BURHAN

Aspects énergétiques des oscillations mécaniques : exercices, entraînement

2ème Année Baccalauréat · Sciences Physiques · Physique-Chimie

Corrigé détaillé en ligne : burhan.ma/2bac/pc/physique-chimie/aspects-energetiques-des-oscillations-mecaniques/exercices/entrainement

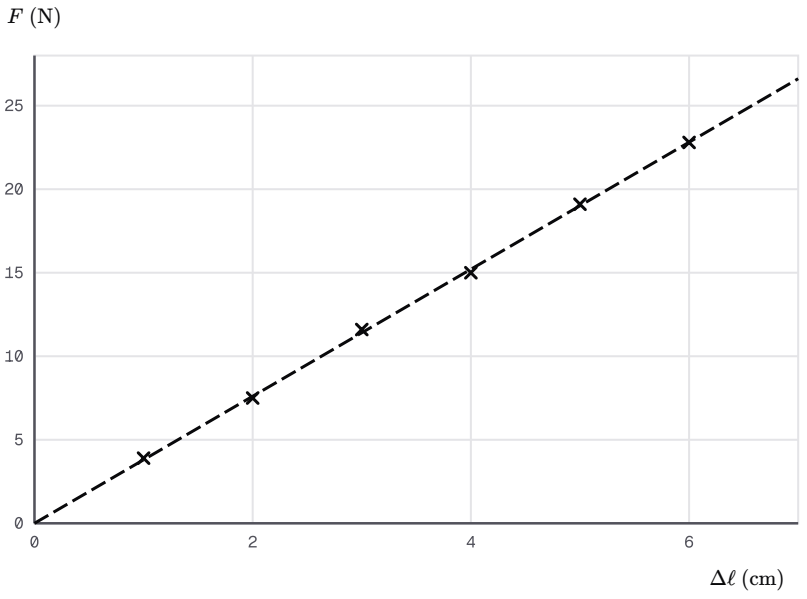
Chapitre	Palier	Exercices
Aspects énergétiques des oscillations mécaniques	Entraînement	7

Exercice 1

Ressort de trampoline : raideur mesurée et travail

Un modèle réduit de trampoline est tendu par des ressorts identiques. Pour en étudier un, on fixe une de ses extrémités. Un capteur de force mesure, pour plusieurs allongements $\Delta\ell$, la valeur F de la force exercée par le ressort sur l'autre extrémité.

$\Delta\ell$ (cm)	F (N)
1,0	3,9
2,0	7,5
3,0	11,6
4,0	15,0
5,0	19,1
6,0	22,8



× Points de mesure – – – Droite de modélisation

Force exercée par le ressort en fonction de l'allongement mesuré

1.

Justifie, à l'aide du document, que la valeur de la force est proportionnelle à l'allongement.

INDICE

Outil : la forme du nuage de points et la droite qui le modélise.

2.

Détermine la raideur K du ressort à partir de la droite de modélisation.

INDICE

Outil : le coefficient directeur de la droite, calculé entre deux points éloignés et converti en $\mathrm{N \cdot m^{-1}}$.

3.

On repère l'extrémité mobile sur un axe $(O;\vec{i})$ orienté dans le sens de l'étirement, d'origine O au ressort non déformé : $F_x = -K\,x$. Montre, à l'aide de l'aire d'un triangle, que le travail de la force exercée par le ressort, quand l'allongement passe de 0 à $\Delta\ell$, vaut $-\dfrac{1}{2}\,K\,\Delta\ell^2$.

INDICE

Outil : le travail d'une force variable comme aire algébrique sous la courbe de F_x en fonction de x.

4.

Calcule le travail de cette force quand l'allongement passe de $2{,}0\,\mathrm{cm}$ à $6{,}0\,\mathrm{cm}$, avec $K = 3{,}8 \times 10^{2}\,\mathrm{N \cdot m^{-1}}$.

