

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministre de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de Saida– Dr. Moulay Tahar

Faculté des Sciences

Département de Physique



Polycopie Intitulé

**Résolution des travaux pratiques
Physique I - mécanique -**

Elaboré Par :

Dr. DJAAFRI Tayeb

Dr. DJAAFRI Abdelkader

Dr.ZAMOULI Mostefa

2022/2023

Avant-propos

Ce polycopie est un recueil de résolutions des travaux pratiques de physique I (mécanique), il est adressé en particulier aux étudiants de la première année licence (LMD) en sciences et en technologie et à d'autres spécialités éventuellement. Ce polycopié est conçu dans le but de faciliter à l'étudiant l'assimilation et la compréhension des travaux pratiques de physique réalisés au laboratoire et a ceux postés sur la plateforme Moodle. Ce polycopié est composé de cinq parties. La première partie est la chute libre, dans la quelle on explique le travail d'une force constante pendant la chute d'une bille en interaction avec la Terre. La deuxième partie « pendule simple » est consacrée à l'étude de la variation de la période des oscillations en fonction de la longueur du fil et à la détermination de l'accélération terrestre. La troisième partie est consacrée à l'étude des caractéristiques d'un tir oblique réel et vérifier la correspondance entre calculs et mesures pour la portée du tir. Dans La quatrième partie « Roue de Maxwell » on étudie la variation des énergies pendant la chute d'une Roue, on vérifie la conservation de son énergie mécanique et on calcule son moment d'inertie. La cinquième partie « théorème de Huygens » concerne l'étude de la constante de torsion du ressort utilisé dans l'expérience et la détermination du moment d'inertie.

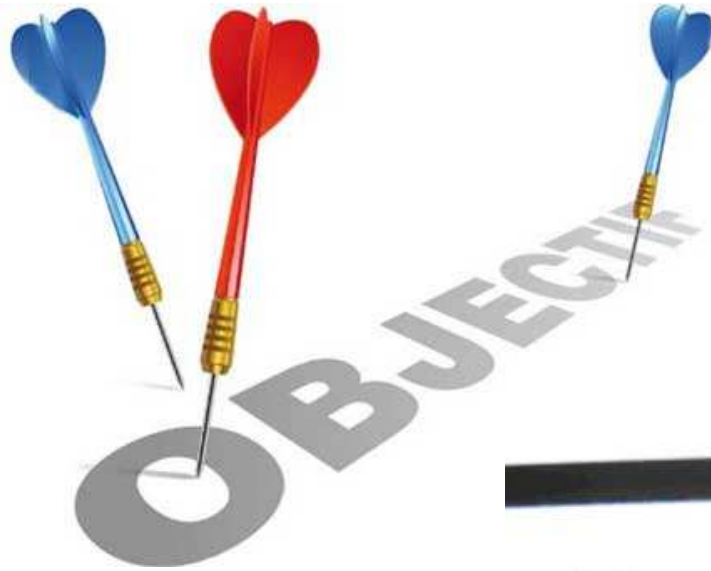
Tables des matières

TRAVAUX PRATIQUES DE PHYSIQUE I « MECANIQUE »

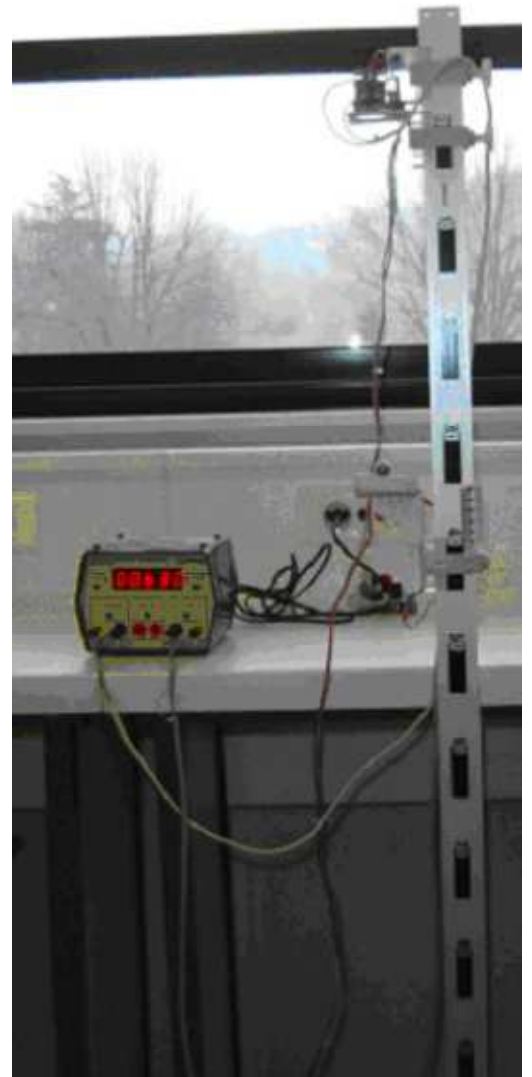
TP1	CHUTE LIBRE.....	03
TP 2	PENDULE.....	08
TP 3	TIR OBLIQUE.....	16
TP 4	CONSERVATION DE L'ENERGIE MECANIQUE - ROUE DE MAXWELL.....	23
TP 5	THEOREME DE HUYGENS.....	30

TP 1

La chute libre



➤ *Détermination de l'accélération terrestre.*



1. 1 ETUDE THEORIQUE :

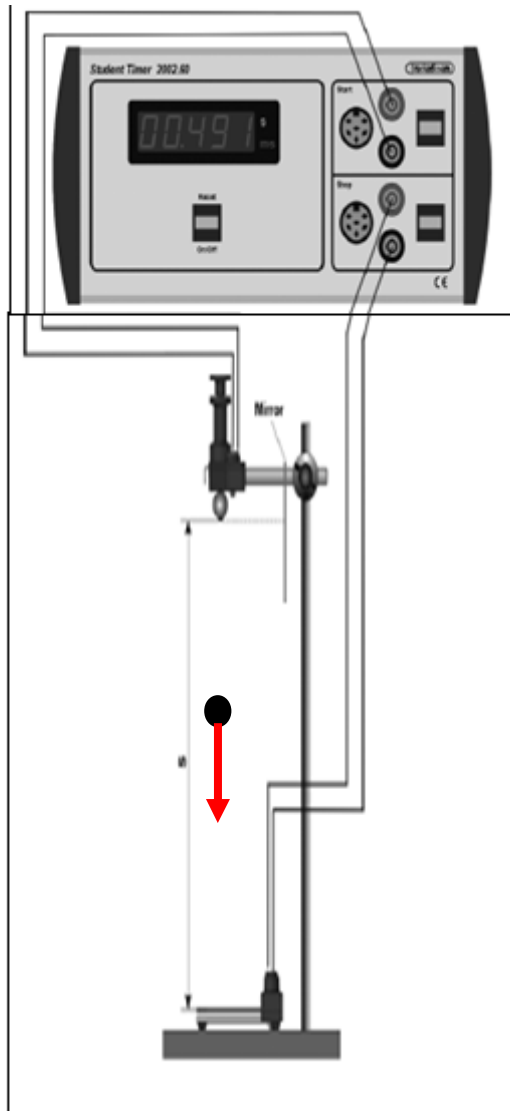


Figure1.1 : Le matériel utilisé

Une bille métallique de masse M en chute libre dans un champ de pesanteur est soumise uniquement à son poids P .

