

## P8. Travail et énergie Exercices

### Exercice 1 : Skieur en descente

Un skieur de masse  $m = 85 \text{ kg}$  descend, à vitesse constante, une piste rectiligne présentant une longueur de  $3000 \text{ m}$  et une dénivellation (hauteur) de  $832 \text{ m}$ .

1. Effectuer un bilan des forces exercées sur le skieur.
2. Calculer l'intensité de la force de frottements.
3. Calculer le travail de chacune des forces.

### Exercice 2 : Skieur en montée

Tracté par un remonte-pente, un skieur remonte, à vitesse constante, une piste verglacée rectiligne de longueur  $L = 2000 \text{ m}$  et de  $650 \text{ m}$  de dénivellation. Il pèse  $930 \text{ N}$ .

Le câble qui le tracte fait un angle  $\beta = 20^\circ$  avec la direction de la trajectoire (c'est-à-dire avec la pente).

1. Déterminer l'angle que la piste forme avec le plan horizontal.
2. Effectuer l'inventaire des forces agissant sur le skieur.
3. Calculer la valeur de chacune d'elles.
4. Calculer le travail de chacune de ces forces.
5. Calculer la somme de ces travaux.

### Exercice 3 : Haltérophilie

Un haltérophile soulève une barre de masse  $m = 200 \text{ kg}$  d'une hauteur  $h = 2,30 \text{ m}$  en une durée  $\Delta t = 1,5 \text{ s}$ .

1. Calculer la puissance moyenne développée par l'haltérophile.
2. Quelle puissance serait nécessaire pour soulever la barre instantanément ?

### Exercice 4 ☆ : Puissance et vitesse d'un cycliste

Montrer que la puissance d'une force dont le point d'application se déplace à la vitesse constante  $v$ , s'écrit :  $P = \vec{F} \cdot \vec{v}$

Un cycliste roule sur un terrain plat à la vitesse constante de  $5 \text{ m.s}^{-1}$  et dépense alors  $120 \text{ W}$  contre les forces de frottements de direction parallèle aux déplacements.

1. Si les forces sont indépendantes de la vitesse, quelle puissance le cycliste doit-il fournir s'il roule à  $10 \text{ m.s}^{-1}$  ?
2. En revanche, si les forces de frottements sont proportionnelles à la vitesse, quelle puissance doit-il fournir s'il roule à la vitesse de  $10 \text{ m.s}^{-1}$  ?

Le cycliste, de masse  $80 \text{ kg}$ , gravit une côte de pente  $4\%$  à la vitesse de  $6,0 \text{ m.s}^{-1}$ .

*NB : Une pente de  $4\%$  correspond à une dénivellation de  $4 \text{ m}$  pour  $100 \text{ m}$  parcourus à l'horizontale.*

3. Quelle puissance le cycliste doit-il dépenser pour compenser la puissance de la force de pesanteur ?
4. Quelle puissance totale dépense-t-il si les forces de frottements sont proportionnelles à la vitesse ?

Le cycliste descend maintenant une pente de  $10\%$  à la vitesse de  $20 \text{ m.s}^{-1}$ . Il ne freine pas. Les forces de frottements varient alors selon la loi  $f = K \times v^2$  avec  $K$  une constante.

5. Calculer la puissance des forces de pesanteur.
6. Calculer  $K$ . Quelle est l'unité de  $K$  ?

### Exercice 5 ☆ : Viscosité

On veut mesurer la vitesse atteinte par une bille tombant au sein d'un liquide, appelée vitesse limite. Lorsque la bille atteint cette vitesse limite, la vitesse est alors constante.

Pour cela, on dispose de billes en matière plastique, d'une éprouvette graduée, pleine de liquide pour lave-vaisselle, et d'un chronomètre.

1. Faire l'inventaire des forces s'exerçant sur la bille lorsqu'elle descend dans le liquide : étant donné l'objectif de l'expérience, peut-on négliger les frottements ?

On réalise cette expérience avec une bille de diamètre  $D = 0,59 \text{ cm}$  et de masse  $m = 0,115 \text{ g}$ , en utilisant un liquide de densité  $d = 1,03$ .

2. Calculer les valeurs de chacune des forces, lorsque la bille a atteint sa vitesse limite.

On mesure la vitesse limite atteinte par la bille :  $v_\ell = 0,47 \text{ mm.s}^{-1}$ .