INDICE

Outil : une différence de deux triangles, ou un trapèze, sous la même droite.

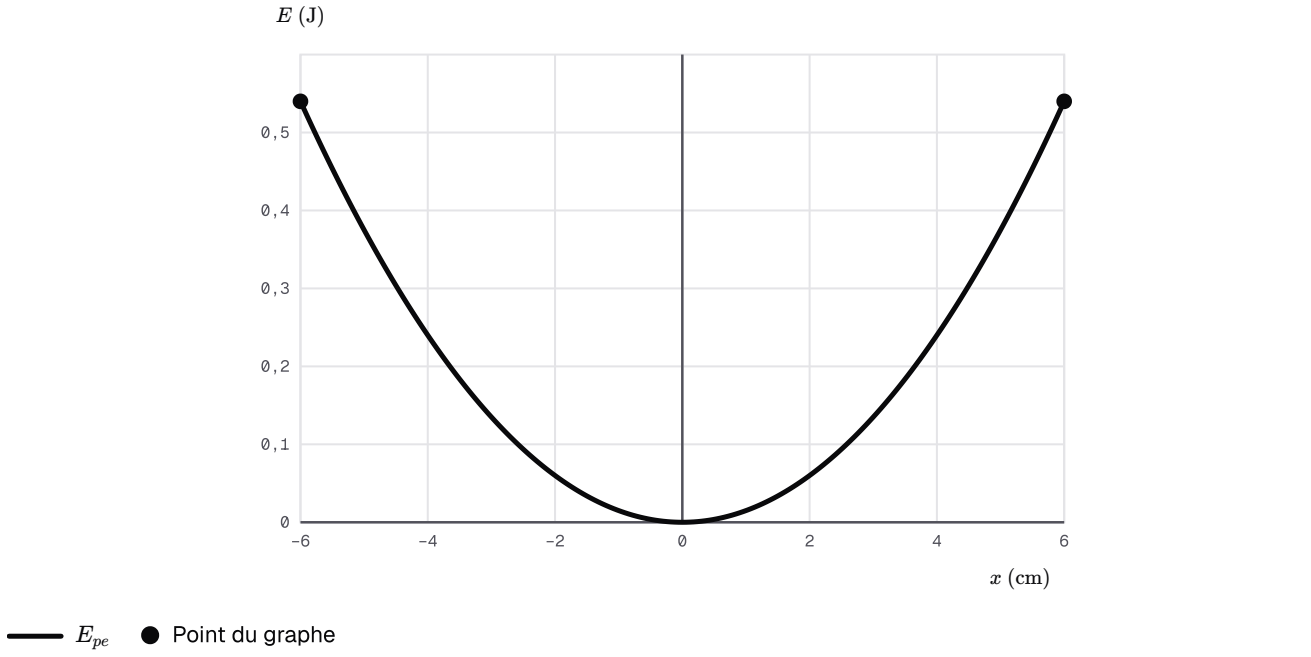
Exercice 2

Plateau vibrant : vitesse et amplitude après un lancer

Dans un atelier, un plateau vibrant trie de petites pièces. On le modélise par un solide de masse $m = 1{,}2\,\mathrm{kg}$ qui glisse sans frottement sur un guide horizontal. Il est lié à un ressort horizontal de raideur $K = 300\,\mathrm{N \cdot m^{-1}}$. On repère le solide par son abscisse x sur un axe horizontal. L'origine O correspond au ressort ni étiré ni comprimé ; le sens positif est celui de l'étirement.

Références : ressort non déformé pour E_{pe}, plan du guide pour E_{pp}. Le document donne l'énergie potentielle élastique du ressort en fonction de x ; le tableau décrit deux lancers.

Lancer	Position	Vitesse
1	$x = 0$	$0{,}80\,\mathrm{m \cdot s^{-1}}$
2	$x = 2{,}0\,\mathrm{cm}$	$0{,}50\,\mathrm{m \cdot s^{-1}}$



Énergie potentielle élastique du ressort du plateau vibrant

1.