1. Les forces qui agissent sur la boule sont représentées sur la figure 1.1
2. Les forces des frottements avec l'air sont négligées.
3. l'accélération dans la chute libre représente l'accélération terrestre (g).

On lâche la bille de la hauteur h à l'instant $t=0$, $v=0$.

4. La relation entre la hauteur et la vitesse s'écrit sous formes ;

$$h(t)=1/2 gt^2 \text{ et } v(t)=gt$$

5. La nature du mouvement de la chute libre est rectiligne accéléré.

1.2 ETUDE EXPERIMENTALE :

Le matériel :

1. Bille en acier
2. Plaque de réception.
3. Support, deux noix et une tige verticale.
4. Compteur électrique.
5. Déclencheur.

1.3 Expérience :

1. On connecte le compteur avec la plaque de réception.
2. On place la bille.
3. On règle la hauteur h à l'aide d'une règle graduée.
4. On appuie sur le déclencheur pour démarrer la chute.
5. On relever le temps t de la chute du compteur électrique lorsque la bille atteindre la plaque de réception.
6. On répète l'expérience deux fois pour la même hauteur.
7. On complète le tableau 1.

$h(m)$	1	0.9	0.8	0.7	0.6
$t(s)$	0.4515	0.429	0.404	0.376	0.35
	0.4513	0.427	0.402	0.378	0.348
$t_{moy}(s)$	0.4514	0.428	0.403	0.377	0.349
$t^2_{moy}(s^2)$	0.2038	0.183	0.163	0.142	0.1218

Tableau 1.1

8. Le graphe $h = f(t^2)$ est représenté sur la figure 2

9. On calcule l'accélération g à partir du graphe en calculant la tangente.

On choisit deux points et on relève leurs abscisses et leurs ordonnées :

$$A = \frac{y_2 - y_1}{X_2 - X_1}$$
$$A = \frac{1 - 0.6}{0.2038 - 0.1218}$$

$$A = 4,878 \text{ m/s}^2$$

On a les deux relations suivantes :

$$\begin{cases} y = \frac{1}{2}gt^2 \\ y = At^2 \end{cases} \rightarrow A = \frac{1}{2}g \rightarrow g = 2A$$

10. la valeur de l'accélération terrestre :

$$g = 2A$$

$$g = 2 \cdot 4,878 \text{ m/s}^2$$

$$g = 9.756 \text{ m/s}^2$$

On remarque que ce résultat expérimental est très proche de la valeur théorique donné par 9.81 m/s^2 .

11. Conclusion.

Les sources des erreurs sont :

1. Les erreurs sur les mesures des hauteurs
2. Les erreurs sur les mesures des durées de chaque chute
3. Les frottements avec l'air

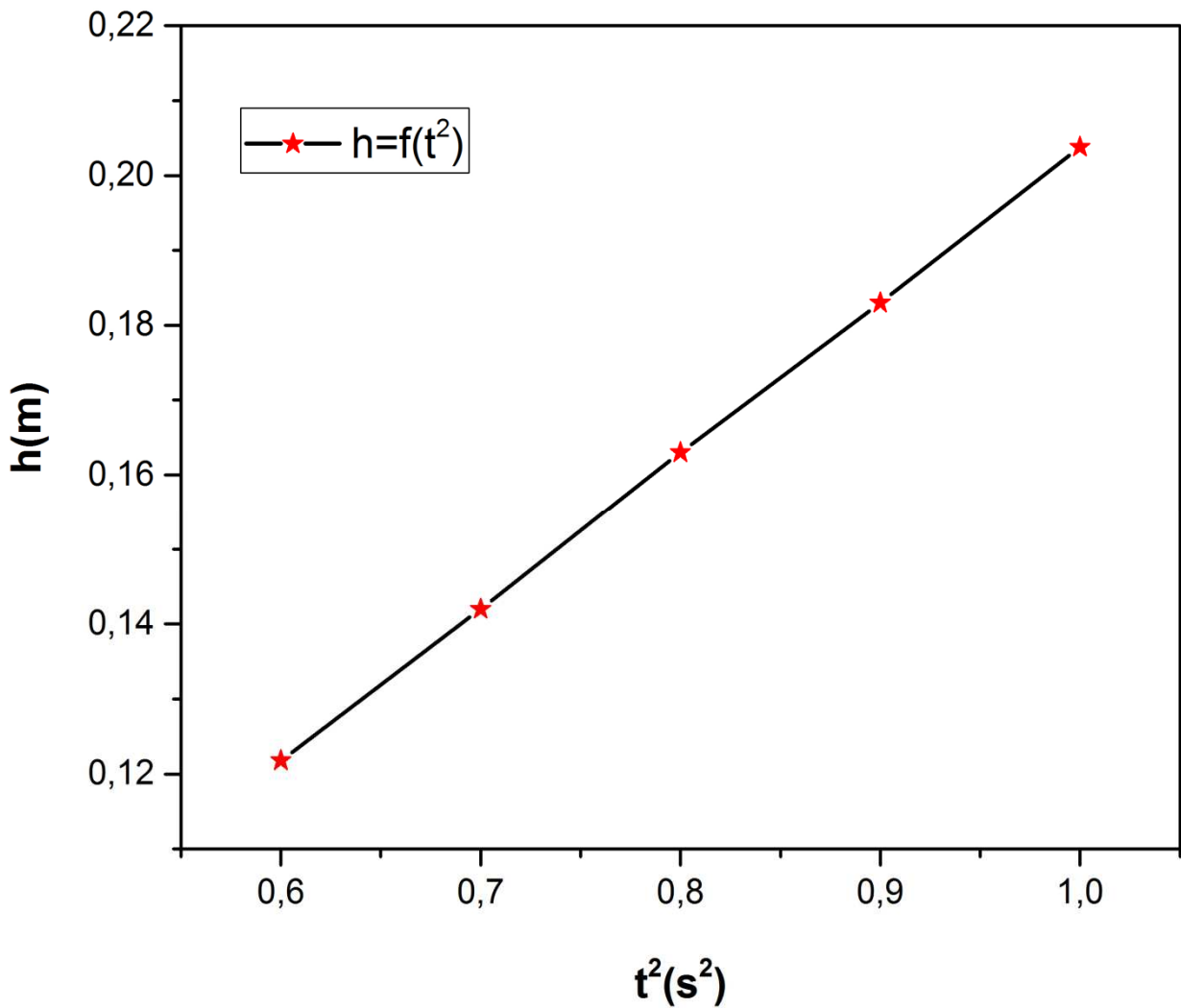
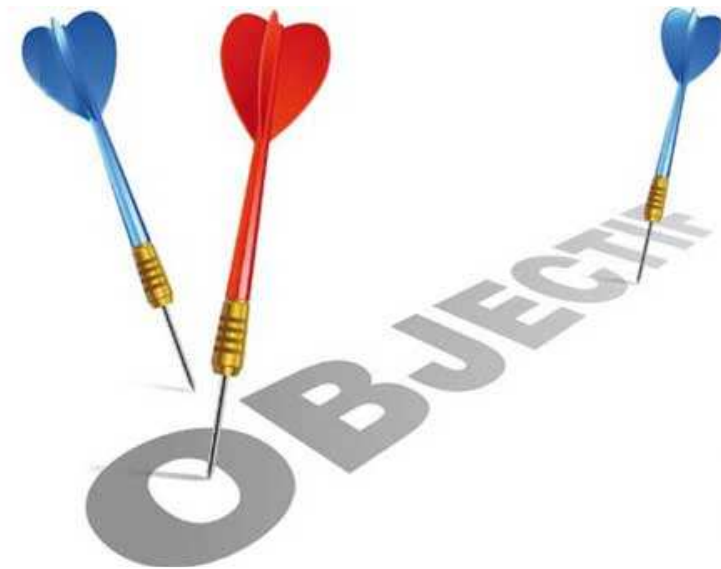


