

Exercices 2 Énergie mécanique

Application : freinage d'urgence, trampoline, montagnes russes, luge en Python

4 exercices · niveau ●●○ · durée conseillée : 2 h · calculatrice autorisée

★ À RETENIR — Ce qu'il faut savoir faire à la fin de la feuille

- Appliquer le théorème de l'énergie cinétique pour déterminer une vitesse, une distance de freinage, une hauteur atteinte ou une force.
- Exploiter la conservation ou la non-conservation de l'énergie mécanique ; interpréter des graphes d'énergie ; compléter un programme Python de bilan énergétique.

Exercice 1 Freinage d'urgence : la vitesse compte... au carré

●●○

Lors d'essais sur une piste horizontale sèche, une voiture de masse $m = 1\,200\text{ kg}$ freine en urgence à partir de différentes vitesses v jusqu'à l'arrêt ; on mesure à chaque fois la distance de freinage d_f . Pendant le freinage, la voiture est soumise à son poids, à la réaction verticale de la route et à une force de freinage $\vec{F}$ constante, horizontale, opposée au mouvement.

$v\text{ (km}\cdot\text{h}^{-1}\text{)}$	30	50	70	90	110	130
$d_f\text{ (m)}$	5,6	15,4	30,2	50,0	74,7	104

- 1.1 Calculer l'énergie cinétique de la voiture à $90\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Que vaut le travail du poids et celui de la réaction de la route pendant le freinage ? Justifier.
- 1.2 Appliquer le théorème de l'énergie cinétique pour montrer que $d_f = \frac{mv^2}{2F}$. En déduire la valeur F à partir de l'essai à $90\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.
- 1.3 Vérifier, avec trois colonnes du tableau, que d_f est proportionnelle à v^2 . Un conducteur affirme : « à $130\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, on freine sur une distance à peine plus grande qu'à $90\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ». Commenter.
- 1.4 Sur route mouillée, la force de freinage n'est plus que de $5,0\text{ kN}$. Calculer la distance de freinage à $90\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Le conducteur réagit $1,0\text{ s}$ après l'apparition de l'obstacle : quelle est la distance d'arrêt totale ?

Exercice 2 Au trampoline : lire des graphes d'énergie

●●○

Une gymnaste de masse $m = 50\text{ kg}$ quitte la toile d'un trampoline verticalement, à l'instant $t = 0$. Un pointage vidéo de son centre de gravité, traité par un tableur, donne l'évolution de trois énergies pendant le saut (figure 1) : l'énergie cinétique, l'énergie potentielle de pesanteur (origine des altitudes : position de G à $t = 0$) et l'énergie mécanique.

■ DONNÉES $g = 9,8\text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$

- 2.1 Associer chaque courbe à une énergie. Justifier.
- 2.2 Lire l'énergie mécanique ; en déduire la vitesse de la gymnaste lorsqu'elle quitte la toile.
- 2.3 Lire la date à laquelle la gymnaste atteint le sommet de son saut, puis calculer la hauteur de ce sommet au-dessus de la position de départ.

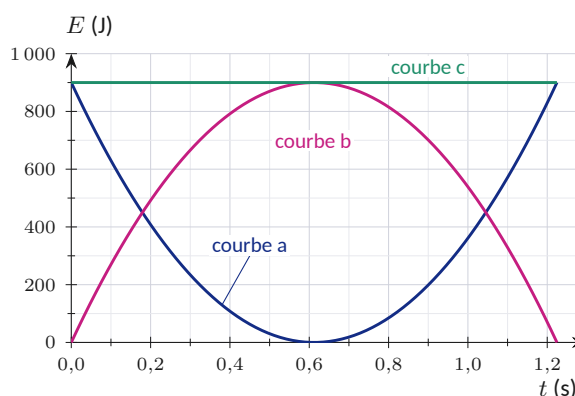


Figure 1 — Énergies de la gymnaste pendant le saut

- 2.4** Lire les dates auxquelles $E_c = E_{pp}$. À quelle hauteur la gymnaste se trouve-t-elle alors ?
- 2.5** Que peut-on dire des forces non conservatives pendant le saut ? En retombant, la gymnaste enfonce la toile, qui la renvoie vers le haut. Comment peut-elle monter plus haut au saut suivant ?