Lancer 1. Justifie que l'énergie mécanique du plateau se conserve, puis calcule-la.

INDICE

Outil : le théorème de l'énergie cinétique, avec les forces qui travaillent pendant un déplacement horizontal sans frottement.

2.

Calcule l'amplitude des oscillations du lancer 1. Contrôle-la sur le document, en y traçant la droite de l'énergie mécanique.

INDICE

Outil : l'énergie mécanique écrite à une position extrême, où la vitesse est nulle.

3.

Calcule la vitesse du plateau quand il passe en $x = 3{,}0\,\text{cm}$ lors du lancer 1.

INDICE

Outil : l'énergie mécanique écrite à cette position.

4.

Lancer 2. Calcule l'énergie mécanique, puis la vitesse maximale et l'amplitude des oscillations.

INDICE

Outil : au lancer 2, les deux termes de l'énergie mécanique sont non nuls.

Exercice 3

Porte coulissante : domaine du mouvement et vitesse

Une porte coulissante de placard, de masse $m = 1{,}5\,\text{kg}$, est rappelée par un ressort horizontal ; ses roulettes, de masse négligeable, rendent les frottements négligeables. Son abscisse x a pour origine la position de la porte quand le ressort a sa longueur à vide. Le document trace, en fonction de x, l'énergie mécanique de la porte et l'énergie potentielle élastique du ressort, nulle à vide.

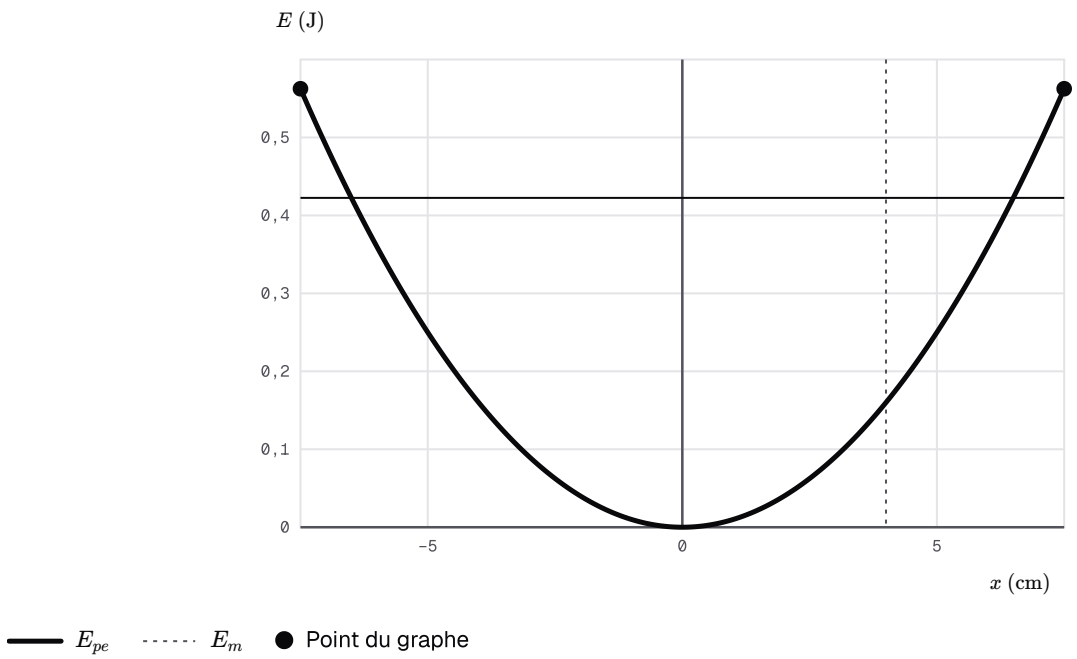


Diagramme d'énergie de la porte coulissante

1.

Pourquoi la droite de l'énergie mécanique est-elle horizontale ?

