RAPPORT DE TP

MECANIQUE DU POINT

TP

PENDULE SIMPLE

ANNEE SCOLAIRE : 2024-2025

MEMBRES DU GROUPE N°16

1- DJOSSOU Kokou Armand *Light*[1] (LF-IA&BD)

2- TCHANI Moufida (LF-GC)

3- TCHA-TCHEDRE Annas (LF-GM)

4- TELOU Isaac (LF-GM)

5- KOSSI Minonboukpo Adolphe (LF-IS)

6- MOUKOU Nikabou Fousseni (LF-LT)

7- PITASSA Eyawèréou Espoir (LF-GC)

CHARGE : Dr. AYELEH Edo

CODE UE : PHY1120

Intitulé UE : Mécanique Du Point Matériel

(1): Téléphone 70703111

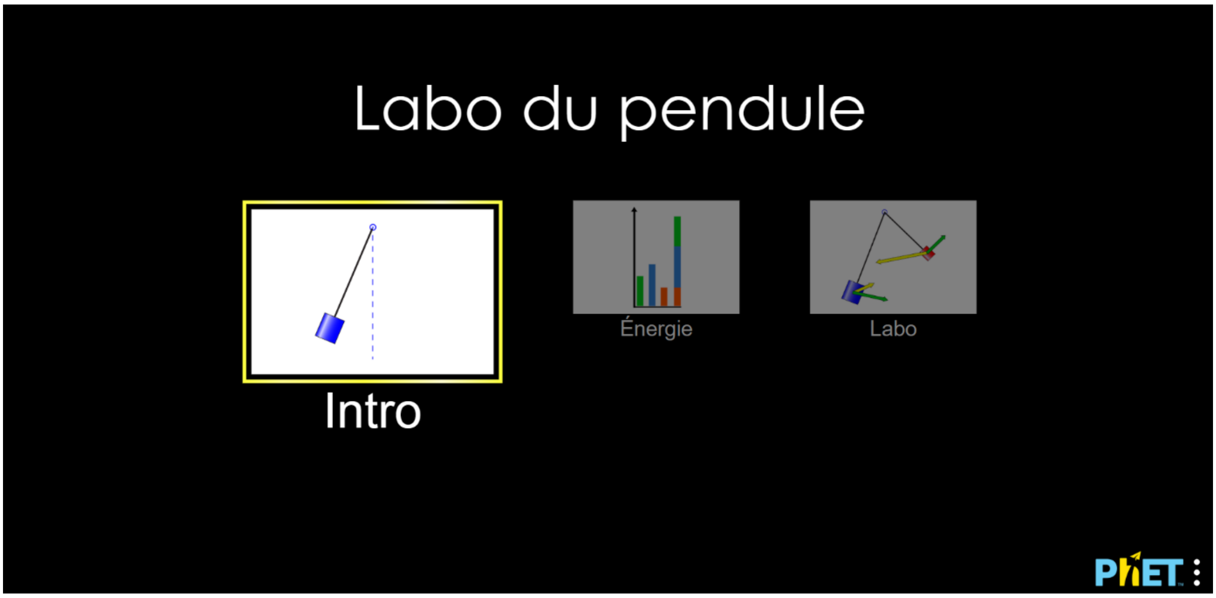
SOMMAIRE

A-Introduction

Un pendule simple est un système mécanique composé d'une masse suspendue à un fil inextensible de masse négligeable capable d'osciller librement sous l'effet de la gravité. Leur étude fournit des aperçus essentiels sur les propriétés et les comportements des systèmes oscillatoires.

Ainsi dans ce TP il sera question d'étudier un système composé d'un pendule simple sans l'action des forces de frottements et par la suite sous l'effet des forces de frottements tout en tenant compte de l'influence de la longueur (L) du fil, de la masse et de l'angle d'inclinaison initial.

