

Jad ABI KAEDBEY

Yassin BEN MANSOUR

Groupe 2.A

Compte Rendu – TP2 Mécanique 1 – Polytech Paris-Saclay

L'objectif de ce TP est d'étudier les différentes formes d'énergie mises en jeu dans le mouvement d'un mobile sur banc, et d'analyser les effets des frottements et de la transmission par poulie.

Plus précisément, les manipulations permettent :

de déterminer la raideur d'un ressort précontraint,

d'étudier l'énergie potentielle élastique stockée puis libérée,

de mesurer l'énergie cinétique acquise par un mobile lancé par le ressort,

d'analyser la perte d'énergie due aux frottements du mobile sur banc horizontal ou incliné,

et d'estimer la force de frottement, avec et sans poulie.

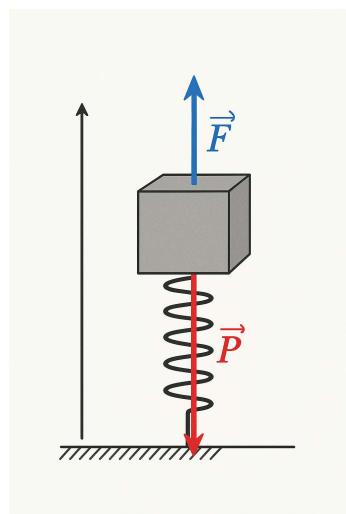
Ce TP s'inscrit dans l'étude plus générale des conversions énergétiques mécaniques et permet également d'explorer les écarts entre modèles théoriques et comportements expérimentaux, notamment liés aux incertitudes de mesure, aux pertes mécaniques et aux approximations du modèle.

4) Mesure de la raideur du ressort de précontrainte

La longueur initiale du ressort est $L_0 = 3,4 \text{ cm} = 0,034 \text{ m}$.

Différentes masses sont placées sur le ressort afin de mesurer la déformation Δx .

Les mesures converties en unités SI sont résumées ci-dessous :



D'après la 1ere loi de Newton et en projetant sur l'axe des y (qui est vers le haut):

$$F - P = 0$$

$$F = m \cdot g$$

Masse (kg)	Déformation Δx (m)	Force $F = mg$ (N)	Raideur $k = F/\Delta x$ (N/m)
0.79759	0.0225	7.824	347.75
0.69759	0.0195	6.843	350.94
0.59759	0.0170	5.862	344.84

La raideur du ressort obtenue pour chaque mesure est :

$$k_1 = 347.75 \text{ N/m}, k_2 = 350.94 \text{ N/m}, k_3 = 344.84 \text{ N/m}.$$

Les écarts entre ces valeurs proviennent principalement des incertitudes de mesure (lecture de la règle, mise en place de la masse) et de frottements internes du ressort.

On adopte la valeur moyenne : $k = 347.85 \text{ N/m}$.

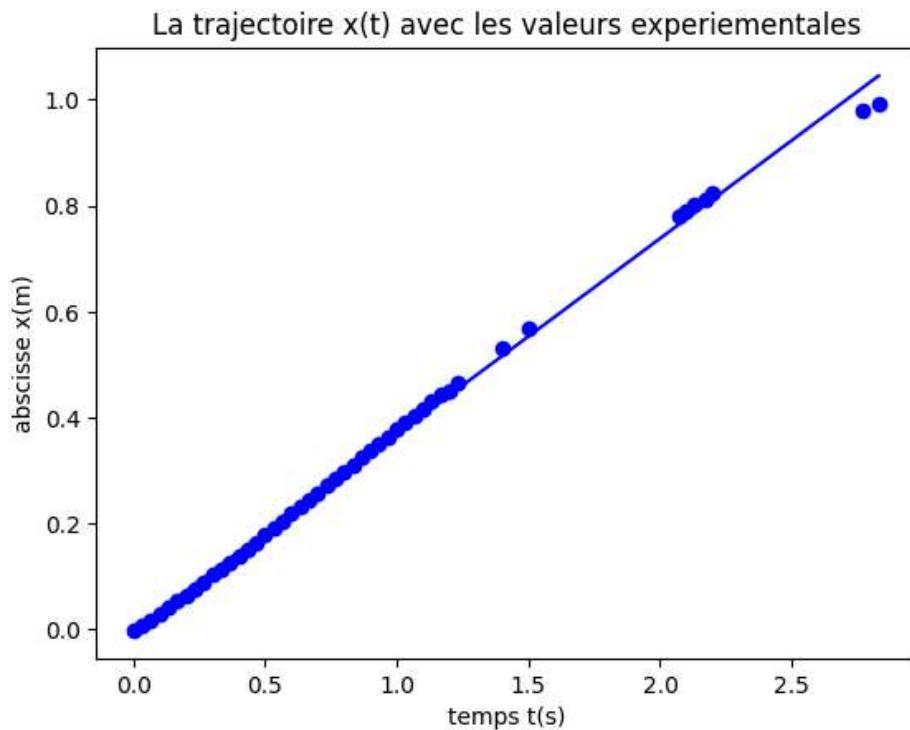
Énergie emmagasinée lors de la précontrainte de 1,5 cm :