INDICE

Outil : la condition de conservation de l'énergie mécanique.

2.

Lis sur le diagramme le domaine du mouvement de la porte.

INDICE

Outil : l'énergie cinétique ne peut pas être négative.

3.

Déduis du diagramme la raideur K du ressort.

INDICE

Outil : l'expression de l'énergie potentielle élastique en un point lu sur la parabole.

4.

Calcule la vitesse de la porte en $x = 4{,}0\,\text{cm}$.

INDICE

Outil : l'écart vertical entre la droite et la parabole à cette position.

5.

Où la vitesse de la porte est-elle maximale ? Calcule sa valeur.

INDICE

Outil : la conservation de l'énergie mécanique, et l'état du ressort à la position d'équilibre.

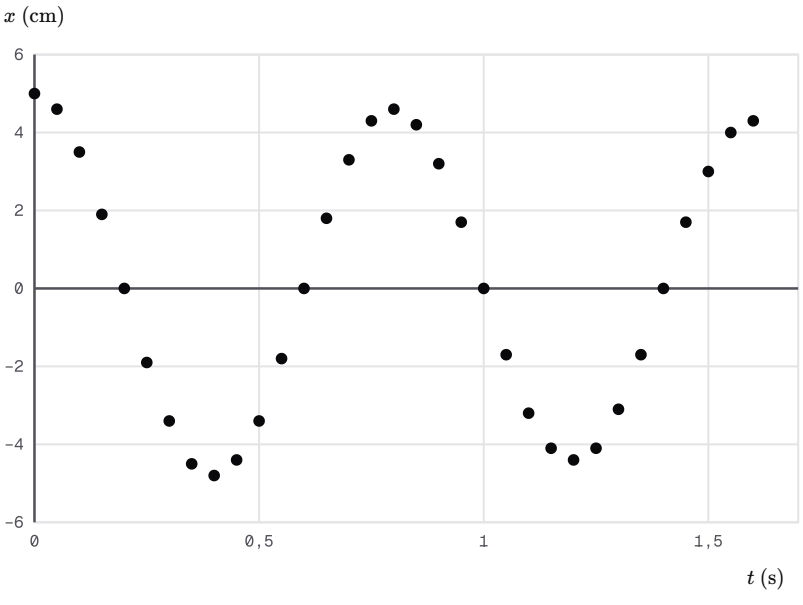
Exercice 4

Plaquette freinée par un aimant : énergie perdue

Une plaquette d'aluminium montée sur roulettes oscille sur un rail horizontal, liée à un ressort de raideur $K = 36\,\mathrm{N\cdot m^{-1}}$. Un aimant placé sous le rail exerce sur elle une force de freinage opposée à la vitesse, modélisée comme un frottement ; les autres frottements sont négligés. L'abscisse x est comptée depuis la position de la plaquette quand le ressort est à vide.

Un capteur relève x toutes les $0{,}05\,\mathrm{s}$ (document). Le logiciel donne aussi les abscisses des premières positions extrêmes, connues à $0{,}1\,\mathrm{cm}$ près.

t (s)	x (cm)
0,00	5,0
0,40	−4,8
0,80	4,6
1,20	−4,4



Abscisses de la plaquette relevées par le capteur

1.

Mesure sur le document la période des oscillations. Comment évolue leur amplitude ?

INDICE

Outil : deux maximums successifs de x sont séparés d'une période.

2.

Justifie qu'aux instants du tableau, l'énergie mécanique s'écrit $E_m = \dfrac{1}{2}\,K\,x^2$ (référence : ressort à vide). Calcule E_m à $t = 0$ et à $t = 0{,}80\,\text{s}$, puis l'énergie perdue pendant cette oscillation et le pourcentage qu'elle représente.

INDICE

Outil : la vitesse de la plaquette à une position extrême.

3.

Déduis-en le travail de la force de freinage entre ces deux instants. Sous quelle forme l'énergie perdue se retrouve-t-elle ?

