

# Exercices : énergie mécanique

## 24 Pétanque

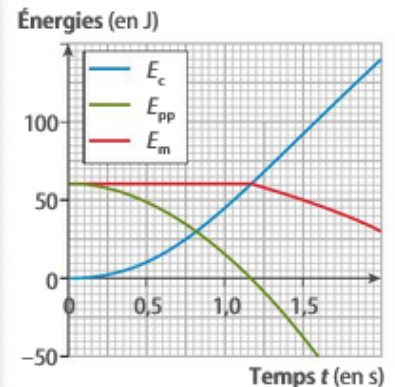
Une boule de pétanque de masse  $m = 700 \text{ g}$  est lâchée sans vitesse initiale d'une hauteur  $h$  au-dessus de la surface d'une piscine.

Le graphique ci-contre représente les tracés de ses énergies cinétique  $E_c$ , potentielle de pesanteur  $E_{pp}$  et mécanique  $E_m$ .

À la date  $t = 1,15 \text{ s}$ , la boule entre dans l'eau.

Le niveau de l'eau est choisi comme altitude de référence.

- a Déterminer la hauteur  $h$  de chute dans l'air.
- b Déterminer la vitesse  $v_{\text{eau}}$  de la boule à son arrivée dans l'eau.
- c Montrer que l'action de l'air est imperceptible, mais pas celle de l'eau. En supposant que la seule force non conservative qui travaille est la force de frottement due à l'eau, calculer son travail entre  $t = 1,15 \text{ s}$  et  $t = 2,0 \text{ s}$ .



Donnée : La norme du champ de pesanteur est  $g = 9,81 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

## 26 Jet d'eau

Le jet d'eau de Genève a une hauteur moyenne de 140 m. Des pompes propulsent l'eau du lac Léman verticalement à une vitesse  $v_0 = 200 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ .

- a On considère une goutte d'eau, entre son éjection et le point le plus haut de sa trajectoire. On supposera qu'elle subit seulement son poids. Comment varie son énergie mécanique au cours du mouvement ?
- b En déduire l'expression de  $v_0$  en fonction de la hauteur maximale atteinte  $h$  et de  $g$ .
- c Calculer la valeur de  $v_0$  permettant d'atteindre  $h = 140 \text{ m}$ . Commenter l'écart avec la valeur de l'énoncé.

27 L'athlète français Renaud Lavillenie a battu en 2014 le record du monde masculin de saut à la perche. Ayant atteint  $v_f = 36 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  à l'issue de sa course d'élan, il a planté sa perche et s'est élevé pour franchir la barre placée à la hauteur record  $H = 6,16 \text{ m}$  au-dessus du sol.

Il a ainsi dépassé le record de l'Ukrainien Sergueï Bubka, qui a déclaré que Renaud Lavillenie avait la capacité de « transférer dans la perche l'énergie de sa vitesse de course » (*Libération*, 9 août 2012, « Renaud Lavillenie à perche de vue », Alain Mercier).

Données : Masse de Renaud Lavillenie :  $m = 61 \text{ kg}$  ; on négligera la masse de la perche.

- a Calculer l'énergie cinétique  $E_{cf}$  acquise par Renaud Lavillenie à l'issue de sa course d'élan.
- b On assimile Renaud Lavillenie à son centre de gravité. On estime qu'il est à la hauteur  $h = 1,1 \text{ m}$  au-dessus du sol à la fin de sa course, et à la hauteur de la barre au moment où il la franchit. Déterminer une estimation de la variation de son énergie potentielle de pesanteur lors de son ascension.
- c L'affirmation de Sergueï Bubka est-elle vérifiée ?

## 51 Voiture de formule 1

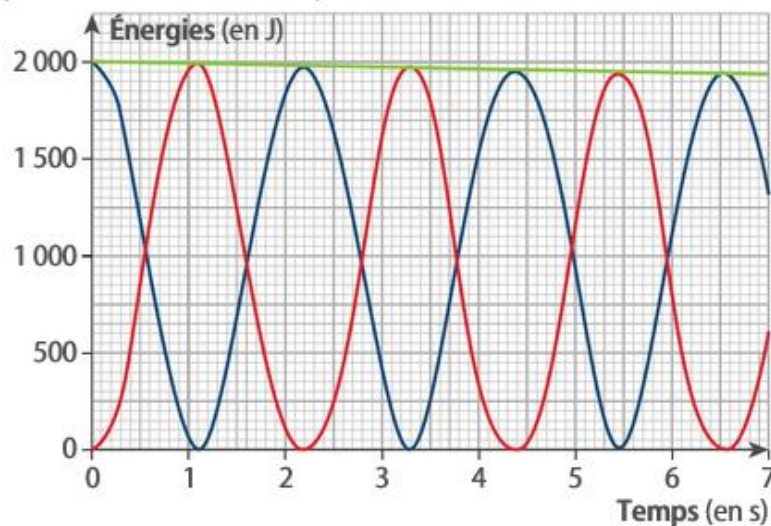
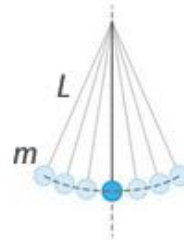
Une voiture de formule 1 de masse  $m = 700 \text{ kg}$  accélère sur un circuit horizontal. Elle passe d'une vitesse  $v_A = 50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  à une vitesse  $v_B = 120 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  sur une portion de 40 mètres.

- On suppose que la force de frottement exercée par le sol sur les roues est la seule force non conservative qui travaille. D'après le théorème de l'énergie mécanique, calculer le travail de cette force.
- Justifier que la force due aux frottements du sol est motrice.
- En réalité, la force de frottement due à l'air n'est pas négligeable, sa norme vaut  $2\,530 \text{ N}$ . Calculer la vitesse réellement atteinte en B si le travail de la force de frottement avec le sol a toujours la valeur calculée à la question b.
- Y a-t-il gain ou dissipation d'énergie mécanique ?

