

# ENERGIE POTENTIELLE DE PESANTEUR – ENERGIE MECANIQUE

## Faire le point

### Vrai ou Faux?

- Dans un champ de pesanteur uniforme de vecteur  $\vec{g}$ , l'énergie potentielle de pesanteur ne dépend que de l'altitude  $z$  et de la norme  $\|\vec{g}\|$ .
- La variation d'énergie cinétique d'un corps est toujours égale à l'opposé de la variation d'énergie potentielle de pesanteur.
- L'énergie mécanique d'un corps qui n'est soumis qu'à des forces conservatives est constante.
- L'énergie cinétique d'un corps ne varie que si non énergie potentielle varie.
- Le poids d'un corps est une force conservative.
- Les forces de frottement sont des forces dont le travail ne dépend pas du chemin suivi pour aller de A en B.

*Dans tous les exercices suivants, on prendra  $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$ , sauf indication contraire.*

## Applications directes du cours

1- Quelle est l'énergie potentielle de pesanteur d'un marteau- pilon de forge de masse 400 kg et pouvant tomber d'une hauteur de 0,6m?

2- En montant sur une échelle, une personne de 75kg s'élève de 1,5m au-dessus du plancher. Le plancher de la pièce est situé à 7,5m au-dessus de la rue.

Quelle est l'énergie potentielle de cette personne par rapport au plancher? par rapport à la rue?

3- Un rocher de masse  $m = 200 \text{ kg}$  se détache d'une falaise.

L'altitude initiale du rocher est  $H = 200\text{m}$  par rapport au niveau de la mer.

a°) Quelle est son énergie mécanique totale initiale? On précisera le niveau de référence pour l'énergie potentielle.

b°) En supposant que le rocher tombe en chute libre (résistance de l'air négligeable), calculer l'énergie cinétique et l'énergie potentielle du rocher à l'altitude  $h = \frac{H}{2}$ .

4- Quelle est la variation d'énergie mécanique d'une charge de 260kg soulevée à 2,5m du sol par un haltérophile? Calculer le travail des forces exercées par l'haltérophile sur la barre.

## Conservation de l'énergie mécanique

5- Une pierre de masse 200g est lancée du haut d'une falaise avec une vitesse initiale  $v_0 = 20\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

Lorsque la pierre quitte la main du lanceur, son altitude par rapport au niveau de la mer est  $h_0 = 150\text{m}$ .

a°) Quelle est, par rapport au niveau de la mer, l'énergie mécanique initiale de la pierre?

b°) En supposant la résistance de l'air négligeable, quelle est la vitesse maximale théorique de la pierre lorsqu'elle atteint la surface de l'eau? Cette vitesse dépend-elle de la trajectoire de la pierre?

En pratique, cette vitesse peut-elle être atteinte? Pourquoi?

6- Une balle de fusil 22 long rifle, de masse 2,2g, est propulsée à la vitesse de  $505\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Quelle est l'énergie cinétique du projectile à la sortie du canon?

Quelle altitude théorique maximale peut-il atteindre? En pratique, cette altitude peut-elle être atteinte? Pourquoi?

7- Un enfant lance verticalement vers le haut une bille de masse  $m = 20\text{g}$ . A une hauteur de 1,30m au-dessus du sol, sa vitesse est de  $4\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ . On néglige la résistance de l'air.

a) Calculer l'énergie mécanique de la bille en précisant le niveau de référence pour l'énergie potentielle de pesanteur.

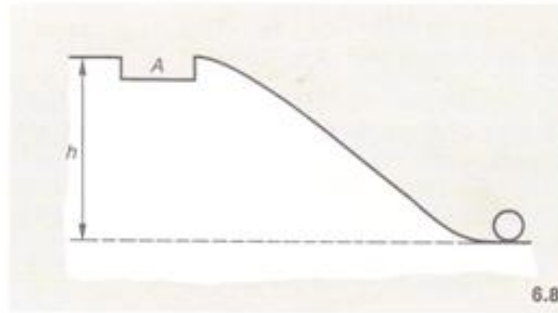
b) Jusqu'à quelle hauteur la bille va-t-elle monter?

c) Avec quelle vitesse va-t-elle repasser par le point d'altitude 1,30m?

d) Avec quelle vitesse va-t-elle atteindre le sol?

8- Dans un golf miniature, représenté par la figure ci-dessous, quelle vitesse minimale faut-il donner à la balle pour qu'elle vienne se loger dans le trou A si l'on néglige les frottements?

**Donnée:**  $h = 50\text{cm}$



9- Un solide de centre d'inertie  $G$  peut glisser sans frottement sur un banc à coussin d'air incliné d'un angle  $\alpha$  par rapport à l'horizontale.

En A le mobile a une vitesse dirigée vers le haut. Il s'élève jusqu'en B, puis fait demi-tour.