INDICE

Outil : la non-conservation de l'énergie mécanique en présence de frottements.

4.

Chaque abscisse du tableau est connue à $0{,}1\,\text{cm}$ près. Encadre E_m à $t = 0$ et à $t = 0{,}80\,\text{s}$. La diminution mesurée peut-elle venir de la seule incertitude de lecture ?

INDICE

Outil : calcule E_m pour la plus petite et pour la plus grande abscisse compatibles avec chaque lecture.

Exercice 5

Pendule « de 400 jours » : balancier de torsion

Le balancier d'une pendule « de 400 jours » porte quatre boules ; il est suspendu à un fil de torsion vertical et tourne lentement d'un côté puis de l'autre. Le balancier a pour moment d'inertie, autour du fil, $J_\Delta = 2{,}0 \times 10^{-3}\,\mathrm{kg \cdot m^2}$. Sur quelques oscillations, les frottements sont négligés.

L'abscisse angulaire θ vaut zéro quand le fil n'est pas tordu. Le document est le diagramme d'énergie du balancier : énergie potentielle de torsion (référence : fil non tordu) et énergie mécanique.

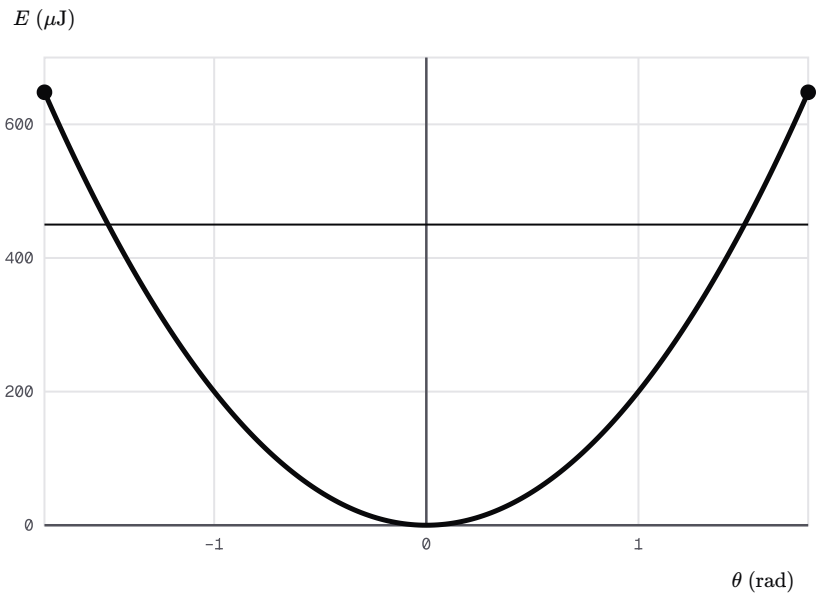


Diagramme d'énergie du balancier de torsion

1.

Lis l'amplitude angulaire θ_m et l'énergie mécanique. Exprime θ_m en degrés.

INDICE

Outil : les intersections de la droite de l'énergie mécanique et de la parabole.

2.

Déduis-en la constante de torsion C du fil.

INDICE

Outil : l'énergie mécanique d'un pendule de torsion à une position extrême.

3.

Calcule l'énergie cinétique du balancier quand $\theta = 0{,}75\,\mathrm{rad}$.

INDICE

Outil : l'énergie potentielle de torsion à cette position, retranchée de l'énergie mécanique.

4.

Calcule la vitesse angulaire maximale du balancier.

INDICE

Outil : l'énergie cinétique de rotation au passage par la position du fil non tordu.

5.

Calcule le travail du couple de torsion quand le balancier va de θ_m à 0. Est-il moteur ou résistant ?

INDICE

Outil : le travail du couple de torsion entre deux abscisses angulaires.

6.