Figure 1.2 : variation de la hauteur en fonction du carré de la température $h = f(t^2)$

TP 2

Pendule



- *Détermination de l'accélération terrestre.*
- *Détermination de la durée de l'oscillation en fonction du déplacement angulaire.*



2.1 Etude théorique :

2.1.1 Le pendule simple :

Un pendule simple est constitué d'une petite boule suspendue à un fil inextensible fixé à un support. La longueur du fil est grande devant le rayon de la boule : $l_{\text{fil}} > 10 R$.

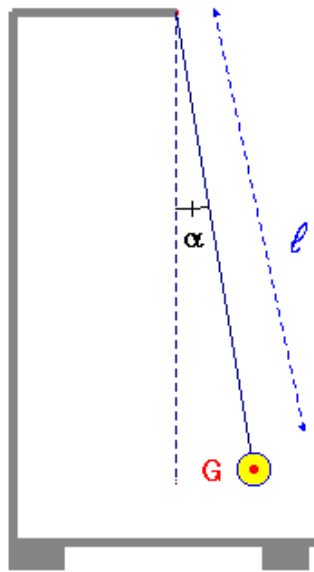


Figure 2.1 : principe de fonctionnement

2.1.2 Le phénomène périodique :

Un phénomène périodique est un phénomène qui se reproduit identique à lui-même à intervalles de temps réguliers. La période T d'un phénomène périodique est la durée au bout de laquelle le phénomène se reproduit identique à lui-même. L'unité de période T est la seconde s . Dans le cas du pendule simple, la période T correspond à la durée d'une oscillation (un aller-retour). La fréquence f représente le nombre de période par seconde. On écrit :

$$f = \frac{1}{T}$$

Unité de fréquence : Hertz : Hz (il faut pour cela exprimer la période en seconde s).

2.1.3 Fabrication d'un pendule :

Choisir une boule, déterminer la valeur de sa masse **m**. Régler la longueur du fil et Accrocher l'ensemble à un support.

2.1.4 Description du pendule fabriqué :

Indiquer sur ce schéma, la longueur ℓ du pendule (distance entre le point de suspension et le centre de la boule) et la valeur de la masse **m** de l'objet utilisé.

2.1.5 Mesure de la période T du pendule simple :

Écarter l'objet et le fil tendu de façon à ce que l'angle α entre le fil et la verticale soit d'environ 3° .

- Lâcher l'objet et laisser osciller.
- Mesurer avec un chronomètre la durée Δt de 10 oscillations (une oscillation correspond à un aller-retour).
- En déduire la valeur de la période **T** du pendule

2.2. Etude expérimentale (Manipulation) :

On fait varier la longueur du fil et on mesure la période de l'oscillation pour un angle initial θ_0 très petit, entre 0 à 5 degrés.

2.3 Résolutions des questions

1- Les valeurs obtenues, pour θ_0 très petit, sont reporté sur le tableau suivant :

L_i (m)	T_i (s)	$\ln L_i$	$(\ln L_i)^2$	$\ln T_i$	$\ln L_i \cdot \ln T_i$
1	2	0	0	0.693	0
0.9	1.897	-0.1053	0.011	0.64	-0.067
0.8	1.788	-0.223	0.049	0.581	-0.129
0.7	1.673	-0.356	0.127	0.514	-0.183
0.6	1.549	-0.510	0.261	0.437	-0.223
		$\Sigma = -1.1943$	$\Sigma = 0.448$	$\Sigma = 2.865$	$\Sigma = -0.6022$

Tableau 2.1

2- La relation entre la période d'un pendule à sa longueur est de la forme $T = a L^b$. Calculer les coefficients a et b :

$$\ln a = \frac{\left(\sum_{i=1}^n \ln T_i \right) \left(\sum_{i=1}^n (\ln L_i)^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^n \ln L_i \right) \left(\sum_{i=1}^n \ln T_i \ln L_i \right)}{n \sum_{i=1}^n (\ln L_i)^2 - \left[\sum_{i=1}^n \ln L_i \right]^2} = \dots\dots\dots$$

$$\ln a = \frac{2,865 \cdot 0,448 - (-1,1943) \cdot (-0,6022)}{5 \cdot 0,448 - (-1,1943)^2}$$

$$\ln a = 0.6934$$

$$a \approx 2$$

Le calcul du paramètre b

$$b = b_{\text{exp}} = \frac{n \sum_{i=1}^n (\ln T_i \ln L_i) - \left(\sum_{i=1}^n \ln T_i \right) \left(\sum_{i=1}^n \ln L_i \right)}{n \sum_{i=1}^n (\ln L_i)^2 - \left[\sum_{i=1}^n \ln L_i \right]^2} = \dots\dots\dots$$

où n est le nombre de mesures.

$$b = \frac{5 \cdot (-0,6022) - 2,865 \cdot (-1,1943)}{5 \cdot 0,448 - (1,1943)^2}$$

$$b = 0.5$$

3- En déduire a à partir des deux relations $T = 2\pi \frac{\sqrt{L}}{\sqrt{g}}$ et $T = aL^b$ la valeur de l'accélération terrestre g en remplaçant a et b par leurs valeurs.

$$\begin{cases} T = \frac{2\pi}{\sqrt{g}}L^{0.5} \\ T = 2L^{0.5} \end{cases}$$

On peut déduire que $a = \frac{2\pi}{\sqrt{g}}$

$$\sqrt{g} = \frac{2\pi}{a} \rightarrow g = \left(\frac{2\pi}{a}\right)^2$$

On sait que $a = 2$ et $\mu = 3.14$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