Pour réaliser ce TP, les simulations ont été faites sur le site : 'Phet-collorado'



B-Etude théorique

PENDULE SIMPLE

1- Représentation Schématique du système étudié

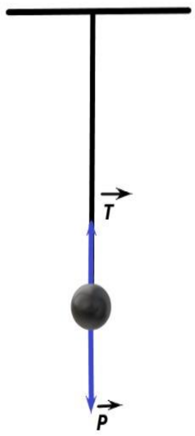


fig1

Schéma du système au repos

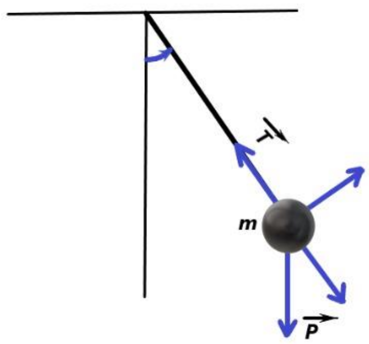


fig2

Schéma du système en mouvement

2- Représentation des Forces appliquées à la masse (confère fig2)

3- Nature du mouvement

Il s'agit d'un mouvement oscillant.

4- Grandeur caractéristique intéressant à déterminer

La grandeur caractéristique intéressant à déterminer ici est la période.

5- Expression de la période

D'après le principe fondamental la dynamique on a :

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{T}$$

En coordonnées polaires, l'accélération s'écrit :

$$\vec{a} = -l\dot{\Theta}^2\overrightarrow{u_r} + \overrightarrow{\ddot{\Theta}u_\Theta}$$

La projection du PFD sur $\overrightarrow{u_\Theta}$ donne :

$ml\ddot{\Theta} = -mg\sin\Theta$ d'où l'équation du mouvement est $\ddot{\Theta} - \frac{g}{l}\sin\Theta = 0$

Pour Θ très petit on a : $\sin\Theta \approx \Theta$ alors on a : $\ddot{\Theta} - \frac{g}{l}\Theta = 0$

En posant $w_0^2 = \frac{g}{l}$ et on sait que $T = \frac{2\pi}{w_0}$ alors on a : $T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{g}{l}}}$

$$= 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

On déduit l'expression de la période : $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$

6- Paramètres pouvant influencer cette grandeur :

- Longueur du fil
- Masse du solide
- Angle initial
- Les forces de frottements
- La gravité

7- Dimension et unité de mésure de cette grandeur :

$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ avec : $l\ (m),\ g({}^{N}/_{Kg}\ ou\ {}^{m}/_{s^2})$ alors on a : $\sqrt{\frac{m}{{}^{m}/_{s^2}}} = \sqrt{s^2}$

Alors l'unité de T est la seconde (s)

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \rightarrow [T] = \sqrt{\frac{[l]}{[g]}}\ or\ [g] = {}^{L}/_{T^2}\ avec\ [l] = L$$