On arrête le mécanisme qui entretient les oscillations. Plusieurs heures plus tard, l'amplitude n'est plus que $\theta'_m = 1{,}2\,\mathrm{rad}$. L'énergie mécanique s'est-elle conservée ? Calcule le travail du couple de frottement pendant cette durée, avec $C = 4{,}0 \times 10^{-4}\,\mathrm{N \cdot m \cdot rad^{-1}}$.

INDICE

Outil : la non-conservation de l'énergie mécanique d'un pendule de torsion soumis à des frottements.

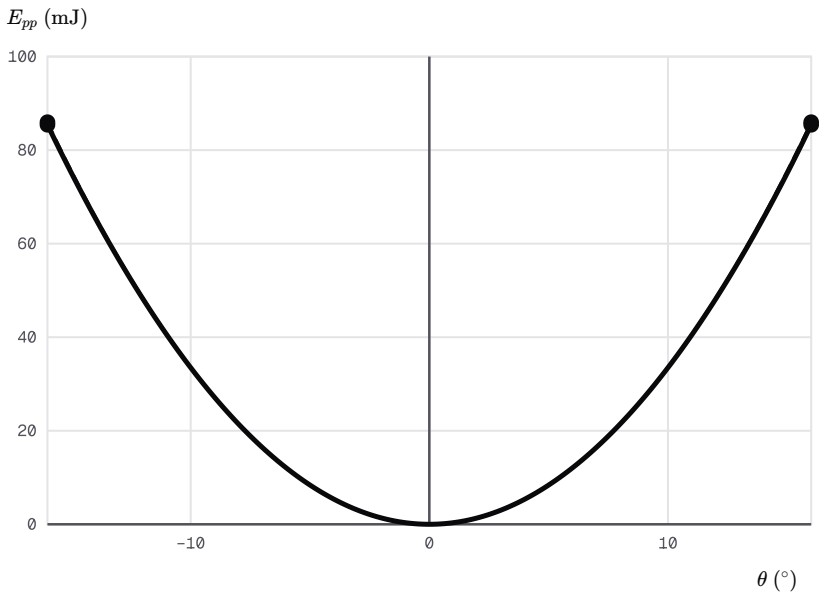
Exercice 6

Maquette de balançoire : énergie et petits angles

Une maquette de balançoire est modélisée par un pendule simple : une nacelle assimilée à un point, suspendue à deux fils de masse négligeable. On l'écarte de sa position d'équilibre puis on la lâche sans vitesse ; les frottements sont négligés. Pour ce pendule, $d = L$ et $J_\Delta = m\,L^2$.

Donnée	Valeur
masse de la nacelle	$m = 0{,}450\,\mathrm{kg}$
longueur des fils	$L = 0{,}500\,\mathrm{m}$
amplitude	$\theta_m = 14^\circ$
pesanteur	$g = 9{,}80\,\mathrm{m\cdot s^{-2}}$

Le document trace, en fonction de θ, l'énergie potentielle de pesanteur de la nacelle (référence : position d'équilibre) et son approximation des faibles oscillations.



Énergie potentielle de pesanteur de la nacelle, valeur exacte et approximation

1.

Écris l'énergie mécanique de la nacelle en fonction de θ et de $\dfrac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}t}$, avec sa référence. Pourquoi se conserve-t-elle ?

INDICE

Outil : l'énergie mécanique du pendule pesant, puis le travail de chaque force.

2.

Calcule l'énergie mécanique avec l'expression exacte, puis avec l'approximation des faibles oscillations. Compare les deux valeurs.

INDICE

Outil : l'énergie à la position extrême, où la vitesse est nulle ; l'angle en radians pour l'approximation.

3.

Calcule la vitesse de la nacelle au passage par la position d'équilibre.

INDICE

Outil : la conservation de l'énergie mécanique entre la position extrême et l'équilibre.

4.

Calcule la vitesse de la nacelle quand $\theta = 7{,}0°$.