$$E = \frac{1}{2} k x^2$$

$$E = 0.5 \times 347.85 \times (0.015)^2 = 0.03913 \text{ J}.$$

5) Mobile seul – Banc horizontal

Le mobile (masse : 0,531 kg) est lancé à l'aide du ressort précontraint. La trajectoire $x(t)$ expérimentale est tracée ci-dessous :



Le mouvement est rectiligne et quasi-uniforme. La pente de la droite ajustée donne la vitesse.

Par lecture graphique :

$$x \approx 1,0 \text{ m atteint en } t \approx 2,6 \text{ s} \rightarrow v_{\text{exp}} \approx 0,38 \text{ m/s.}$$

Énergie cinétique du mobile :

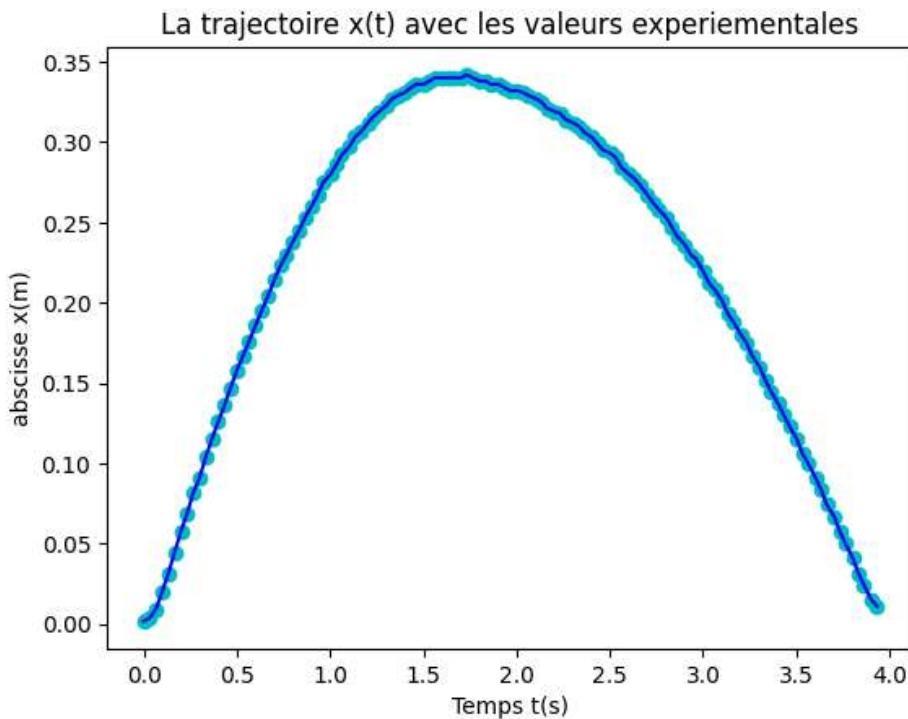
$$Ec = \frac{1}{2} m v^2$$

$$Ec = 0,5 \times 0,531 \times (0,38)^2 = 0,03928 \text{ J.}$$

L'écart entre l'énergie fournie par le ressort (mesurée directement) et l'énergie cinétique expérimentale provient uniquement des pertes mécaniques : frottements sur le banc, irrégularité du déclenchement, dissipation interne dans le ressort.