3. Déterminer la puissance développée par chacune de ces forces.

Rappel : volume d'une sphère de rayon  $R$  :  $V = 4/3 \pi R^3$

### Exercice 6 : Déplacement de plaque d'acier

Dans une aciérie, les plaques d'acier se déplacent sur des rouleaux, de rayon  $50 \text{ cm}$  d'axe horizontal. Ces rouleaux tournent à la vitesse angulaire  $\omega = 100$  tours par minute. Les plaques ne glissent pas sur les rouleaux, leur vitesse est alors égale à la vitesse circonférentielle des rouleaux. Une plaque mesure  $40 \text{ cm}$  d'épaisseur,  $2 \text{ m}$  de largeur et  $10 \text{ m}$  de longueur.

1. Calculer la vitesse des plaques.
2. Calculer son énergie cinétique.

Donnée : densité de l'acier  $d = 7,8$

### Exercice 7 : Lanceur de « flipper »

Le lanceur d'un flipper est constitué d'un ressort et d'une tirette qui permet de comprimer le ressort.

Une bille de masse  $m = 95 \text{ g}$  vient se positionner contre une butée solidaire de la tirette. Le joueur comprime la tirette.

#### Première phase à l'horizontale :

Le joueur lâche la tirette ; pendant la détente du ressort, la bille reste au contact de la butée. A la fin de cette phase, elle est expulsée horizontalement avec une vitesse  $v_B = 3,1 \text{ m.s}^{-1}$ .

1. Faire une analyse des forces qui s'exercent sur la bille pendant cette phase.
2. Calculer les travaux de chacune de ces forces.

#### Deuxième phase : montée du plan incliné

Quand la bille est expulsée par le lanceur, elle aborde un plan incliné d'un angle  $\beta = 21^\circ$  par rapport à l'horizontale, selon la ligne de plus grande pente.

3. Quelle est la vitesse de la bille à l'instant où elle commence à redescendre ?
4. En déduire, par application du théorème d'énergie cinétique, la longueur  $\ell$  que la bille est susceptible de parcourir sur le plan incliné avant qu'elle ne redescende.

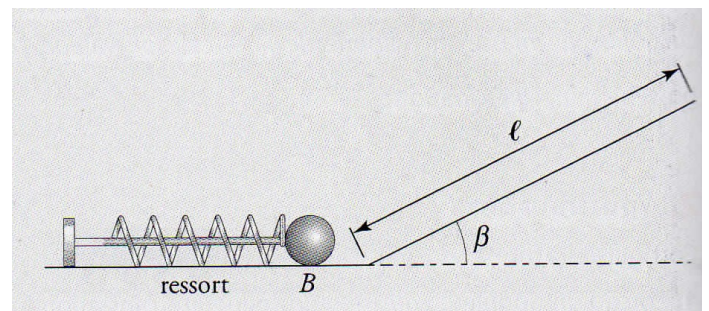
En fait, la bille ne parcourt qu'une distance de  $1,1 \text{ m}$ .

5. Quelle approximation n'est finalement pas valable ?
6. Calculer le travail des forces de frottements au cours de ce parcours.

#### Troisième phase : descente du plan incliné

Arrivée au sommet de la trajectoire, la bille redescend. Le travail des forces de frottements reste le même.

7. Calculer la vitesse de la bille en bas du plan incliné.



### Exercice 8 : Force de frottement d'une moto

Une moto et son passager ont une masse totale de 380 kg. Le motocycliste roule sur une route horizontale à  $90 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . Arrivé au pied d'une côte de pente 8% (pour 100 m parcourus, l'élévation est de 8m), il passe au point mort.

1. Quelle distance parcourt-il sur la pente si on néglige les frottements ?

En fait, il ne parcourt que 140 m.

2. Evaluer la valeur de la force de frottement. On admettra que cette force est parallèle à la côte.

### Exercice 9 ☆ : Skateboard

Une piste pour skateboard a pour allure celle du schéma ci-après.

L'ensemble S (enfant + skate) a une masse totale de 35 kg. La trajectoire représentée est celle du centre d'inertie de S, dans le plan vertical. On admet que durant le mouvement, sur la piste, l'ensemble S se comporte comme un solide en translation.

On néglige, dans un premier temps, les forces de frottement.