4- Pour tout angle initial θ_0 , la période est donnée par la relation (3). Mais l'intégrale présente dans cette expression est elliptique et on ne peut pas calculer sa valeur exacte. Une formule qui approche (3) est donnée par :

$$T_{théo} = \frac{\pi}{9} \sqrt{\frac{L}{g}} \left\{ 1 + f\left(\Phi = \frac{\pi}{2}\right) + 4 \times \left[f\left(\Phi = \frac{\pi}{12}\right) + f\left(\Phi = \frac{\pi}{4}\right) + f\left(\Phi = \frac{5\pi}{12}\right) \right] + 2 \left[f\left(\Phi = \frac{\pi}{6}\right) + f\left(\Phi = \frac{\pi}{3}\right) + \right] \right\} \quad (4)$$

où :

$$f(\Phi) = \frac{1}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \Phi}}$$

et

$$k = \sin\left(\frac{\theta_0}{2}\right)$$

a- on calcule pour $\theta_0 = 30^\circ$ les valeurs de $f(\Phi)$ pour les valeurs données de Φ (on donne les résultats avec 3 décimales) :

$$k = \sin\left(\frac{30}{2}\right) = 0.259$$

$$f\left(\Phi = \frac{\pi}{2} = 90^\circ\right) = \frac{1}{\sqrt{1 - k^2 (\sin 90)^2}} = 1.035$$

$$f\left(\Phi = \frac{\pi}{12} = 15^\circ\right) = \frac{1}{\sqrt{1 - k^2 (\sin 15)^2}} = 1.004$$

$$f\left(\Phi = \frac{\pi}{4} = 45^\circ\right) = \frac{1}{\sqrt{1 - k^2 (\sin 45)^2}} = 1.017$$

$$f\left(\Phi = \frac{5\pi}{12} = 75^\circ\right) = \frac{1}{\sqrt{1 - k^2 (\sin 75)^2}} = 1.032$$

$$f\left(\Phi = \frac{\pi}{6} = 30^\circ\right) = \frac{1}{\sqrt{1 - k^2 (\sin 30)^2}} = 0.992$$

$$f\left(\Phi = \frac{\pi}{3} = 60^\circ\right) = \frac{1}{\sqrt{1 - k^2 (\sin 60)^2}} = 0.974$$

b- on calcule de la relation (4) la valeur théorique de la période, $T_{théo}$ pour $\theta_0 = 30^\circ$ et en prenant $L=0,5 m$ et $g = 9,81 m/s^2$.

A partir de la relation 4 on obtient :

$$T = \frac{3,14}{9} \sqrt{\frac{0,5}{9,81}} (1 + 1,035 + 4 \cdot (1,0045 + 1,0172 + 1,0328) + 2 \cdot (0,9915 + 0,9745))$$

$$T_{théo} = 1.495s$$

Pour trouver la valeur expérimentale de la période :

- on fixe la longueur du fil à $L=0,5 m$
- on écarte l'objet et le fil tendu de façon à ce que l'angle α entre le fil et la verticale soit d'environ 30° .
- on lâche l'objet et on laisse osciller.
- on mesure avec un chronomètre la période.
- on déduit la valeur de la période expérimentale T_{exp} du pendule.

$$T_{exp} = 1.488s$$

5- Pour $L = 0.5 m$, on a le tableau suivant :

θ_0	$T_{théo} (s)$	$T_{exp} (s)$	$ T_{théo} - T_{exp} / T_{théo} (\%)$
30°	1.495	1.488	0.4 %

Tableau 2.2

2.4 Conclusion

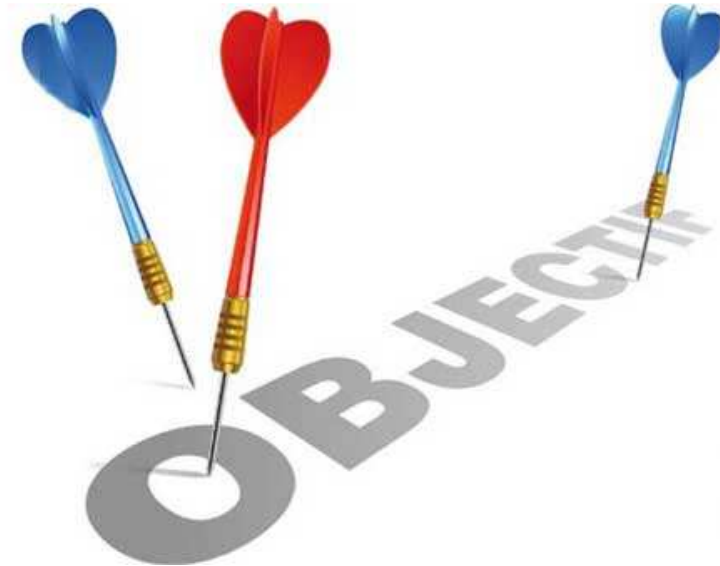
Il y a un écart entre le résultat théorique et le résultat expérimental causé par les erreurs commises.

Les sources des erreurs sont :

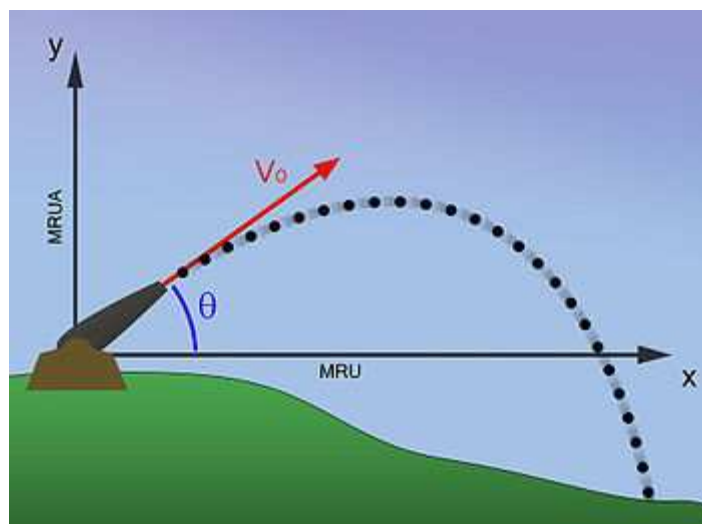
- 1- Les erreurs sur la longueur du fils
- 2- Les erreurs sur la période
- 3- Les frottements

TP 3

Tir oblique



- *Etudier les caractéristiques d'un tir oblique réel.*
- *Vérifier la correspondance entre calcul et mesures pour la portée du tir*



3.1 Dispositif expérimental :

Le lanceur PASCO permet de tirer une bille sous différents angles α et avec 3 vitesses v_0 différentes suivant la position (A,B,C) du ressort. On mesure la vitesse en chronométrant le passage à travers les 2 cellules photoélectriques placées à un écart de 10cm. L'angle est repéré par rapport au fil indiquant la verticale

3.2 Principe :

On procède au lancement d'une bille à l'aide d'un ressort en faisant varier la vitesse de tir. On détermine la relation entre la portée du tir et la vitesse initiale du tir.