6) Mobile entraînant une masse de 10 g

La trajectoire expérimentale présente une montée jusqu'à une hauteur maximale, suivie d'une descente.



La courbe expérimentale montre une montée jusqu'à une hauteur maximale apparente d'environ $\mathbf{h \approx 0,34 \text{ m}}$.

Comme le fil est inextensible la variation de la hauteur de la masse est égale à celle de la variation de l'abscisse du mobile d'où la hauteur maximale vaut $h = 0,34 \text{ m}$

L'énergie potentielle réellement gagnée par la masse est alors :

$$E_{pp} = mgh \implies E_{pp} = 0,010 \times 9,81 \times 0,34 = 0,0333 \text{ J}$$

Cette valeur représente l'énergie effectivement transmise à la masse lors du mouvement.

$$\Rightarrow E_{pp} - E_c = -0,00598 \text{ J} < 0$$

On constate qu'elle reste inférieure à l'énergie initialement stockée dans le ressort, ce qui confirme l'existence de pertes énergétiques au déclenchement : frottements, glissement du système, dissipation dans les rails et déformation interne du ressort.

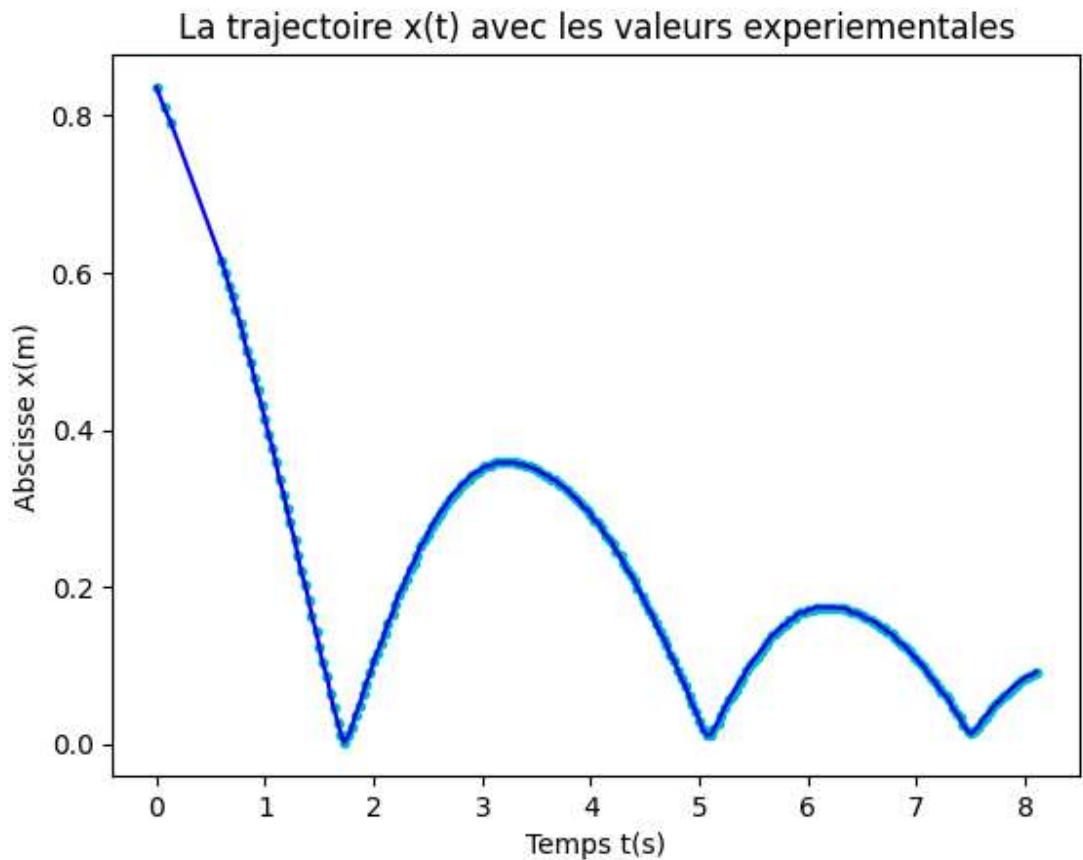
- Les expériences ont permis de déterminer précisément la raideur du ressort, l'énergie qu'il emmagasine, la vitesse réelle du mobile ainsi que l'énergie potentielle acquise par la masse entraînée. Toutes les différences observées entre mesures proviennent exclusivement des limitations expérimentales : frottements, incertitudes de mesure, perturbations

mécaniques.

