

PARTIE II : COMPRENDRE

- Connaître et utiliser l'expression de l'énergie cinétique d'un solide en translation et de l'énergie potentielle de pesanteur d'un solide au voisinage de la Terre.
- Réaliser et exploiter un enregistrement pour étudier l'évolution de l'énergie cinétique, de l'énergie potentielle et de l'énergie mécanique d'un système au cours d'un mouvement.
- Connaître diverses formes d'énergie.
- Exploiter le principe de conservation de l'énergie dans des situations mettant en jeu différentes formes d'énergie.

Chapitre 13

Principe de conservation de l'énergie

I. L'énergie potentielle

I.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 :

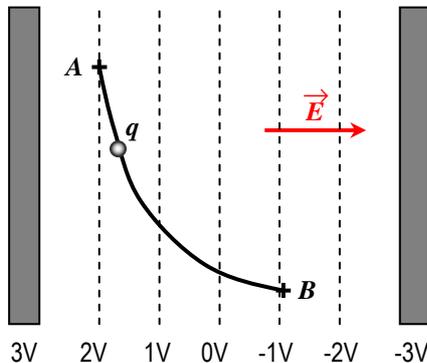
- Energie potentielle de pesanteur \Rightarrow champ de pesanteur
- Energie potentielle électrique \Rightarrow champ électrique
- Energie potentielle élastique \Rightarrow déformation d'un objet

Exercice :

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



↑ Figure 1 : Energie potentielle élastique



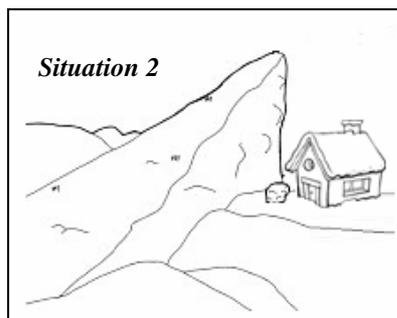
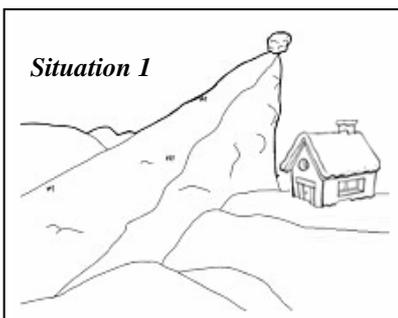
↑ Figure 2 : charge dans un condensateur

Un condensateur plan est constitué de deux plaques métalliques entre lesquelles règne un champ électrique E uniforme (figure 2).

Un corps de charge $q = +2,3\text{ C}$ 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 .

I.2 L'énergie potentielle de pesanteur



Questions :

- Quelle est la situation de la figure 3 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 :

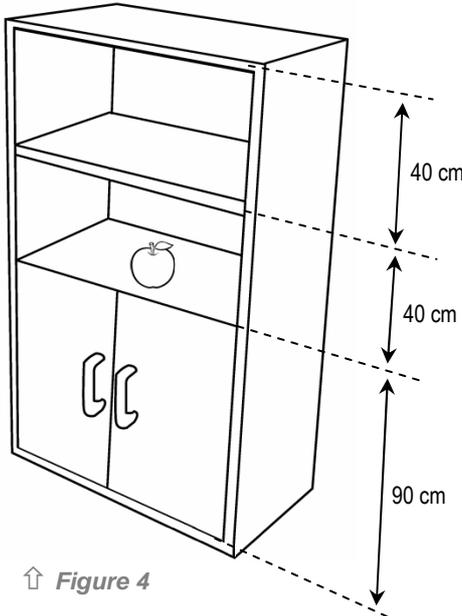
L'énergie potentielle de pesanteur E_{PP} d'un corps de masse m et d'altitude z est définie par la relation :

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

avec g le champ de pesanteur.

E_{PP} en J
 m en kg
 g en $N \cdot kg^{-1}$
 z en m

Exercice :



↑ Figure 4

On considère une pomme de masse $m = 120 \text{ g}$ posée sur une étagère dont les dimensions sont données figure 4. On prendra $g = 10 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$

- 1) Dans un premier temps, l'altitude de référence (0 m) sera définie au niveau du sol sur lequel se trouve l'étagère.
 - a) Calculer l'énergie potentielle de pesanteur de la pomme telle que représentée sur la figure 4.
 - b) Que vaut cette énergie potentielle si la pomme est à présent au sol ?
 - c) Calculer la variation de l'énergie potentielle de la pomme en supposant qu'elle tombe au sol.
- 2) On définit à présent l'altitude de référence ($z = 0 \text{ m}$) 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.