3.3 Matériel :

- Règle graduée
- Compteur 'SMART TIMER'
- 1 Bille
- Fils de connexion
- 2 Barrières optique
- Ruban enregistreur

3.4 Problème :

Détermination de la portée (max) en fonction de la vitesse initiale

3.5 Montage et mode opératoire :

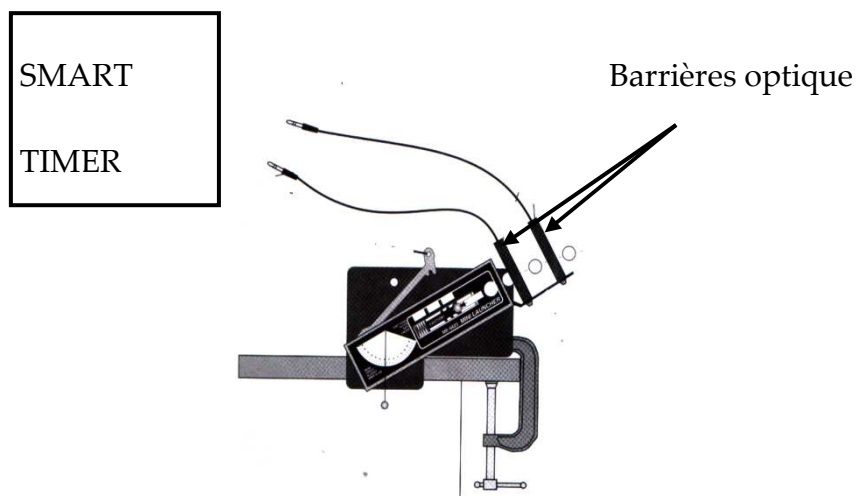


Figure 3.1 : Montage

Le montage sera exécuté suivant la figure 3. 1.

On règle l'appareil de lancement de sorte que le tir se fait à un angle de 45° . Les barrières optique sont reliées au compteur '*SMART TIMER*' selon l'ordre indiqué à la figure 1. On sélectionne sur le '*SMART TIMER*' le mode '*TIME*' avec '*Two Gates*' et on presse '*Start/Stop*'. On tire sur le levier pour éjecter la bille. Le temps t enregistré par le '*SMART TIMER*' est le temps de passage de la bille entre les deux barrières optique. Une valeur approximative de la vitesse initiale de la bille est obtenue de la relation :

$$\boxed{V_0 = \frac{d}{t} = \frac{0.1}{t}} \quad (1)$$

où $d = 0.1 \text{ m}$ est la distance entre les 2 barrières optique. La vitesse initiale de la bille obtenue pour une position de tension du ressort de frappe, est ainsi calculée. Pour enregistrer le point de chute (voir figure 3. 2), on fixe la bande enregistreuse sur la table à l'aide de bande collante.

Il est conseillé de mesurer les grandes portées avant les petites et de repérer les points de chute primaires avec un stylo. On contrôle à l'aide de la règle graduée, la distance jusqu'à l'appareil de lancement. Il est judicieux de disposer derrière la table un carton qui réceptionne les billes.

On procède de la même façon pour les 2 positions restantes de tension de ressort.

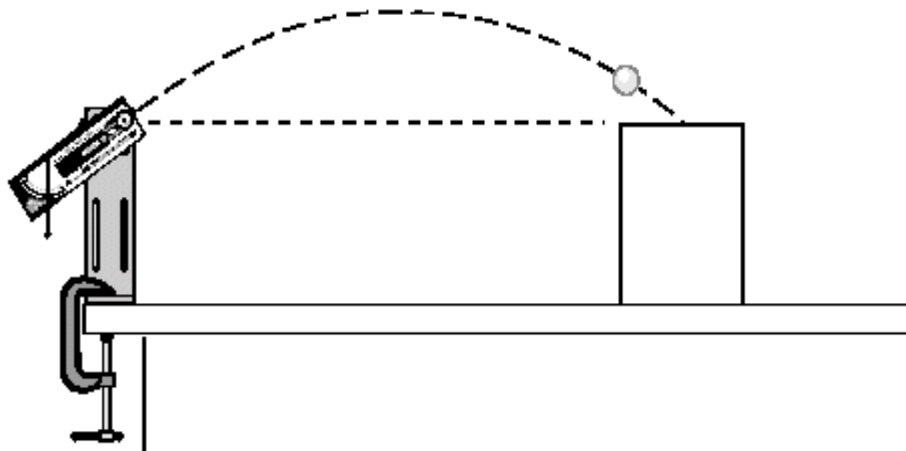


Figure 3.2 : Principe de fonctionnement

3.6 Théorie et exploitation :

Lorsqu'un corps de masse m se déplace dans un champs de gravitation constant (force de gravitation $m \vec{g}$), le mouvement s'effectue dans un plan (figure 3).

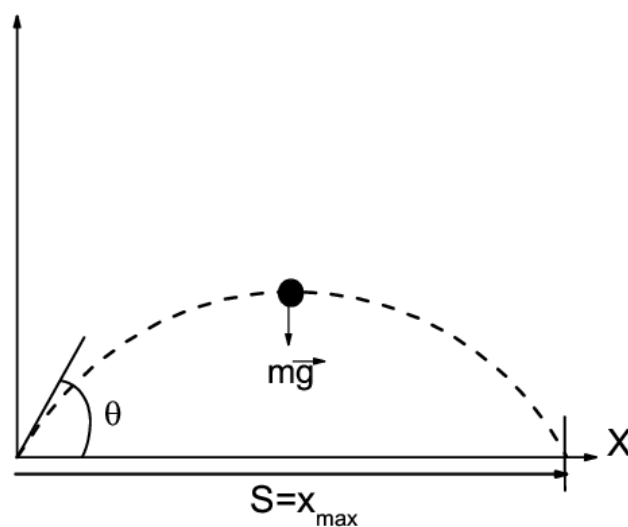


Figure 3.3 : Trajectoire

En utilisant le système de coordonnées dans ce plan (plan x, y , voir figure 3. 3.) et en résolvant l'équation du mouvement :

$$m \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = m \vec{g}$$

On obtient avec les conditions initiales : $r(0) = 0$,
 $V(0) = (V_0 \cos \theta, V_0 \sin \theta)$

Les coordonnées en fonction du temps t :

$$x(t) = V_0 \cos(\theta) t$$

et

$$y(t) = -\frac{1}{2} g t^2 + V_0 \sin(\theta) t$$

Il découle de ces équations la portée de trajectoire maxi S :

$$S = x_{\max} = \frac{\sin(2\theta)}{g} V_0^2 \quad (2)$$

3.7 Résolution des questions :

1- On reporte dans le tableau suivant le temps t enregistré par le compteur '*SMART TIMER*' pour les différentes positions du ressort du lanceur. La vitesse initiale de la bille est calculée de la relation (1). S est la portée de trajectoire maximale mesurée par la règle graduée. On fixe l'angle de tir égale à 45° .