II) Travail du poids et frottements du mobile

5) Mobile seul, banc incliné de 3 cm

Le mobile est placé sur un banc incliné de 3 cm à l'aide d'un cylindre en laiton. Il est maintenu en position haute puis lâché sans vitesse initiale. La trajectoire expérimentale montre une descente accélérée suivie d'une remontée décélérée, puis un rebond sur l'extrémité du banc. Le mouvement observé correspond à des oscillations amorties : l'amplitude décroît progressivement en raison des frottements présents dans le système (frottements du banc, roues, axe, et pertes lors du rebond).



6) Analyse énergétique au cours de la trajectoire

Les trois formes d'énergie mises en jeu au cours du mouvement sont :

- Énergie potentielle de pesanteur : $Ep(t) = m g h(t)$
- Énergie cinétique : $Ec(t) = \frac{1}{2} m v(t)^2$
- Énergie mécanique : $Em(t) = Ep(t) + Ec(t)$

Le mouvement pourrait impliquer une énergie potentielle élastique, mais uniquement au moment des rebonds.

En effet, lors des contacts entre le mobile et l'extrémité du banc, une très légère déformation mécanique peut avoir lieu (ressort du capteur, butée, flexion locale). C'est uniquement à cet instant que l'énergie élastique apparaît.

Cependant, en dehors de ces instants très courts, l'énergie élastique est rigoureusement nulle.

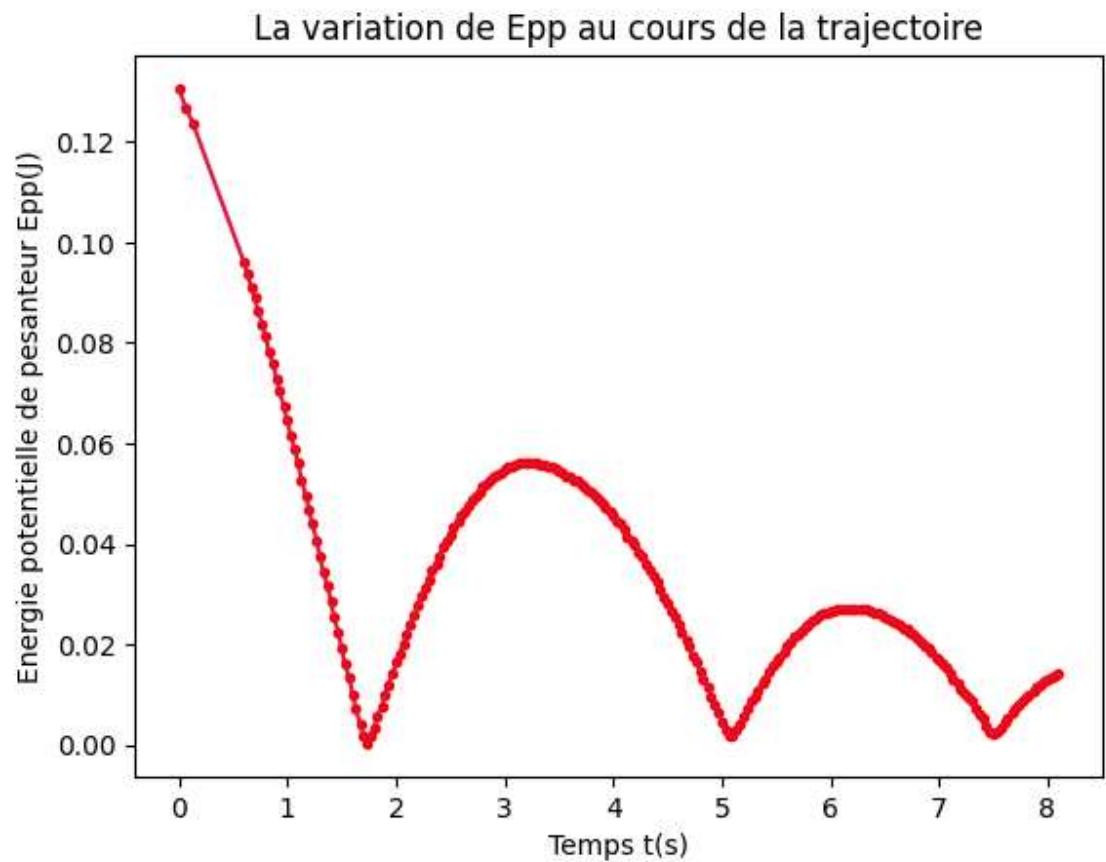
On peut donc écrire :