1. Quelle doit être la valeur de la vitesse  $v_A$  en A de S pour atteindre D ?

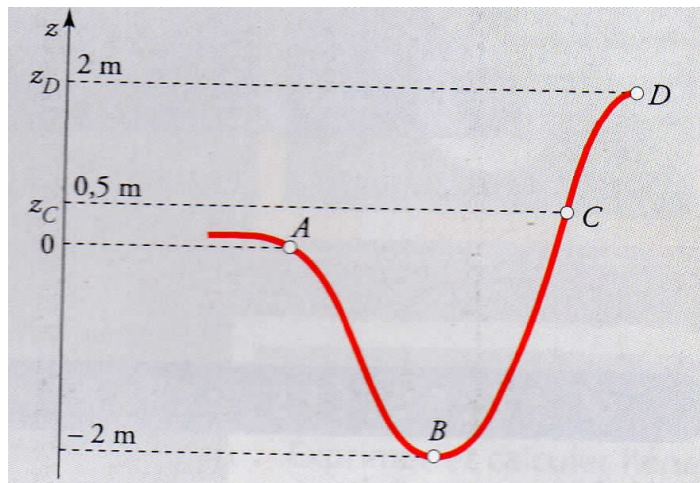
2. Calculer alors la vitesse  $v_B$  en B.

En fait, avec la vitesse  $v_A$  calculée précédemment, on atteint seulement C.

3. Evaluer le travail des forces de frottement.

On peut définir une perte moyenne d'énergie  $w_m$ , par mètre de dénivellation, identique à la montée et à la descente.

4. Calculer  $w_m$ .



### Exercice 10 : Marteau-pilon

Un marteau-pilon est un appareil de forge dont le marteau fait d'une masse pesante (de quelques kg à plusieurs tonnes), est actionné verticalement, à l'électricité, à la vapeur ou à l'air comprimé.

On considère un marteau, de masse  $m = 350 \text{ kg}$ , dont le centre d'inertie est situé à 1,20 m au-dessus du sol.

1. Calculer l'énergie potentielle de pesanteur du marteau, en prenant comme origine le niveau du sol.

Lors du martelage d'une pièce, le centre d'inertie du marteau descend d'une hauteur  $h = 0,80 \text{ m}$ .

2. Quelle est la variation d'énergie potentielle du marteau ?

Un câble remonte le marteau dans sa position initiale.

3. Quelle est la variation d'énergie potentielle du marteau ?

4. Quel est le travail fourni par la force de traction du câble ?

### Exercice 11 : Tour Montparnasse

La Tour Maine Montparnasse est le premier ensemble immobilier d'Europe :  $300\,000 \text{ m}^2$  de plancher, hauteur 210 m, 3,48 m de sol à sol entre 2 étages.

Un groupe de personnes passe du 15<sup>e</sup> au 56<sup>e</sup> étage. La masse totale de l'ascenseur et des personnes est égale à 1 025 kg.

1. Calculer la variation d'énergie potentielle du système {ascenseur, personnes}.

2. Calculer le travail de la force exercée par le câble sur l'ascenseur.

### Exercice 12 : Elévation d'une échelle

Un jardinier prend une échelle posée sur le sol et la place contre un mur. L'échelle fait un angle  $\beta = 20^\circ$  avec le mur. L'échelle a une longueur de 4,00 m et une masse de 12,5 kg.

1. Calculer la variation d'énergie potentielle de l'échelle.
2. Calculer la variation d'énergie mécanique de l'échelle.
3. En déduire le travail fourni par le jardinier.

### Exercice 13 ☆: A la fête foraine

Une attraction foraine est constituée d'un rail comportant une boucle circulaire de rayon  $R$ . Un palet, de masse  $m$ , peut glisser sans frottement sur le rail. Le palet peut effectuer la boucle si sa vitesse au sommet est supérieure à  $(R \cdot g)^{1/2}$ .

L'origine de l'énergie potentielle est prise au niveau le plus bas de la trajectoire.

Le palet est repéré sur la boucle par l'angle  $\alpha$ .

1. Quelle est l'expression de l'énergie mécanique du palet en mouvement dans la boucle ?
2. Pourquoi l'énergie mécanique est-elle constante ?
3. Avec quelle vitesse minimale doit-on lancer le palet sur la partie horizontale du rail afin qu'il effectue une boucle ?
4. Calculer cette vitesse pour  $R = 1,5$  m.

Donnée : On prendra  $g = 9,8 \text{ N.kg}^{-1}$ .