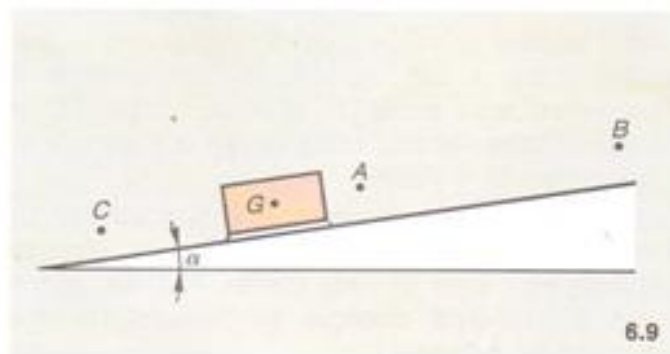
- Quelle est l'énergie mécanique du solide A? On prendra l'énergie potentielle de pesanteur nulle en C.
- Avec quelle vitesse a-t-il été lancé en A?
- Quelle est son énergie cinétique et sa vitesse en C?

**Données:**  $m = 75\text{g}$ ;

A, B et C sont sur une ligne de plus grande pente et A est au milieu du segment BC;

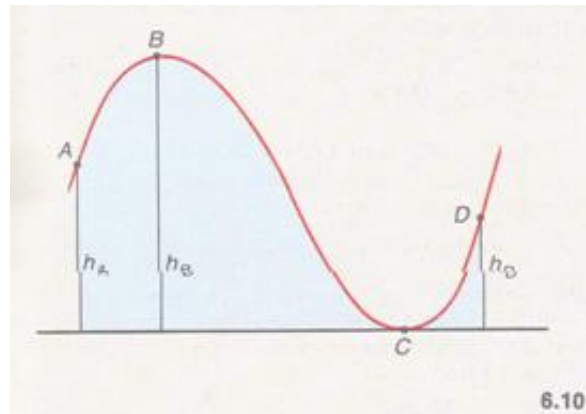
$AB = AC = 60\text{cm}$ ;  $\alpha = 15^\circ$ .

On néglige les frottements.

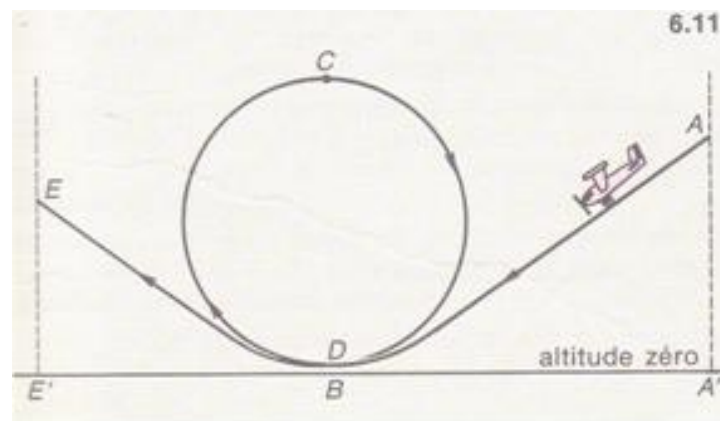


10- Un toboggan a la forme indiquée sur la figure ci-dessous où  $h_A = 3\text{m}$ ,  $h_B = 5\text{m}$ ,  $h_D = 2\text{m}$ . Le véhicule a une masse de  $120\text{kg}$ . On le lâche en B vers C et D, sans vitesse initiale.

Quelle est sa vitesse en C et en D si l'on néglige les forces de frottement? Avec quelle vitesse doit-on le lancer en A pour atteindre D?



11- Un jouet d'enfant se déplace sur des rails effectuant une boucle selon la figure ci-dessous. Sa masse est  $m = 0,78\text{kg}$ . Une mesure de vitesse effectuée en D donne  $3,2\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Les différentes hauteurs des points A, B, C, D et E sont:  $h_A = 0,52\text{m}$ ;  $h_B = 0\text{m}$ ;  $h_C = 0,29\text{m}$ ;  $h_D = 0\text{m}$ ;  $h_E = 0,25\text{m}$ . On néglige les frottements.



- Calculer l'énergie mécanique totale du système.
- En déduire les vitesses du mobile aux points A, B, C, D et E.
- Tracer approximativement l'énergie potentielle du véhicule en fonction de l'abscisse curviligne de ce dernier. En déduire la courbe donnant son énergie cinétique en fonction de son abscisse curviligne.

**Données:**  $A'B = 2\text{m}$ ;  $E'B = 1\text{m}$  (attention: côtes non respectées sur la figure).

12- On lance verticalement vers le haut, avec une vitesse  $v_0 = 3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ , un solide quasi ponctuel, de masse  $m = 500\text{g}$ , à partir d'un point de côte  $z = 1,8\text{m}$ . La résistance de l'air est négligée. On attribue une valeur nulle à l'énergie potentielle de pesanteur au point de côte  $z = 0$ .

- Représenter graphiquement l'énergie potentielle de pesanteur  $\epsilon_p(z)$  du solide en fonction de l'altitude  $z$ .

- b) Représenter graphiquement (sur le même graphique) l'énergie cinétique du solide  $\varepsilon_o(z)$  et son énergie mécanique  $\varepsilon_m(z)$ .
- c) Calculer la vitesse  $v$  du solide en fonction de la côte  $z$ .