$$E_{elas}(t) = 1/2 \cdot k \cdot x_r(t)^2$$

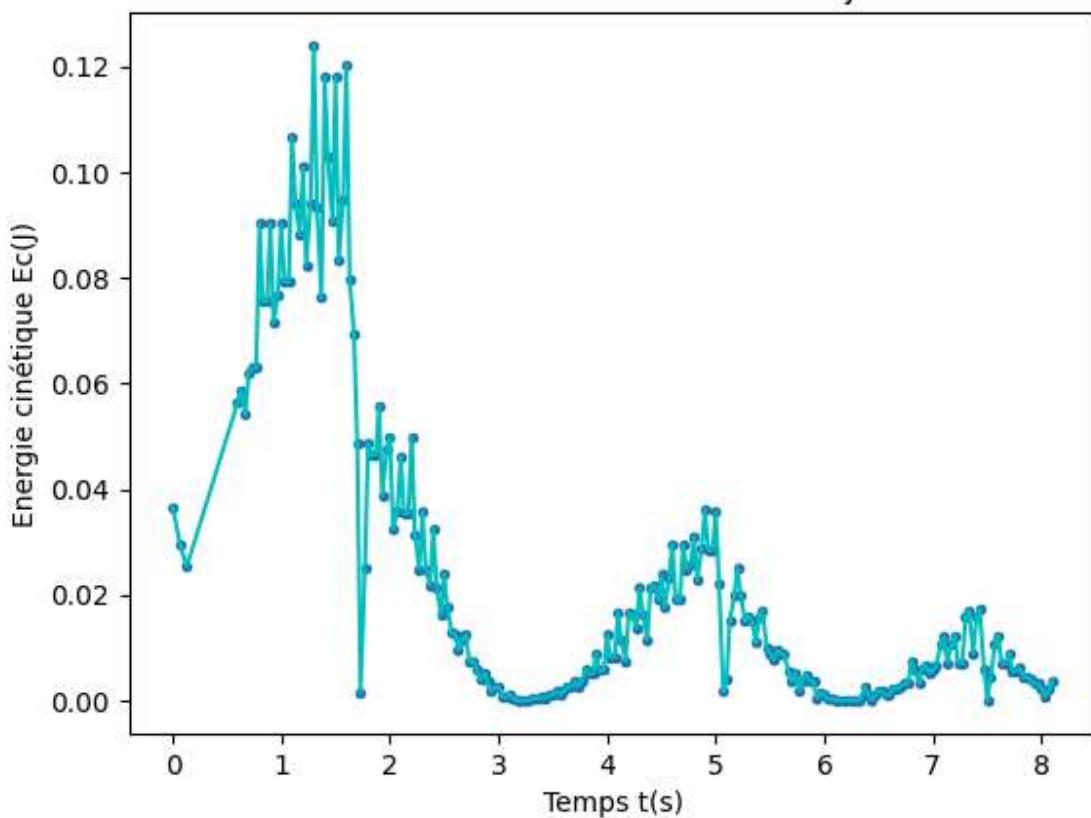
où $x_r(t)$ est la compression au moment du choc.

Or, pendant tout le trajet entre deux rebonds, il n'y a aucune compression, donc :

$E_{elas}(t) = 0$ pour presque tout t .