II. L'énergie cinétique

II.1 Analyses d'impacts

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

Figure 5a : impact d'une bille d'aluminium de masse 10 mg à 100 km/h

Figure 5b : impact d'une bille d'aluminium de masse 10 mg à 400 km/h

Figure 6a : impact d'un projectile de masse 3 g à 200 km/h

Figure 6b : 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.

Questions :

- a) D'après les figures 5, de quelle grandeur physique semble dépendre l'énergie cinétique d'un corps ?
- b) Même question pour les figures 6.

II.2 Définition

L'énergie cinétique :

L'énergie cinétique E_C d'un corps de masse m se déplaçant à la vitesse v est donnée par la relation :

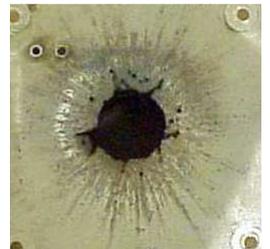
$$E_C = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

E_C en J
 m en kg
 v en $m \cdot s^{-1}$

↓ Figure 5a



↓ Figure 5b



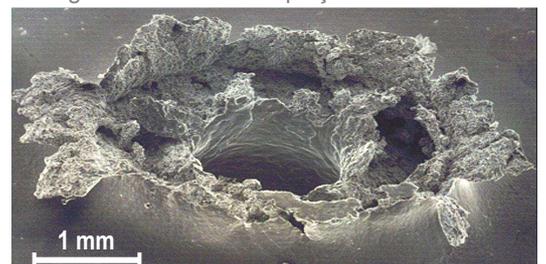
↑ Figure 6a



↑ Figure 6b

↓ Figure 7 :

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



III. Conservation de l'énergie

III.1 Principe de la conservation

« 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. »

↓ Figure 8 : Etienne Klein



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

Questions :

- Dans le langage courant, qu'entend-on par « consommer de l'énergie » ?
- Lors du fonctionnement d'un téléviseur, qui assure l'émission d'« 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 « 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. » ?

Principe de conservation :

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

III.2 Conservation de l'énergie mécanique

L'énergie mécanique :

L'énergie mécanique E_m d'un corps est égale à la somme de son énergie cinétique et de son énergie potentielle :

$$E_m = E_C + E_P$$

Expériences :

On se propose à présent de rechercher les conditions nécessaires pour que l'énergie mécanique d'un système se conserve. Pour ce faire, on étudie le mouvement de chute de deux objets grâce à un dispositif permettant de connaître à intervalle de temps régulier la vitesse et la position de ces objets durant leur chute.

Les résultats de ces deux expériences sont indiqués dans les deux tableaux ci-dessous :

Expérience A

balle ($m = 200$ g) qui chute d'une hauteur de 200 m

date (s)	altitude (m)	Vitesse (m/s)
0,0	200	0,00
1,0	196	6,60
2,0	187	11,8
3,0	173	15,8
4,0	154	19,1
5,0	134	21,5
6,0	111	23,4
7,0	87,3	24,9
8,0	62,0	26,0
9,0	35,3	26,9
10	9,52	27,5

Expérience B

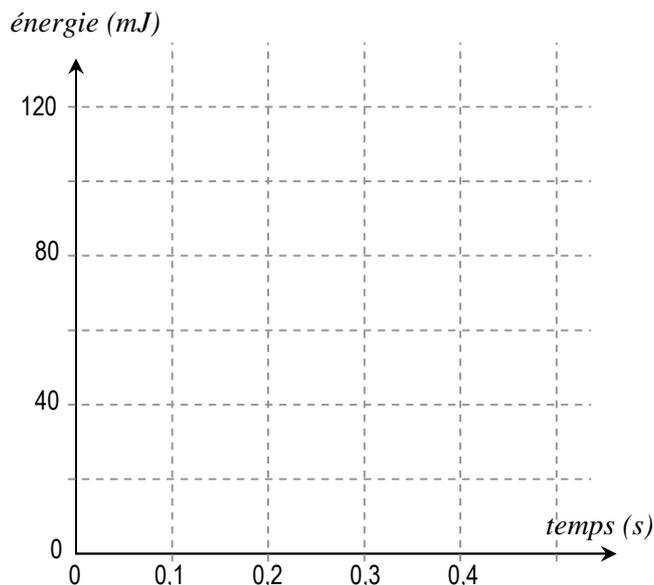
bille de plomb ($m = 10$ g) qui chute de 1,0 m