INDICE

Outil : l'énergie mécanique écrite à cette position, avec l'expression exacte de l'énergie potentielle.

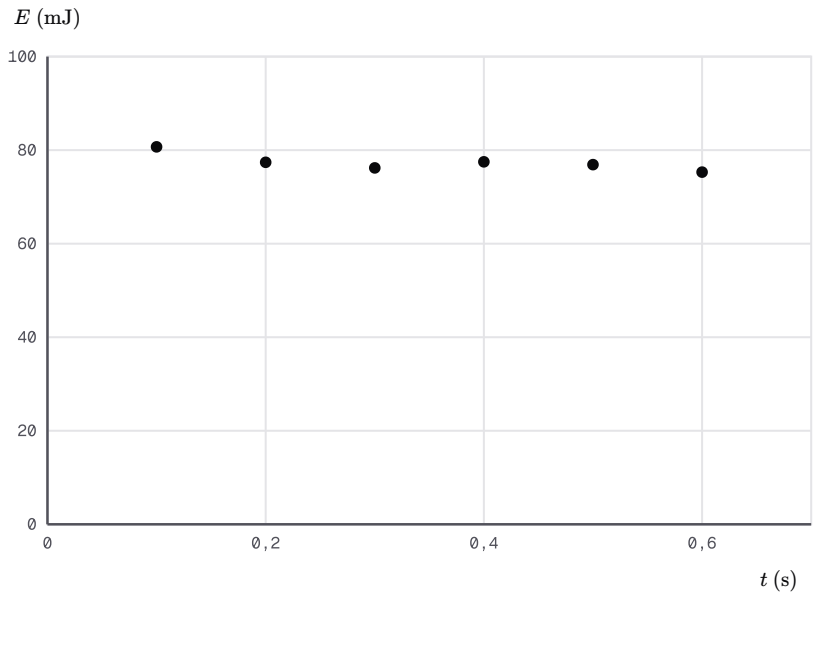
Exercice 7

TP : énergies d'un chariot filmé

En TP, un chariot de laboratoire de masse $m = 0{,}500\,\text{kg}$ roule sur un rail horizontal, lié à un ressort de raideur $K = 25{,}0\,\text{N}\cdot\text{m}^{-1}$ mesurée au préalable. Une caméra filme le mouvement ; un logiciel de pointage donne l'abscisse x du chariot, comptée à partir du ressort à vide, et sa vitesse v.

t (s)	x (cm)	v ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)
$0{,}10$	$6{,}1$	$-0{,}37$
$0{,}20$	$1{,}2$	$-0{,}55$
$0{,}30$	$-4{,}1$	$-0{,}47$
$0{,}40$	$-7{,}5$	$-0{,}17$
$0{,}50$	$-7{,}2$	$0{,}22$
$0{,}60$	$-3{,}5$	$0{,}49$

Le document porte, pour chaque ligne, la valeur de E_m calculée par le logiciel (E_{pe} nulle pour le ressort à vide).



Énergie mécanique du chariot calculée à partir des mesures

1.

Propose un protocole pour mesurer la raideur du ressort avant l'enregistrement : montage, mesures et exploitation.

INDICE

Outil : la condition d'équilibre d'un solide suspendu au ressort.

2.

Explique comment le logiciel peut obtenir la vitesse du chariot à partir des positions pointées sur la vidéo.

INDICE

Outil : la vitesse moyenne sur un petit intervalle de temps qui encadre l'instant étudié.

3.

Calcule E_{pe}, E_c et E_m à $t = 0{,}30\,\mathrm{s}$, puis compare E_m au point du document.

INDICE

Outil : les expressions des deux énergies du système solide-ressort, avec les références de l'énoncé.

4.

D'après le document, l'énergie mécanique se conserve-t-elle ? Chiffre son écart relatif et propose deux causes.

INDICE

Outil : si l'énergie se conserve, E_m garde une valeur constante ; compare sa plus grande et sa plus petite valeur.