Position du ressort	Temps t (s)	$V_{0i} = \frac{0.1}{t}$	S_i (m)	$\ln V_{0i}$	$(\ln V_{0i})^2$	$\ln S_i$	$\ln V_{0i} \cdot \ln S_i$
Position 1	0.0331	3.021	0.92	1.10558	1.2223	-0.0834	-0.0922
Position 2	0.0203	4.926	2.46	1.5945	2.5424	0.9001	1.4352
Position 3	0.0145	6.896	4.43	1.9309	3.7285	1.4884	2.8739
				$\Sigma =$ 4.631	$\Sigma =$ 7.4932	$\Sigma =$ 2.3051	$\Sigma =$ 4.2169

Tableau 3.1

2- La relation entre la portée maxi S et la vitesse initiale V_0 est de la forme $S = a V_0^b$. Calculer les coefficients a et b qui sont donnés selon la méthode des moindres carrés par les relations :

$$\ln a = \frac{\left(\sum_{i=1}^n \ln S_i \right) \left(\sum_{i=1}^n (\ln V_{0i})^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^n \ln V_{0i} \right) \left(\sum_{i=1}^n \ln S_i \ln V_{0i} \right)}{n \sum_{i=1}^n (\ln V_{0i})^2 - \left[\sum_{i=1}^n \ln V_{0i} \right]^2} =$$

$$\ln a = \frac{2,3051 \cdot 7,4932 - 4,631 \cdot 4,2169}{3 \cdot 7,4932 - 4,631^2}$$

$$\ln a = \frac{-2,2559}{1,0328}$$

$$\ln a = -2.19$$

$$a = a_{\text{exp}} = 0.11$$

$$b = b_{\text{exp}} = \frac{n \sum_{i=1}^n (\ln S_i \ln V_{0i}) - \left(\sum_{i=1}^n \ln S_i \right) \left(\sum_{i=1}^n \ln V_{0i} \right)}{n \sum_{i=1}^n (\ln V_{0i})^2 - \left[\sum_{i=1}^n \ln V_{0i} \right]^2} =$$

$$b = b_{\text{exp}} = \frac{3 \cdot 4,2169 - 4,631 \cdot 2,3051}{3 \cdot 7,4932 - 4,631^2}$$

$$b = b_{\text{exp}} = \frac{1.991}{1.032}$$

$$b = b_{\text{exp}} = 1.93$$

où n est le nombre de mesures.

$$a_{théo} = \frac{\sin(2\theta)}{g} =$$

L'angle de tir égale à $\theta = 45^\circ$.

$$a_{théo} = \frac{\sin(2 \cdot 45)}{9.81}$$

$$a_{théo} = \frac{1}{9.81}$$

$$a_{théo} = 0.102$$

$$b_{théo} = 2$$

3.8 Conclusion :

Les résultats expérimentaux et les résultats théoriques sont similaires.

Les sources d'erreurs :

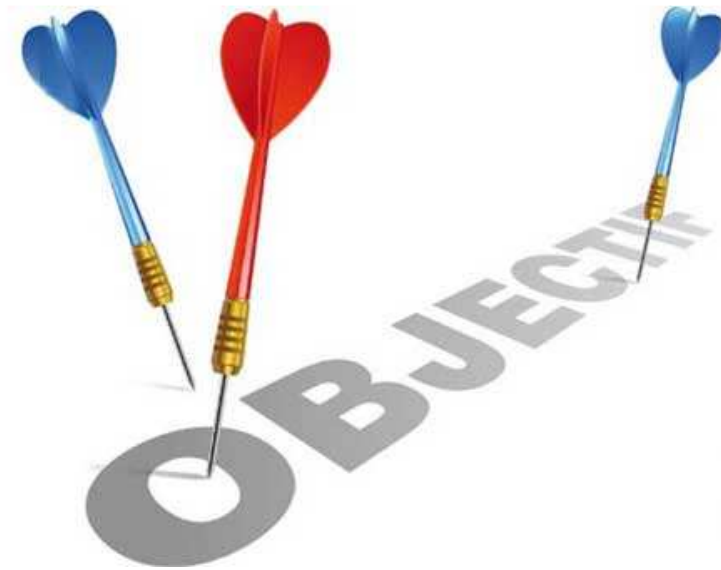
- Erreurs sur la distance
- Erreurs sur le temps
- Erreurs sur l'angle de tir
- Les frottements

l'angle de tir égale à 45° .

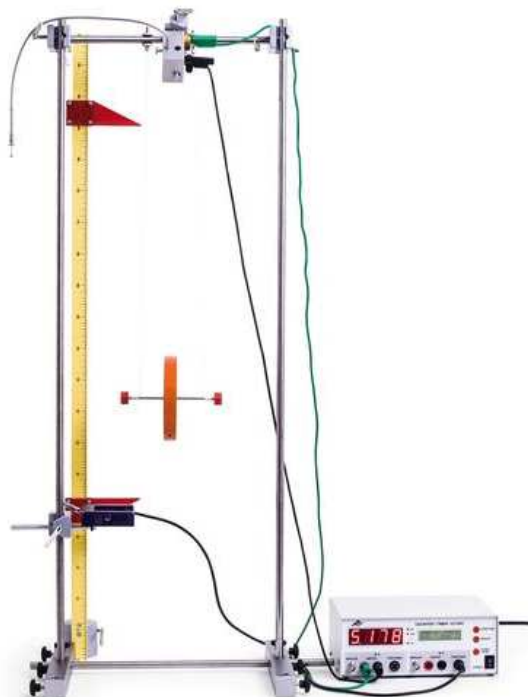
TP4

Conservation de l'énergie mécanique

Roue de Maxwell



- *Détermination du moment d'inertie de la roue de Maxwell*
- *Etude de la conservation de l'énergie globale.*



4.1 Principe de la manipulation :

La roue de Maxwell est suspendue des deux côtés de son axe à un fil sur lequel elle monte et descend. De l'énergie potentielle est convertie en énergie cinétique, puis inversement. Les mouvements de montée et de descente se répètent, jusqu'à ce que l'énergie déterminée par la hauteur initiale soit complètement perdue par les pertes de frottement et de réflexion. Dans l'expérience, on dispose à différentes hauteurs une barrière lumineuse qui est interrompue à chaque fois par l'axe de la roue de Maxwell qui monte et qui descend. Les temps d'interruptions permettent de calculer les vitesses momentanées et ainsi les énergies cinétiques.