$$\rightarrow [T] = \sqrt{\frac{L}{{}^{L}/_{T^2}}}$$

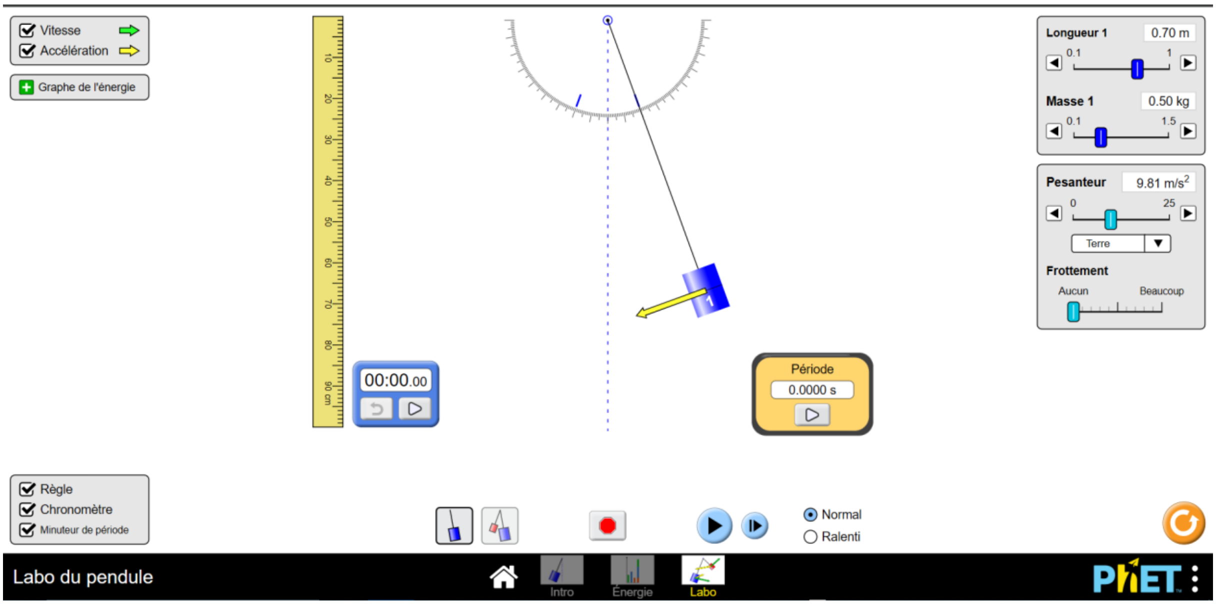
$$\rightarrow [T] = \sqrt{T^2}$$

$$\rightarrow [\boldsymbol{T}] = \boldsymbol{T}$$

PENDULE SIMPLE

La dimension de T : [T] est T qui est le temps

C- ETUDE EXPERIMENTALE SANS FROTTEMENTS



1- Influence de la longueur du fil sur la période

L(m)	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00
t(s)	9.46	13.02	16.12	18.28	20.44
T(s)	0.9040	1.278	1.5658	1.808	2.0215
T^2 (s^2)	0.817	1.634	2.452	3.268	4.086

1.1. Calcul de l'erreur sur la longueur L :

$$L_{moy} = \frac{1}{5}\sum_{i=1}^{5} Li$$

$$= \frac{1}{5}(0.2 + 0.4 + 0.6 + 0.8 + 1)$$

$$Lmoy = 0.6$$

$$\Delta l = \frac{\sum_{i=1}^{5} |Li - Lmoy|}{5}$$

$$\boldsymbol{\Delta l = 0.24m}$$

1.2. Calcul de l'erreur sur la période T :

$$Tmoy = \frac{1}{5}\sum_{i=1}^{5} Ti$$

$$Tmoy = \frac{1}{5}(0.9 + 1.27 + 1.56 + 1.808 + 2.021)$$

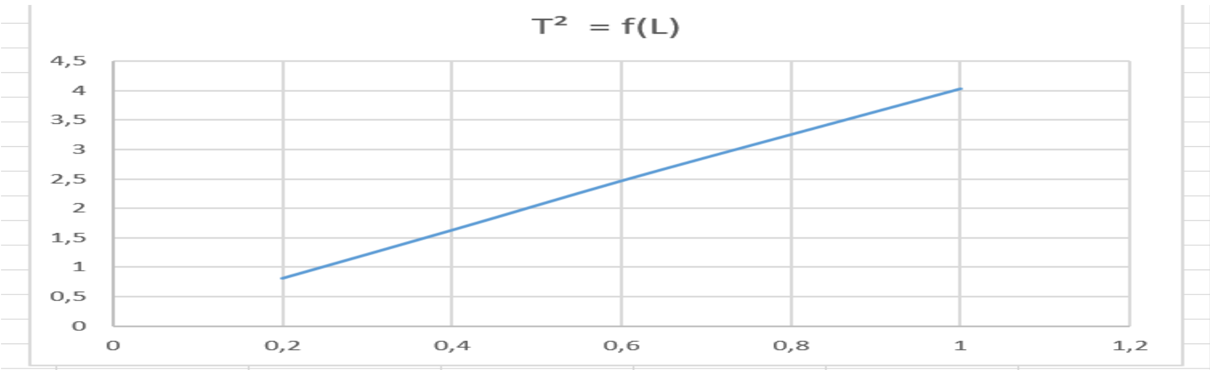
$$\boldsymbol{Tmoy = 1.5134}$$

$$\Delta T\ = \frac{1}{5}\sum_{i=1}^{5} |Ti - Tmoy|$$

$$\boldsymbol{\Delta T = 0.338s}$$

1.3. Traçons T² = f(L)

L(m)	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00
T^2 (s^2)	0.817	1.634	2.452	3.268	4.086