## 54 Oscillations

Un pendule de masse  $m = 62 \text{ kg}$  oscille au bout d'une corde de longueur  $L = 3,5 \text{ m}$ . À l'instant initial, il est lâché sans vitesse initiale.

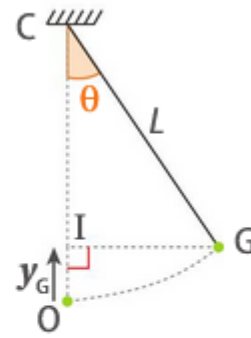
Les courbes ci-dessous représentent ses énergies cinétique, potentielle de pesanteur et mécanique.



- En détaillant le raisonnement :
  - attribuer à chaque courbe son énergie ;
  - montrer que l'énergie potentielle de pesanteur atteint une valeur nulle aux passages à la verticale ;
  - déterminer la hauteur initiale du système au-dessus de son point le plus bas ;
  - déterminer la vitesse maximale acquise.
- L'énergie mécanique est-elle conservée ? Pourquoi ?
- À quelles dates le système passe-t-il à la verticale ? En déduire la durée d'une oscillation.

## 56 Sur une balançoire

Maxime s'amuse à pousser Marion sur une balançoire. On modélise l'ensemble {balançoire + Marion} par un point matériel G de masse  $m = 45 \text{ kg}$  situé à la distance  $L = 2,0 \text{ m}$  du point d'attache de la balançoire. Marion est initialement immobile en O, à la verticale. Maxime lui donne une vitesse initiale horizontale  $v_0$ .



1. À un instant quelconque du mouvement, la corde forme un angle  $\theta$  avec la verticale et Marion a une vitesse de norme  $v$ .

a. Le point I est le projeté orthogonal du point G sur la verticale. Exprimer CI en fonction de  $L$  et  $\theta$ .

b. En déduire que l'altitude de G au-dessus de sa position O s'écrit  $y_G = L(1 - \cos(\theta))$ .

c. On considère l'énergie mécanique de ce système constante au cours du mouvement.

Quelle hypothèse est nécessaire pour cela ?

d. En déduire une relation entre  $v_0$ ,  $g$ ,  $\theta$ ,  $L$  et  $v$ .

2. À l'altitude maximale de Marion, que vaut  $v$  ?

En déduire que l'angle de montée maximale, noté  $\theta_{\max}$ , vérifie la relation  $v_0^2 = 2gL(1 - \cos(\theta_{\max}))$ .

3. Quelle vitesse initiale Maxime doit-il donner à Marion pour qu'elle monte :

a. à un angle  $\theta_{\max} = 60^\circ$  ?

b. à la hauteur du point C ?

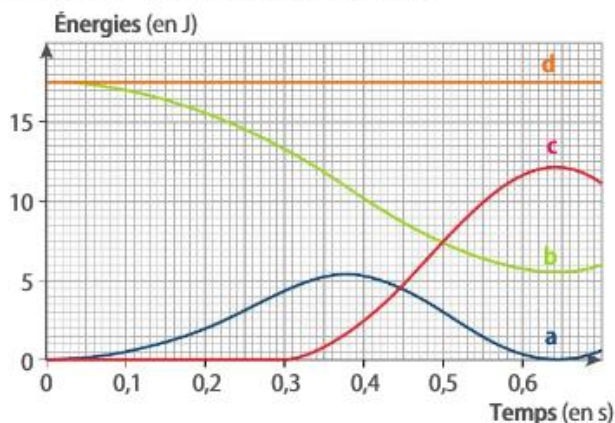
4. Maxime donne à Marion une vitesse initiale  $v_0 = 1,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Jusqu'à quel angle  $\theta_{\max}$  monte-t-elle ?



## 58 Saut à l'élastique

Une maquette de laboratoire simule un saut à l'élastique. Elle est composée d'un solide de masse  $m = 1,0 \text{ kg}$  relié à un point fixe par un élastique.

À la date  $t = 0 \text{ s}$ , on lâche le solide sans vitesse initiale depuis le point d'attache. Un dispositif expérimental fournit les courbes d'énergies ci-dessous, où le sol de la pièce est le niveau où l'énergie potentielle de pesanteur est nulle. Le mouvement est vertical.



**1. a.** Identifier les courbes représentant l'énergie cinétique  $E_c$  et l'énergie potentielle de pesanteur  $E_{pp}$  du solide.

**b.** Quelle courbe représente l'énergie mécanique  $E_m$  du solide ? Justifier le fait que l'effet des frottements de l'air est imperceptible dans cette expérience.

**2. a.** La quatrième courbe représente l'énergie emmagasinée par l'élastique lorsqu'il se tend, et qu'il restitue entièrement lorsqu'il se détend.

En déduire la durée de chute libre, c'est-à-dire la date  $t_1$  à laquelle l'élastique commence à se tendre.

**b.** Entre  $t = 0 \text{ s}$  et la date  $t_1$ , quelle est la variation de l'énergie potentielle de pesanteur du solide ?

En déduire la longueur de l'élastique non tendu.

**3.** Calculer la vitesse maximale du solide et la longueur de l'élastique au moment où cette vitesse est atteinte.

**4.** Déterminer l'altitude initiale du solide au-dessus du sol, puis sa hauteur minimale au-dessus du sol.

**5.** On suppose que l'énergie mécanique est conservée tout au long du mouvement.

Recopier l'allure du graphique et le prolonger jusqu'à la date  $t = 3,0 \text{ s}$ .

