déplaçant d'un point A à un point B en subissant une force \vec{F} constante. Il peut se déplacer grâce à cette force, malgré cette force ou sans que cette force ait un impact sur son mouvement.

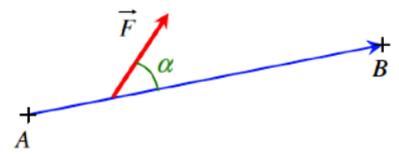
Il reçoit, par la présence de cette force, une énergie appelée **travail** sur le déplacement de A vers B, et notée $W_{AB}(\vec{F})$



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 $\vec{F} \cdot \vec{AB}$

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

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

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

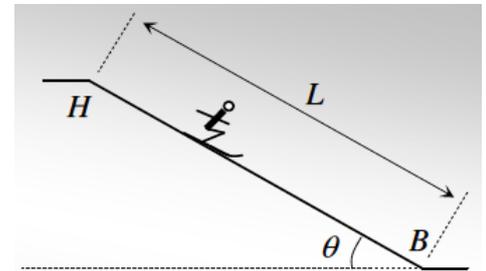
Remarques :

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

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

Application :

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

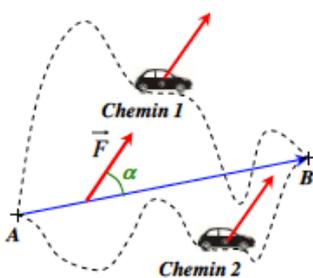


- Tracer ci-contre les vecteurs poids \vec{P} et déplacement \vec{HB} du skieur.
- Déterminer l'expression du travail du poids en fonction de θ , m , L et g .
- Calculer la valeur de ce travail sachant que $L = 120$ m. On prendra $g = 10$ N/kg.
- Le travail du poids est-il moteur ou résistant lors de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

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 \vec{F} aura la même valeur que si la voiture était allée en ligne droite, directement de A à B.



$$W_{\text{Chemin 1}}(\vec{F}) = W_{\text{Chemin 2}}(\vec{F}) = W_{AB}(\vec{F})$$

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'arrivée.

Les force de frottement, souvent nommées \vec{f} sont des forces non conservatives.

Application :

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.

- Déterminer l'expression littérale du travail de f lors du déplacement de la balle en fonction de f et AB . Calculer sa valeur.
- Calculer la variation de l'énergie cinétique de la balle.

3. Théorème de l'énergie cinétique

Dans un référentiel galiléen, la variation de l'énergie cinétique $\Delta \mathcal{E}_C$ 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 :

$$\Delta \mathcal{E}_C = \sum_{i=1}^n W_{AB}(\vec{F}_i)$$

$\Delta \mathcal{E}_C$: Variation d'énergie cinétique en J
 W_{AB} : Travail d'une force en J

Remarque :

- Un référentiel est dit galiléen si le principe d'inertie y est vérifié.

Application :

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.

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

II. Energies potentielle et mécanique

1. L'énergie potentielle

 Définition

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

Exemples :

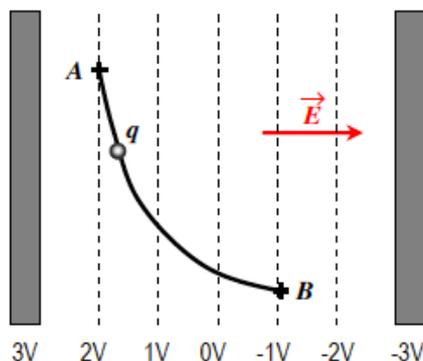
- *Energie potentielle de pesanteur* \rightarrow *champ de pesanteur*
- *Energie potentielle électrique* \rightarrow *champ électrique*
- *Energie potentielle élastique* \rightarrow *déformation d'un objet*



Energie potentielle élastique

Application :