1.4. Déduisons la valeur de l'accélération de pesanteur

2

D'après la courbe T²=f(L) on obtient l'équation : $T^2 = \alpha L$ avec $\alpha = \frac{\Delta T}{\Delta L}$

$$= \frac{4.036 - 0.815}{1 - 0.2}$$

$$\boldsymbol{\alpha = 4.026}$$

On sait que $T^2 = 4\pi^2 \frac{L}{g}$

Donc $4\pi^2.\frac{1}{g} = \alpha$

Alors on a $g = \frac{4\pi^2}{\alpha}$

AN : $g = \frac{4(3.14)^2}{4.026}$

$$g = 9.806\ ^{m}/_{s^2}$$

Incertitude de g :

$$\Delta g = \frac{1}{5}\left(|\overline{g_1} - g_{moy}| + |\overline{g_2} - g_{moy}| + |\overline{g_3} - g_{moy}| + |\overline{g_4} - g_{moy}| + |\overline{g_5} - g_{moy}| + |\overline{g_6} - g_{moy}| + |\overline{g_7} - g_{moy}| \right)$$

$$\Delta g = 0.043\ m/s^2$$

1.5. Le résultat est sous la forme :

$$g = 9.806 \pm 0.043\ ^{m}/_{s^2}$$

1.6. Déterminons la longueur permettant de battre la seconde :

$$\frac{T}{2} = 1s \ \rightarrow 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} = 2s$$

$$\rightarrow \ l = \frac{g}{\pi^2}$$

$$l = 0.992 \ \pm 0.00435\ m/s^2$$

2. Influence de la masse du pendule

M(g)	140	180	220	260	300	340	380	420	440	480	520
t(s)	12.13	12.77	12.74	12.82	12.77	12.78	12.78	12.76	12.74	12.77	12.80
T(s)	1.278	1.278	1.278	1.279	1.278	1.278	1.278	1.278	1.278	1.278	1.278

L'effet de la masse sur la période est négligeable.

3. Influence de l'angle initial

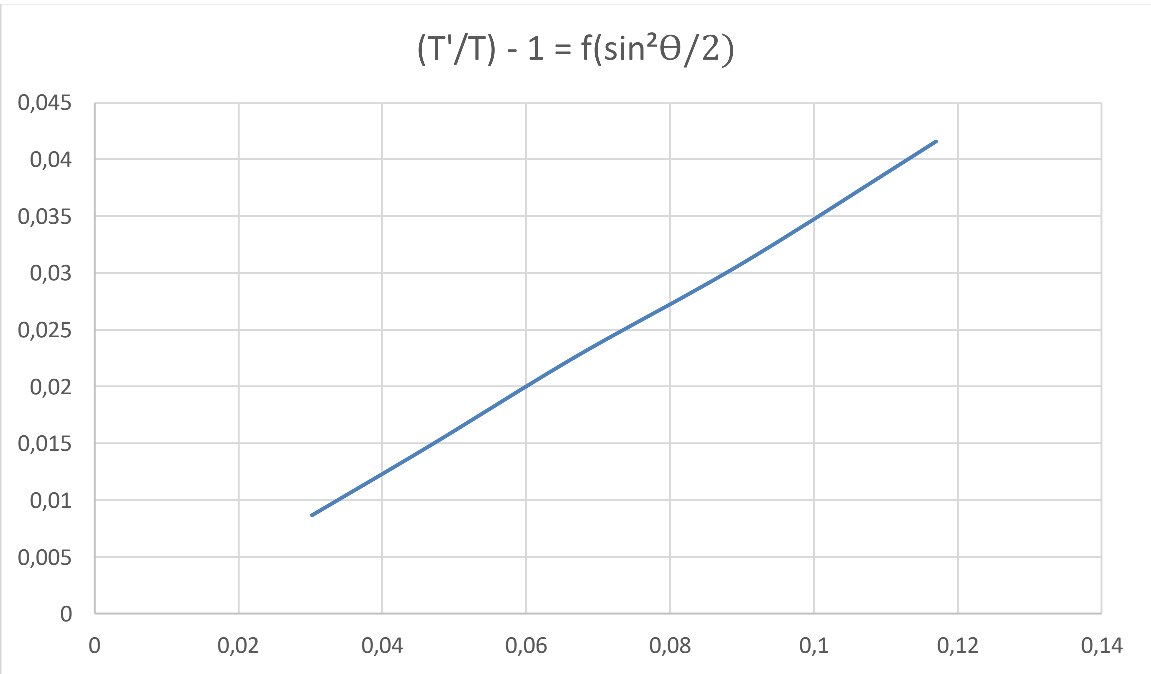
$$T(\theta) = T \times \left(1 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 \sin^2\frac{\theta}{2}\right)$$