Exercice 3 Les montagnes russes



Un train de montagnes russes de masse $m = 3,0 \text{ t}$ (passagers compris) est hissé jusqu'au sommet A, puis s'y élance avec une vitesse pratiquement nulle. Il parcourt ensuite le profil de la figure 2 jusqu'au quai E, où il est arrêté par des freins. L'origine des altitudes est prise au niveau du sol.

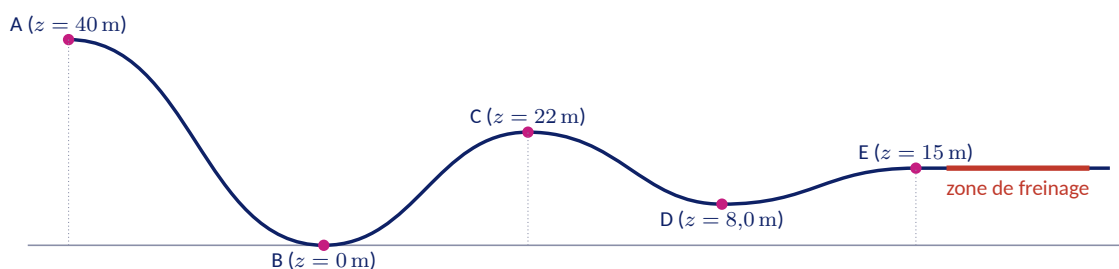


Figure 2 — Profil du circuit (échelle non respectée)

■ **DONNÉES** $g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$

- 3.1** Calculer l'énergie mécanique du train en A.
- 3.2** En négligeant les frottements, calculer la vitesse du train en B, en C, en D et en E.
- 3.3** Un ingénieur veut ajouter après D une bosse de 45 m de haut : est-ce possible ? Justifier sans calcul de vitesse.
- 3.4** En réalité, le train arrive en E à $12 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, après un parcours de 600 m. Calculer la variation de son énergie mécanique, puis la valeur moyenne de la force de frottement.
- 3.5** Les freins arrêtent le train sur 18 m en palier. Calculer la valeur de la force de freinage, supposée constante, en négligeant les autres frottements.

Exercice 4 Python : bilan énergétique d'une luge



Une luge et son passager (masse totale $m = 30 \text{ kg}$) descendent une pente rectiligne. Un pointage vidéo donne les coordonnées x (horizontale) et z (verticale, vers le haut, origine au bas de la pente) de la luge toutes les $\tau = 0,20 \text{ s}$; elles sont exploitées par le programme ci-dessous.

```
1 m, g, tau = 30, 9.8, 0.20
2 x = [0.00, 0.22, 0.49, 0.82, 1.20, 1.64, 2.13, 2.67, 3.26] # en m
3 z = [6.00, 5.94, 5.88, 5.79, 5.70, 5.59, 5.47, 5.33, 5.18] # en m
4 Em = []
5 for i in range(1, len(x) - 1):
6     vx = (x[i+1] - x[i-1]) / (2*tau)
7     vz = (z[i+1] - z[i-1]) / (2*tau)
8     v = (vx**2 + vz**2)**0.5
9     Ec = ...
10    Epp = ...
11    Em.append(Ec + Epp)
12 print([round(E) for E in Em])
```

Le programme affiche : [1770, 1765, 1753, 1743, 1730, 1714, 1695].

- 4.1** Que calcule la ligne 8 ? Pourquoi la boucle commence-t-elle à $i = 1$ et s'arrête-t-elle à $i = \text{len}(x) - 2$?
- 4.2** Compléter les lignes 9 et 10.
- 4.3** L'énergie mécanique de la luge se conserve-t-elle ? Interpréter.
- 4.4** Calculer la distance parcourue par la luge entre les positions d'indices 1 et 7, puis la valeur de la force de frottement, supposée constante.