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



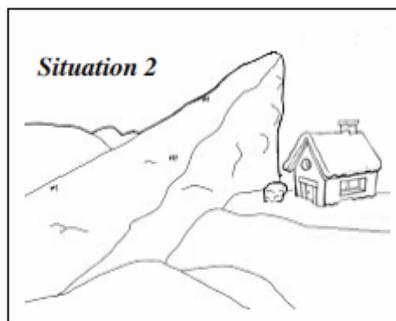
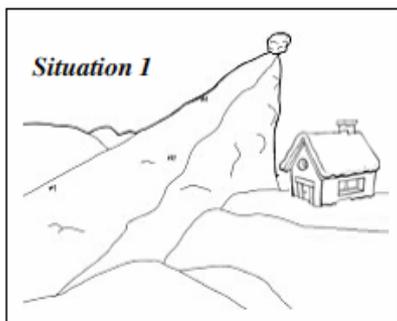
Charge dans un condensateur

Un condensateur plan est constitué de deux plaques métalliques entre lesquelles règne un champ électrique E uniforme (figure ci-contre).

Un corps de charge $q = + 2,3$ C se déplace du point A vers le point B.

- Déterminer l'énergie potentielle électrique du corps en A.
- Même question en B.
- Déterminer la variation de l'énergie potentielle de ce corps lorsqu'il passe de la position A à la position B.

Energie potentielle de pesanteur



- Quelle est la situation qui semble la plus confortable ?
- Où se trouve cachée et stockée l'énergie qui pose problème sur l'une de ces images ?
- Quels sont les paramètres qui semblent influencer sur la valeur de cette énergie cachée ?

L'énergie potentielle de pesanteur \mathcal{E}_{pp} d'un corps de masse m et d'altitude z est définie par la relation :

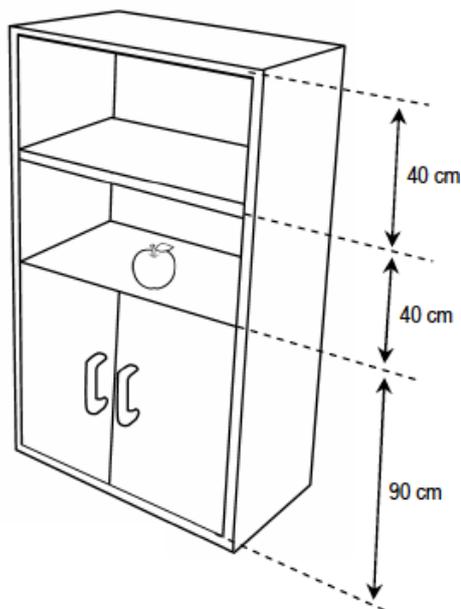
$$\mathcal{E}_{pp} = m \cdot g \cdot z$$

\mathcal{E}_{pp} : Energie potentielle en J

m : masse en kg

g : intensité du champ de pesanteur en $N \cdot kg^{-1}$

z : altitude en m



Application :

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

- Dans un premier temps, l'altitude de référence (0 m) sera définie au niveau du sol sur lequel se trouve l'étagère.
 - Calculer l'énergie potentielle de pesanteur de la pomme telle que représentée.
 - Que vaut cette énergie potentielle si la pomme est à présent au sol ?
 - Calculer la variation de l'énergie potentielle de la pomme en supposant qu'elle tombe au sol.
- On définit à présent l'altitude de référence ($z = 0$ m) au sommet de l'armoire. Reprendre les trois questions précédentes.
- Conclure quant à l'importance de l'altitude de référence lorsqu'on calcule une variation d'énergie potentielle.