$\theta(°)$	20	25	30	35	40

$\sin\frac{\theta}{2}$	0.173	0.216	0.258	0.3	0.34
Période calculée T'(s)	1.287	1.292	1.299	1.306	1.31
Temps mesuré t(s)	12.73	12.83	12.91	12.98	13.05
Période mesurée T'(s)	1.278	1.283	1.291	1.298	1.305

3.1. Représentation graphiquement les variations de $\frac{T'}{T} - 1$ en fonction de $\sin^2\frac{\theta}{2}$

$\sin^2\frac{\theta}{2}$	0.0302	0.0468	0.067	0.0904	0.0117
$\frac{T'}{T} - 1$	0.0087	0.0149	0.0227	0.031	0.031



3.2. On en déduit que l'angle initial a une influence sur la période

4. Conclusion

4.1. La période des oscillations dépend de la longueur du fil et de l'angle initial

4.2. Si on mesure la période des oscillations sur la lune, la période augmente due à l'accélération gravitationnelle qui est plus faible.

Sur jupiter l'accélération gravitationnelle est plus forte que sur la terre alors la période diminue.

D- ETUDE EXPERIMENTALE AVEC FROTTEMENTS

1- Influence de la longueur du fil sur la période

L(m)	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00
t(s)	9.07	12.77	19.63	18	20.18
T(s)	0.907	1.277	1.563	1.8	2.018
T^2 (s^2)	0.823	1.631	2.443	3.24	4.072