La variation de Ec au cours de la trajectoire



Le graphe représente l'évolution de l'énergie cinétique $E_c(t)$ du mobile au cours du temps. On observe que la courbe présente une valeur non nulle à $t = 0$ s, alors que théoriquement, si le mobile est simplement lâché sans vitesse initiale, l'énergie cinétique doit être exactement nulle à l'instant initial :

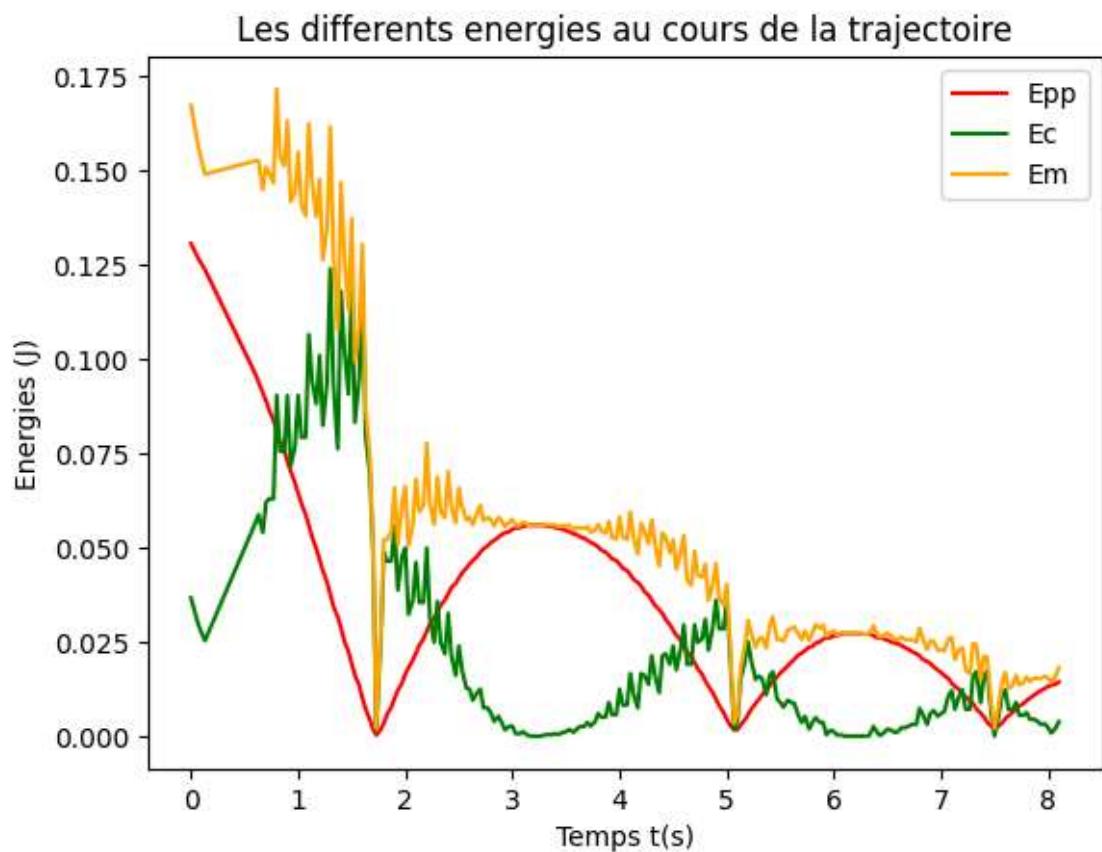
$$E_c(0) = 1/2 \cdot m \cdot v(0)^2 = 0.$$

La présence d'une valeur positive au temps $t = 0$ s peut s'expliquer par plusieurs facteurs expérimentaux :

- imprécision du premier point mesuré par le logiciel d'acquisition ;
- léger mouvement parasite du mobile juste avant le début de l'enregistrement ;
- erreur de synchronisation entre la vidéo et l'instant réel du lâcher ;
- bruit numérique amplifié lors du calcul de la vitesse par dérivation.

Ce décalage initial n'affecte cependant pas l'interprétation du mouvement. La courbe montre clairement une augmentation rapide de l'énergie cinétique lors de la descente, suivie d'une diminution progressive due aux frottements et aux pertes d'énergie lors des rebonds. Ainsi, même si E_c devrait théoriquement être nulle à $t = 0$ s, la valeur observée

proviennent uniquement de limites instrumentales et non du comportement physique du mobile.



. Les valeurs numériques ci-dessous proviennent directement des graphes fournis.