2. L'énergie mécanique

Définition

Si le poids est la seule force conservative que subit un système, l'énergie mécanique du système, notée \mathcal{E}_m , est égale à la somme de son énergie cinétique \mathcal{E}_c et de son énergie potentielle de pesanteur \mathcal{E}_{pp}

$$\mathcal{E}_m = \mathcal{E}_c + \mathcal{E}_{pp}$$

Remarque :

- Cette expression est bien évidemment valable dans le cas de variations d'énergie :

$$\Delta \mathcal{E}_m = \Delta \mathcal{E}_c + \Delta \mathcal{E}_{pp}$$

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. »



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

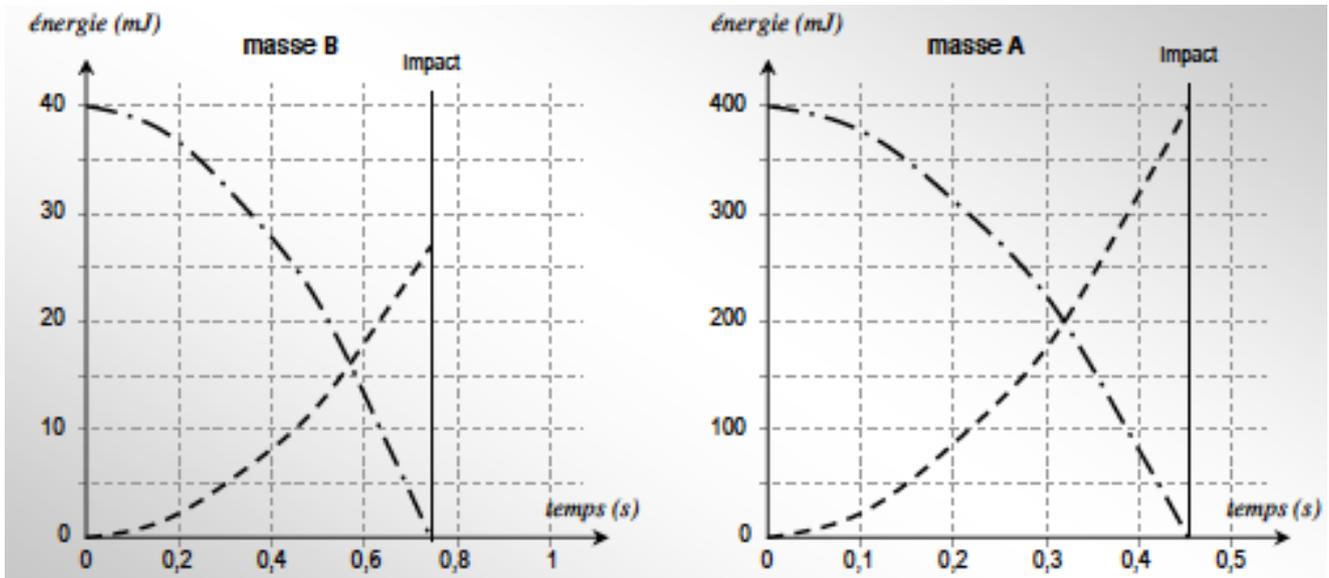
- Dans le langage courant, qu'entend-on par « consommer de l'énergie » ?
- Lors du fonctionnement d'un téléviseur, quelle énergie donne naissance à l'« énergie acoustique diffusée dans l'air ambiant » ?
- Comment se nomme le phénomène physique qui génère de la chaleur lorsqu'un appareil électrique fonctionne ?
- 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. » ?

L'énergie d'un système isolé ne peut être ni créée ni détruite mais peut changer de nature.

Application :

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 1m, on établit les courbes ci-après 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

- Déterminer pour chaque graphe la courbe représentant l'énergie cinétique et celle représentant l'énergie potentielle.
- 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.
- Montrer par le calcul que la valeur initiale de l'énergie potentielle de A et B est bien celle indiquée par chaque graphe.
- Tracer sur chaque graphe la courbe donnant l'énergie mécanique de la masse.
- Dans quelle situation l'énergie mécanique du corps se conserve-t-elle durant la chute ? Quelle en est la raison ?



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 :

$$\mathcal{E}_m = \text{cste} \Leftrightarrow \Delta \mathcal{E}_m = 0$$

Pour une force motrice ou de frottement, l'énergie mécanique du système ne se conserve pas :

$$\Delta \mathcal{E}_m \neq 0$$