1.1. Calcul de l'erreur sur la longueur L :

$$L_{moy} = \frac{1}{5}\sum_{i=1}^{5} Li$$

$$= \frac{1}{5}(0.2 + 0.4 + 0.6 + 0.8 + 1)$$

$$Lmoy = 0.6$$

$$\Delta l = \frac{\sum_{i=1}^{5} |Li - Lmoy|}{5}$$

$$\boldsymbol{\Delta l = 0.24m}$$

1.2. Calcul de l'erreur sur la période T :

$$Tmoy = \frac{1}{5}\sum_{i=1}^{5} Ti$$

$$Tmoy = \frac{1}{5}(0.9 + 1.27 + 1.56 + 1.808 + 2.021)$$

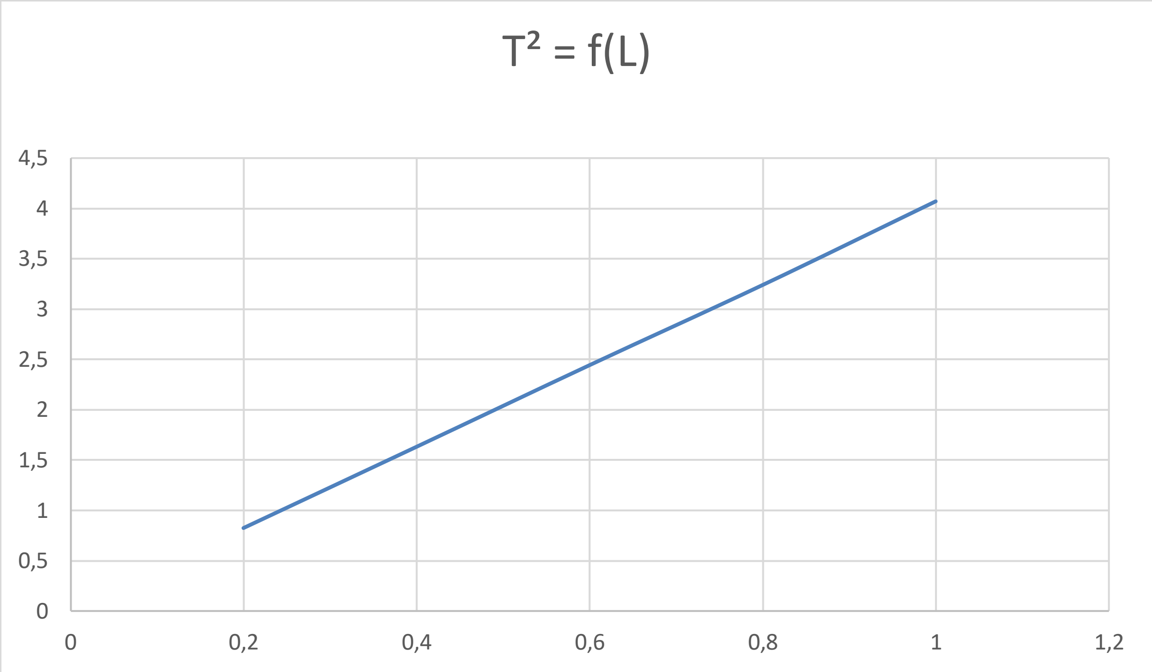
$$Tmoy = 1.5134$$

$$\Delta T = \frac{1}{5}\sum_{i=1}^{5} |Ti - Tmoy|$$

$$\boldsymbol{\Delta T = 0.338s}$$

1.3. Traçons $T^2 = f(L)$

L(m)	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00
T^2 (s^2)	0.823	1.631	2.443	3.24	4.072



1.4. Déduisons la valeur de l'accélération de pesanteur

2D'après la courbe T²=f(L) on obtient l'équation : $T^2 = \alpha L$ avec $\alpha = \frac{\Delta T}{\Delta L}$

$$= \frac{4.036 - 0.815}{1 - 0.2}$$

$$\boldsymbol{\alpha = 4.026}$$

On sait que $T^2 = 4\pi^2 \frac{L}{g}$

Donc $4\pi^2 . \frac{1}{g} = \alpha$

Alors on a $\boldsymbol{g = \frac{4\pi^2}{\alpha}}$

AN : $\boldsymbol{g = \frac{4(3.14)^2}{4.026}}$

$$\boldsymbol{g = 9.806\ {}^{m}/_{s^2}}$$

Incertitude de g :

$$\boldsymbol{\Delta g = \frac{1}{5}(\,|\overline{g_1} - g_{moy}| + |\overline{g_2} - g_{moy}| + |\overline{g_3} - g_{moy}| + |\overline{g_4} - g_{moy}| + |\overline{g_5} - g_{moy}| + |\overline{g_6} - g_{moy}| + |\overline{g_7} - g_{moy}|\,)}$$

$$\boldsymbol{\Delta g = 0.043\ m/s^2}$$

1.5. Le résultat est sous la forme :

$$g = 9.806 \pm 0.043\ {}^{m}/_{s^2}$$

1.6. Déterminons la longueur permettant de battre la seconde :

$$\frac{T}{2} = 1s \rightarrow 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} = 2s$$

$$\rightarrow \boldsymbol{l} = \frac{\boldsymbol{g}}{\boldsymbol{\pi}^2}$$

$$\boldsymbol{l} = \mathbf{0.992} \pm \mathbf{0.00435}\ \boldsymbol{m/s}^2$$

2. Influence de la masse du pendule

M(g)	140	180	220	260	300	340	380	420	440	480	520
t(s)	12.79	12.81	12.74	12.96	12.76	12.88	12.72	12.77	12.77	12.94	12.76
T(s)	1.278	1.278	1.277	1.279	1.278	1.278	1.278	1.278	1.278	1.278	1.278

L'effet de la masse sur la période est négligeable.