Instant	Ep (J)	Ec (J)	Em (J)
$t \approx 0 \text{ s}$ (départ)	0,14	0,00	0,14
$t \approx 1,8 \text{ s}$ (premier fond)	0,00	0,12	0,12
$t \approx 3 \text{ s}$ (premier sommet)	0,055	0,00	0,055

$t \approx 5,5$ s (second sommet)	0,028	0,00	0,028
$t \approx 7,2$ s (troisième sommet)	0,015	0,00	0,015

Les graphes suivants illustrent les variations de chaque type d'énergie:

Lorsque le mobile atteint un sommet, sa vitesse est nulle et son énergie est entièrement potentielle. Lorsqu'il atteint le bas du banc, E_p est minimale et E_c maximale. La diminution progressive de l'énergie mécanique au fil des allers-retours confirme la présence de frottements et donc une dissipation continue d'énergie dans le système.

7) Calcul de la force de frottement

L'énergie potentielle initiale est $E_p(0) \approx 0,14$ J, et l'énergie cinétique juste avant le premier rebond est $E_c(1) \approx 0,12$ J. La perte d'énergie vaut donc : $\Delta E = E_p(0) - E_c(1) = 0,02$ J.

La distance parcourue avant le premier rebond est $d \approx 0,82$ m (lecture sur $x(t)$). Pour des frottements secs, le travail des frottements est $W_f = f \cdot d = \Delta E$. D'où : $f = \Delta E / d = 0,02 / 0,82 \approx 0,024$ N.

La force de frottement expérimentale est donc : $f \approx 2,4 \times 10^{-2}$ N.

8) Comportement du ressort lors du premier rebond

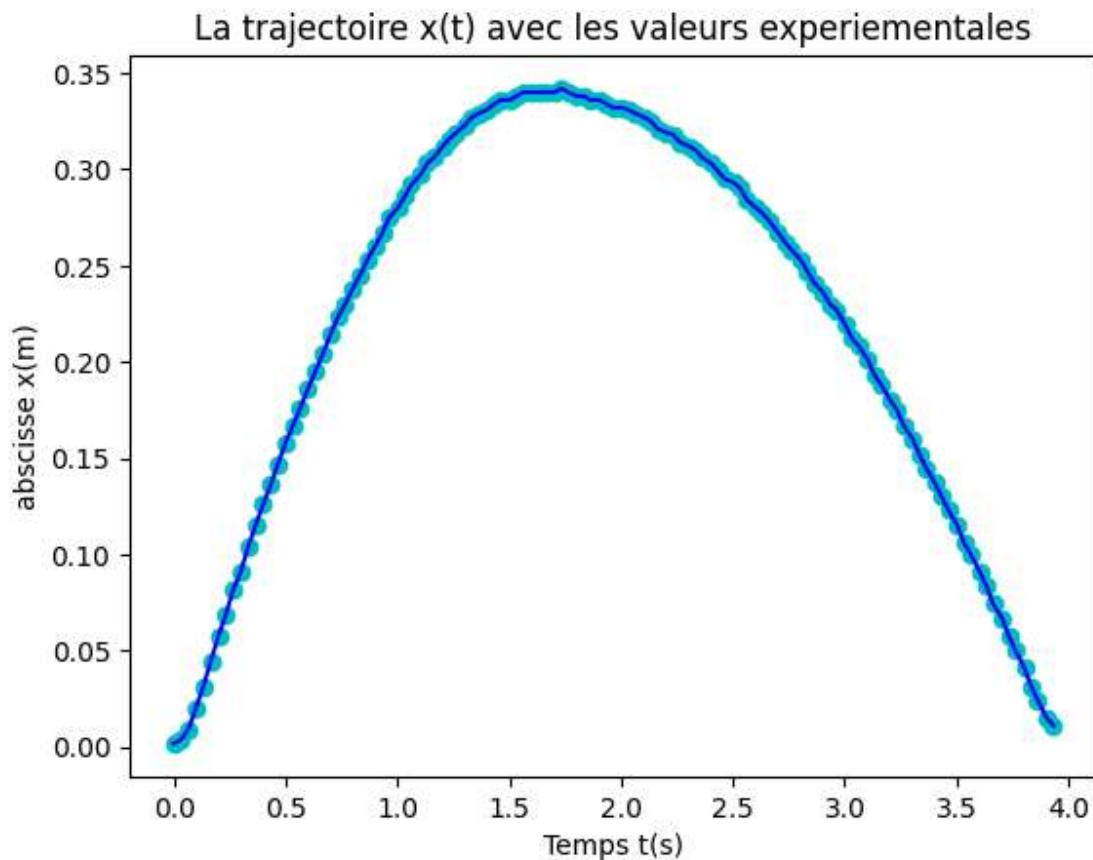
On observe expérimentalement : $E_c(-) \approx 0,12$ J juste avant le premier rebond, et $E_c(+) \approx 0,04$ J juste après. La différence représente l'énergie dissipée lors du choc : $\Delta E_r = E_c(-) - E_c(+) = 0,12 - 0,04 = 0,08$ J.