13- Un pendule est constitué d'une tige OA, de longueur  $l = 60$  cm, de masse négligeable, mobile sans frottement autour d'un axe horizontal  $\Delta$  passant par le point O. En A est fixée une surcharge quasi ponctuelle de masse  $m = 500$ g. La résistance de l'air est négligée.

- a) Le pendule est initialement immobile, en équilibre stable.

Un opérateur l'écarte d'un angle  $\alpha = 60^\circ$  par rapport à la verticale.

En prenant comme référence de l'énergie potentielle de pesanteur la position d'équilibre stable, calculer l'énergie mécanique du pendule dans cette nouvelle position.

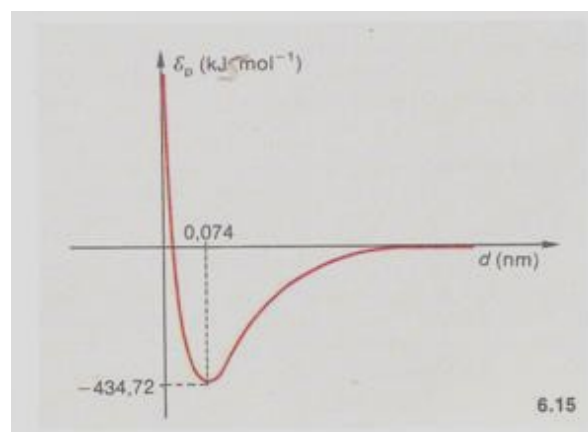
- b) Le pendule est lâché par l'opérateur sans vitesse. Calculer la vitesse angulaire du pendule lorsqu'il passe par sa position d'équilibre au cours des oscillations.

14- On considère à nouveau le pendule décrit dans l'exercice précédent. Les frottements au niveau de l'axe et la résistance de l'air sont négligés.

- a) Quelle énergie mécanique minimale faut-il fournir au pendule initialement au repos (position d'équilibre stable) pour qu'il fasse un tour complet autour de l'axe  $\Delta$ ? Avec quelle vitesse circonférentielle la surcharge A quitte-t-elle alors sa position d'équilibre?

- b) Cette énergie mécanique minimale lui étant communiquée, quelle est la vitesse angulaire du pendule lorsqu'il traverse le plan horizontal contenant l'axe  $\Delta$ ?

15- L'énergie potentielle de la molécule de dihydrogène  $H_2$  est donnée en fonction de  $d$ , distance entre les deux atomes, par le graphique ci-dessous.



On étudie le mouvement d'un atome par rapport à l'autre.

- a) Pour quelle valeur de  $d$  les deux atomes sont-ils au repos l'un par l'autre à l'autre?

b) Quel est le travail minimal qu'il faut fournir aux deux atomes pour les séparer complètement lorsqu'ils sont initialement au repos l'un par rapport à l'autre?

c) Une molécule de dihydrogène a une énergie de  $-4 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ . Calculer l'énergie cinétique maximale du système. Entre quelles valeurs extrêmes la distance  $d$  varie-t-elle approximativement?

**Donnée:** nombre d'Avogadro  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .

16- Un solide de masse  $m = 0,5 \text{ kg}$  peut se déplacer en translation sur un axe horizontal. Il est repéré par l'abscisse  $x$ ; les forces de frottement sont négligeables; il est soumis à un système de forces est fonction de la position

$x$ :  $\varepsilon_p = 50x^2$  avec  $x$  en mètres et  $\varepsilon_p$  en joules.

a) Tracer le graphique de sa fonction  $x \mapsto \varepsilon_p(x)$  pour  $x \in [-1; +1]$ .

b) Quelle est la position  $x_0$  d'équilibre du solide (correspondant à l'énergie potentielle minimale)?

c) Au cours d'une expérience, le solide est écarté de sa position d'équilibre en  $x_1 = 0,2 \text{ m}$ , puis lâché sans vitesse initiale. Déterminer son énergie mécanique. Montrer que le système oscille autour d'une position entre deux valeurs extrême de  $x$ . Calculer sa vitesse lorsqu'il passe en  $x = 0$ .

d) Au cours d'une autre expérience, le solide est lancé en  $x = 0$  avec une vitesse de  $6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Montrer que le système oscille entre deux positions extrémales que l'on calculera.

17- Une particule est soumise à un système de forces conservatives.

Elle peut se déplacer suivant un axe ( $x'x$ ), et son énergie potentielle  $\varepsilon_p$  est fonction de son abscisse  $x$ . Les variations de  $\varepsilon_p$  sont représentées sur la figure ci-dessous.

a) L'énergie mécanique totale est de  $6 \text{ kJ}$ ; la particule vient de  $x = -\infty$ . Décrire qualitativement la variation de vitesse de la particule.

b) L'énergie mécanique est de  $4,5 \text{ kJ}$ . La particule arrive de  $x = +\infty$ . Décrire qualitativement la variation de vitesse de la particule.

c) L'énergie mécanique est de  $3 \text{ kJ}$ . Montrer que certaines régions de l'axe ne peuvent être atteintes par la particule. Indiquez, selon la position initiale de la particule, la partie de l'axe décrite par celle-ci et le type de mouvement.