3. Influence de l'angle initial

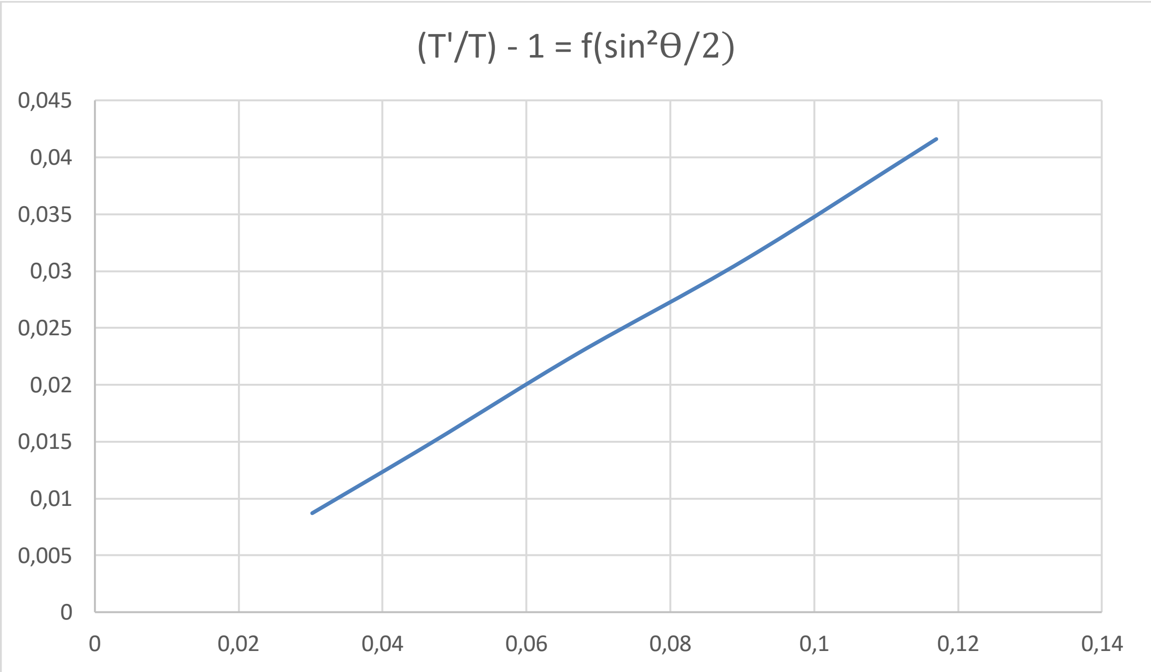
$$T(\theta) = T \times \left(1 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 \sin^2\frac{\theta}{2}\right)$$

$\theta(°)$	20	25	30	35	40
$\sin\frac{\theta}{2}$	0.173	0.216	0.258	0.3	0.34
Période calculée T'(s)	1.287	1.292	1.299	1.306	1.31
Temps mesuré t(s)	12.73	12.83	12.91	12.98	13.05
Période mesurée T'(s)	1.278	1.283	1.291	1.298	1.305