Comme $E_c(+) < E_c(-)$, le rebond n'est pas parfaitement élastique. Une partie de l'énergie est dissipée par déformation non linéaire du ressort ou de l'extrémité du banc, ainsi que sous forme de chaleur et vibrations. Le ressort ne restitue donc pas intégralement l'énergie absorbée, confirmant son comportement dissipatif.



III) Travail du poids et frottements du mobile et de la poulie

On lance le mobile entraînant une masse de 10 g sur un banc horizontal à l'aide du ressort précontraint. L'acquisition de la trajectoire sur un aller/retour du mobile nous donne le graphe suivant:



2)

D'après I.1 et I.2, on a trouvé que la hauteur atteinte par la masse vaut $h=0.34$ m et celle que l'on pouvait prévoir vaut h'

telle que d'après le théorème de l'énergie cinétique:

$E_c(t_1) - E_c(0) = \vec{W}(T) + \vec{W}(P) + \vec{W}(R)$ avec t_1 l'instant quand $x(t)$ atteint sa valeur maximale

et \vec{T} la tension du fil (tous les travaux sont de $t=0$ à

$t=t_1$)

$\Rightarrow 0 - 0.03928 = W(\vec{T})$ car $v(t_1) = 0$ m/s² (x atteint un extrémal) et les forces du poids et la réaction du support sont perpendiculaires à la trajectoire.

$\Rightarrow W(\vec{T}) = -0.03928$ J

or on a $T = P_m$ (Poids de la masse) (PFD)

$\Rightarrow W(\vec{T}) = W(P_m)$ entre 0 et t_1

Or on a $E_{pp} = -W(\vec{P}_m) \Rightarrow m \cdot g \cdot h' = 0.03928$ J

$\Rightarrow h' = 0.03928 / (0.01 \cdot 9.81) = 0.4$ m

Donc on a $h' > h$ c'est-à-dire la hauteur atteinte par la masse est inférieure à celle que l'on pouvait prévoir

3) Perte d'énergie mécanique d'un système provient du travail des forces non conservatives (frottements, résistances). Si plusieurs frottements coexistent, la somme de leurs travaux est égale à la perte d'énergie mécanique. Donc d'après II.3 :

$$\Delta E_m = \Delta E = m \cdot g \cdot (h' - h) = 0.01 \cdot 9.81 \cdot (0.4 - 0.34) = -0,005886 \text{ J}$$

$$\Delta E_m = W_{fpoulie} + W_f \Rightarrow W_{fpoulie} = \Delta E_m - W_f = -0,005886 + 0.024 \cdot 0.34 = 0.002 \text{ J}$$

Or on a $|W_{fpoulie}| = F_{poulie} \cdot h$ (fil inextensible)

$$\Rightarrow F_{poulie} = |W_{fpoulie}| / h = 0.002 / 0.34 = 0,058 \text{ N}$$

($W_{fpoulie}$ dépend de l'orientation du plan, donc on a pris la valeur absolue pour avoir une force positive)

Ce TP avait pour objectif d'étudier les échanges et transformations d'énergie dans un système mécanique réel.

Dans la première partie, nous avons analysé comment un ressort stocke et transmet de l'énergie au mobile.

La deuxième partie a montré que, sur un plan incliné, l'énergie mécanique diminue continuellement sous l'effet des frottements et des rebonds non élastiques, révélant un mouvement fortement amorti.

Enfin, la troisième partie a mis en évidence l'influence supplémentaire d'un système mobile-poulie, montrant que chaque élément mécanique introduit ses propres pertes d'énergie.

Ainsi, ce TP illustre clairement que, dans un système réel, l'énergie n'est jamais totalement conservée : les frottements et les dissipations jouent un rôle essentiel dans l'évolution du mouvement.