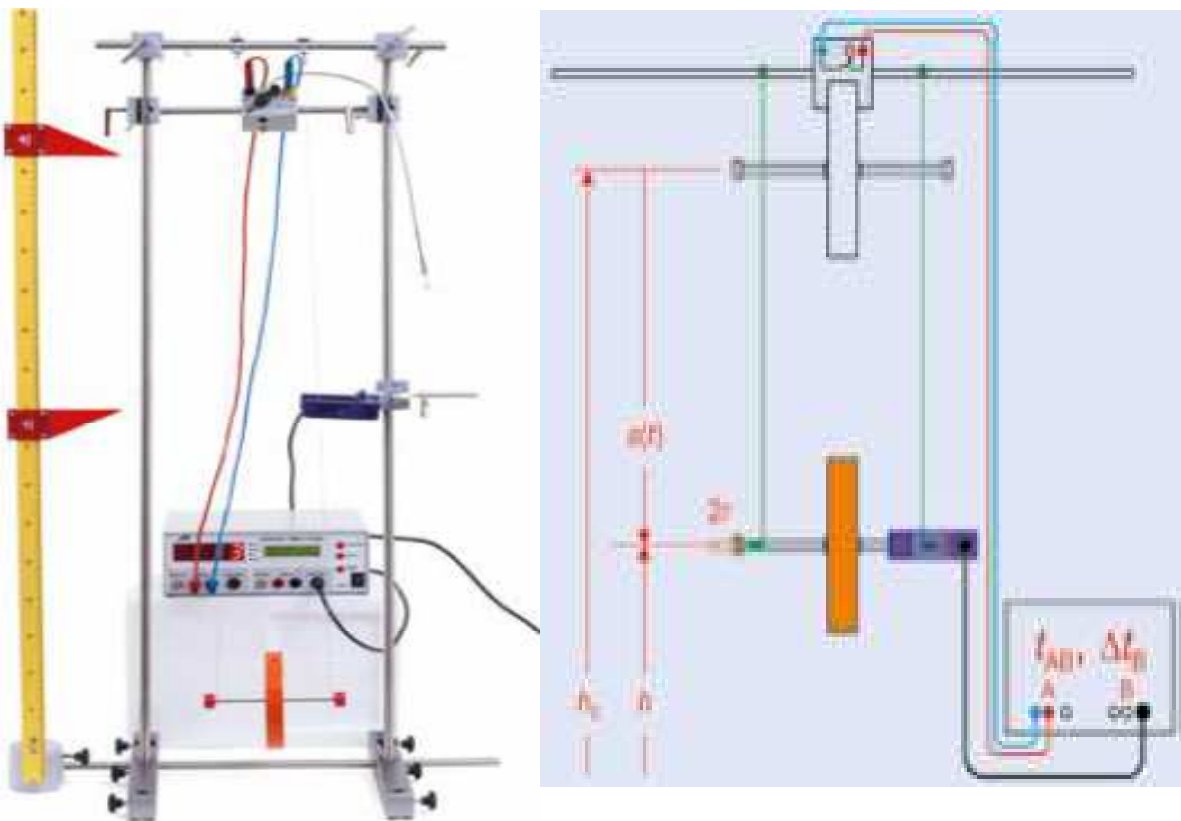


Figure 4. 1 : Montage.

4.2 DISPOSITIFS NECESSAIRES

1 Roue de Maxwell

1 Dispositif de déclenchement pour la roue de Maxwell

1 Compteur numérique

1 Barrière photoélectrique

1 Pied en forme de H

4.3 Principe de la manipulation :

On libère la roue sans vitesse initial et on mesure la distance parcourue et le temps qui correspond a cette chute, On fait changer la hauteur de la roue et on mesure la distance (s) et le temps (t).

4.4 Résolution des questions

1- pour remplir le tableau 1 on fait varier la hauteur de la roue et on mesure le temps de chaque chute :

s (m)	t (s)	$\ln t$	$\ln s$	$(\ln t)^2$	$\ln t \ln s$
1.2	9.8775	2.2902	0.1823	5.2452	0.4175
1	9.0167	2.1990	0	4.8359	0
0.8	8.0647	2.0875	-0.2231	4.3576	-0.4657
0.6	6.9843	1.9436	-0.5108	3.7778	-0.9928
0.4	5.7026	1.7409	-0.9163	3.0308	-1.5952
0.2	4.0323	1.3943	-1.6094	1.9442	-2.2434
		$\Sigma= 11.655$	$\Sigma=-3.0773$	$\Sigma=23.1915$	$\Sigma=-4.8796$

Tableau 4.1

2- Calculer les valeurs des coefficients a et b .

$$\Delta = n \sum_{i=1}^n (\ln t_i)^2 - \left[\sum_{i=1}^n \ln t_i \right]^2$$

$$\Delta = 6.23,1915 - (11.655)^2$$

$$\Delta = 3.3099$$

$$\ln a = \frac{\left(\sum_{i=1}^n \ln s_i \right) \left(\sum_{i=1}^n (\ln t_i)^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^n \ln t_i \right) \left(\sum_{i=1}^n \ln t_i \ln s_i \right)}{\Delta} = -4.398$$

$$a = 0.0123$$

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n (\ln t_i \ln s_i) - \left(\sum_{i=1}^n \ln s_i \right) \left(\sum_{i=1}^n \ln t_i \right)}{\Delta}$$

$$b = 2$$

- Il y a une dépendance linéaire entre S et t^2 .

4- En déduire des relations ci-dessous le moment d'inertie de la roue

de Maxwell. $s(t) = \frac{m \cdot g}{2 \left(m + \frac{I_z}{r^2} \right)} \cdot t^2$; $s(t) = a t^b$

$$\begin{cases} s(t) = \frac{m \cdot g}{2 \left(m + \frac{I_z}{r^2} \right)} \cdot t^2 \\ s(t) = a t^b \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} s(t) = \frac{m \cdot g}{2 \left(m + \frac{I_z}{r^2} \right)} \cdot t^2 \\ s(t) = a t^2 \end{cases}$$

On peut conclure que :

$$\frac{mg}{2 \left(m + \frac{I_z}{r^2} \right)} = a \Rightarrow I_z = mr^2 \left(\frac{g}{2a} - 1 \right)$$

$$I_z = 1.084 \cdot 10^{-3}$$

4- Remplir le tableau suivant : $m = 0.436 \text{Kg}$, $r = 2.5 \text{mm}$ et $g = 9.81 \text{m/s}^2$,

t (s)	t^2 (s^2)	$V(t)$ (m/s) $V = 2at$	E_p (J) $E_p = -mgs$	E_T (J) $E_T = mV^2/2$	E_R (J) $E_R = I_z V^2 / (2r^2)$	E (J)
9.8775	1.2	0.2429	-5.1326	0.0128	5.1163	-0.0163
9.0167	1	0.2218	-4.2772	0.0107	4.2660	-0.0112
8.0647	0.8	0.1984	-3.4217	0.0085	3.4133	$-8.4 \cdot 10^{-3}$
6.9843	0.6	0.1718	-2.5663	0.0064	2.5594	-6.910^{-3}
5.7026	0.4	0.1403	-1.7108	0.0043	1.7069	-3.910^{-3}
4.0323	0.2	0.0992	-0.8554	0.0021	0.8533	$-2.058 \cdot 10^{-3}$

Tableau 4.2

5- Les courbes représentatives des énergies : potentielle E_p , cinétique de translation E_T , cinétique de rotation E_R et de l'énergie mécanique E en fonction de t^2 sont représentés sur la figure 4.1.

6- L'énergie potentielle se transforme essentiellement en énergie cinétique de rotation parce que l'énergie cinétique de translation est négligeable.

- On peut considérer que l'énergie totale est conservée.