3.1. Représentation graphiquement les variations de $\frac{T'}{T} - 1$ en fonction de $\sin^2\frac{\theta}{2}$

$\sin^2\frac{\theta}{2}$	0.0302	0.0468	0.067	0.0904	0.0117

$\frac{T'}{T} - 1$	0.0087	0.0149	0.0227	0.031	0.031



3.2. On en déduit que l'angle initial a une influence sur la période

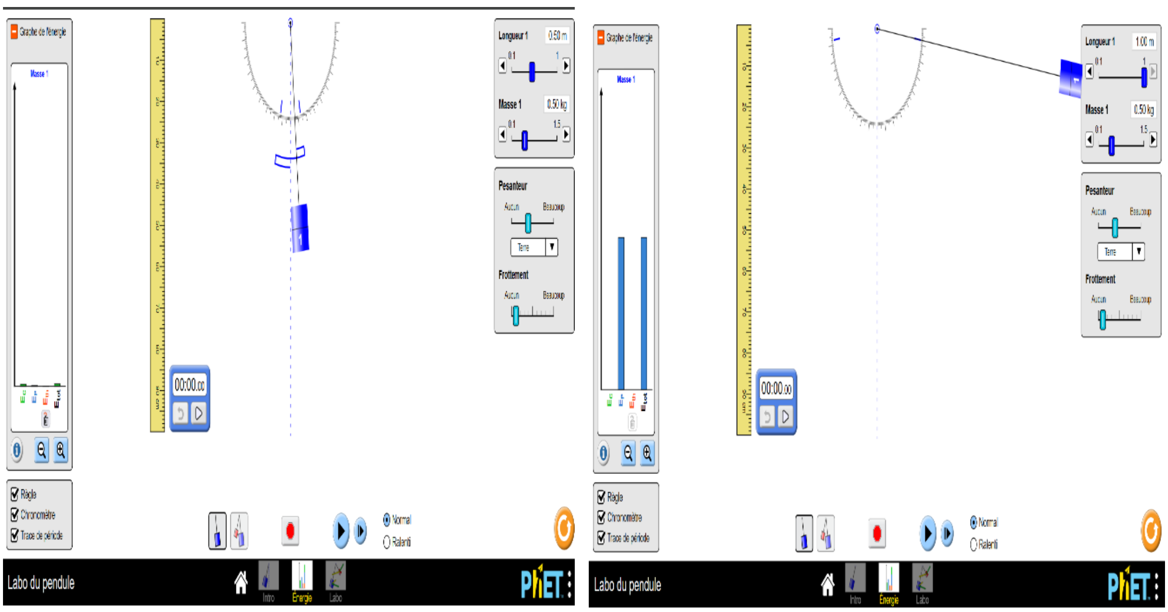
4. Conclusion

4.1. La période des oscillations dépend de la longueur du fil et de l'angle initial

4.2. Si on mesure la période des oscillations sur la lune, la période augmente due à l'accélération gravitationnelle qui est plus faible.

Sur jupiter l'accélération gravitationnelle est plus forte que sur la terre alors la période diminue.

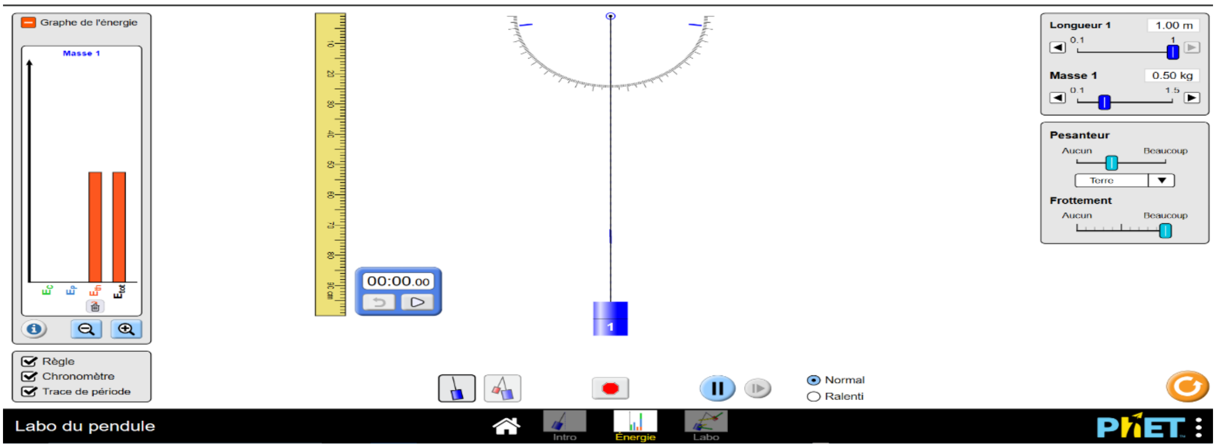
E- ETUDES ENERGETIQUES AVEC FROTTEMENTS



PENDULE SIMPLE

Voici les résultats pour l'étude énergétique :

1. Quand on augmente la longueur et l’angle initial l'Ec diminue l'Ep augmente l'Eth augmente provoquant une augmentation de l'Etot qui s'estompe avec le temps alors on peut déduire de l’énergie potentiel augmente en fonction de la longueur du fil et de l’angle initial



2- L’énergie Eth et Etot croit quand on augmente les frottements, on déduit qu’elles sont en fonction des forces de frottements.

3- Lorsqu'on augmente la masse l'Ec reste constant l'Ep constant et l'Eth augmente provoquant une augmentation de l'Etot qui s'estompe avec le temps

CONCLUSION

L’étude expérimentale du pendule simple confirme les lois classiques qui lui sont reconnues et met en évidence les paramètres pouvant influencer sur son mouvement. Cette expérience renforce la compréhension des facteurs influençant les oscillations d’un pendule. En absence des forces de frottements, le système conserve son énergie totale et suit des oscillations périodiques. Mais en présence des frottements, l’amortissement créé par ces forces modifie l’évolution énergétique et entraine un arrêt progressif du mouvement. Ces résultats sont essentiels pour la modélisation des systèmes oscillants dans divers domaines scientifiques et techniques.