date (s)	altitude (m)	vitesse (m/s)
0,000	1,000	0,00
0,050	0,988	0,49
0,100	0,951	0,98
0,150	0,890	1,47
0,200	0,804	1,96
0,250	0,694	2,45
0,300	0,559	2,94
0,350	0,400	3,43
0,400	0,216	3,92
0,450	0,008	4,41

Questions :

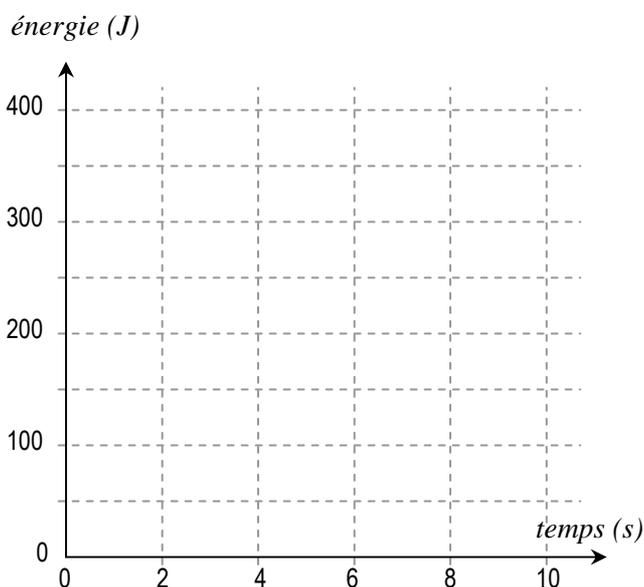
1. On s'intéresse pour commencer à l'expérience B :
 - a) Calculer l'énergie potentielle, l'énergie cinétique et l'énergie mécanique de la bille aux dates suivantes : 0,000 - 0,150 - 0,300 - 0,450
 - b) Que remarque-t-on ?
 - c) Représenter à partir des valeurs déjà calculées à la question a) les trois énergies sur le graphe ci-contre en respectant les couleurs suivantes :

- E_C : **vert**
- E_{PP} : **bleue**
- E_m : **rouge**



2. On s'intéresse à présent à l'expérience A :
 - a) Compléter le tableau ci-dessous à partir du tableau de données (ne pas faire de calcul pour les dates impaires)

date (s)	E_C (mJ)	E_{PP} (mJ)	E_m (mJ)
0,0			
1,0			
2,0			
3,0			
4,0			
5,0			
6,0			
7,0			
8,0			
9,0			
10			



- b) Tracer les trois énergies de la bille sur le graphe ci-contre en respectant le code couleur des énergies précédemment donné.
- c) Que remarque-t-on ?

3. Rechercher les raisons qui font que dans un cas l'énergie mécanique du corps en chute se conserve et pas dans l'autre.

Définition :

Un corps est dit "en chute libre" s'il n'est soumis qu'à son poids.

Conclusions :

- Si l'énergie mécanique d'un système se conserve alors sa variation ΔE_m est nulle : $E_m = cste \Leftrightarrow \Delta E_m = 0$
- En cas de force de frottement l'énergie mécanique d'un système ne se conserve pas : $\Delta E_m \neq 0$

A noter :

« Le neutrino... une simple histoire de conservation de l'énergie »

En 1914, James Chadwick constate que, lors d'une désintégration β , l'énergie contenue dans l'électron émis et dans le noyau fils produit est inférieure à l'énergie contenue initialement dans le noyau père. Le principe de conservation semble être violé !

En 1930, Wolfgang Pauli postule qu'une particule encore non connue et probablement difficilement décelable est émise en plus de l'électron de manière à contenir l'énergie manquante. Cela permet de satisfaire le principe de conservation de l'énergie. En 1933, le physicien italien Enrico Fermi baptise cette particule neutrino ("le petit neutron").

En 1956, l'existence du neutrino est enfin confirmée expérimentalement.