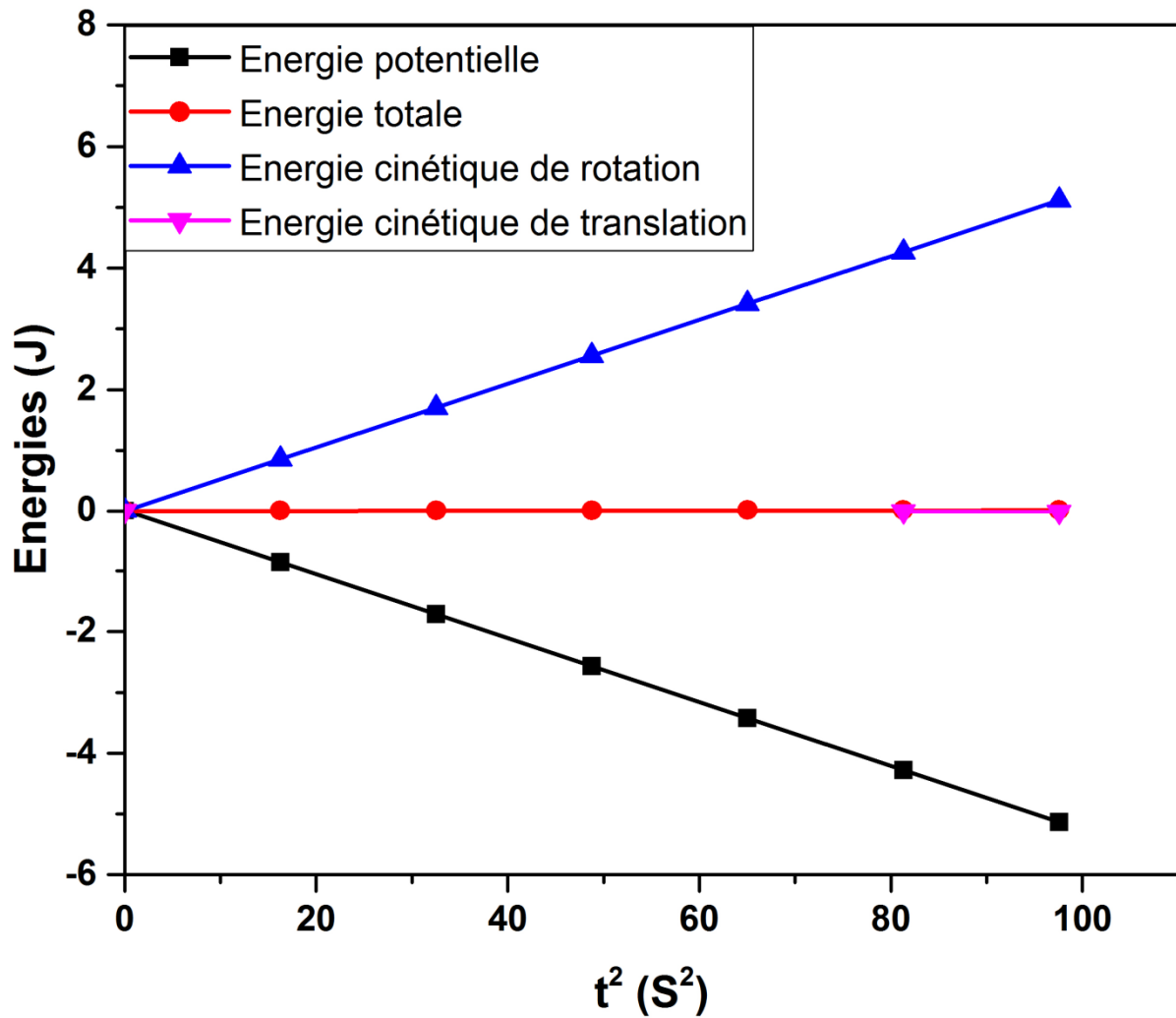


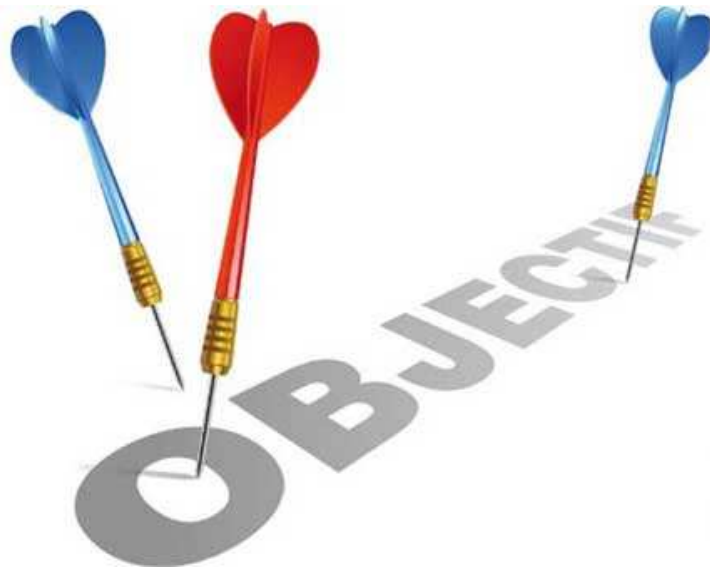
Figure 3.1: Variations des énergies en fonction du carré de la température

7- les sources des erreurs dans cette expérience :

- Erreurs sur la distance.
- Erreurs sur le temps
- Les frottements

TP 5

Théorème de Huygens



- *Détermination de la constante de torsion d'un ressort spiral.*
- *Détermination du moment d'inertie d'un disque en fonction de la distance verticale de l'axe de rotation au centre de gravité.*



5.1 Etude expérimentale (Montage)

Le dispositif de cette manipulation est constitué d'un disque avec l'axe de rotation.

Le disque est fixé à un support par l'intermédiaire d'un ressort hélicoïdal (ressort de torsion) enroulé dans un même plan autour de son axe de fixation. Ce ressort exerce un couple de rappel, proportionnel à l'angle de torsion.

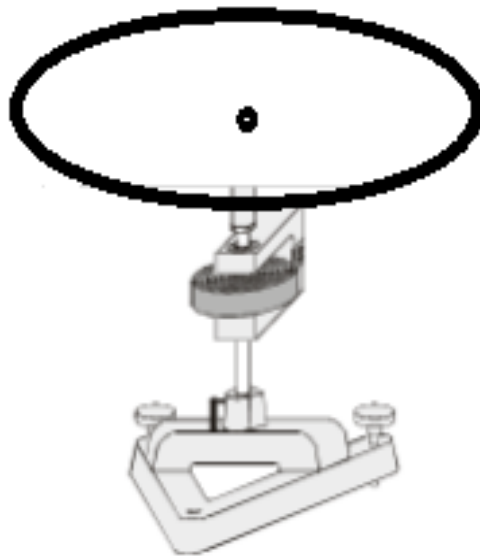


Figure 5.1 : Montage

5.2 Principe de la manipulation :

1. Réaliser le montage de la figure suivante bleu
2. Viser le disque au centre et écarter le disque d'un angle donné.
3. Mesurer la force nécessaire pour maintenir le disque en position fixe lorsqu'on le fait tourner d'un angle donné. Et calculer la constante de torsion du ressort.
4. Changer la position de l'axe de rotation du disque et mesurer la demi-période lorsqu'on fait tourner le disque d'un angle de 180°) du deux cotés.
5. Suivre la procédure expérimentale et compléter le tableau suivant

5.3 Résultats expérimentaux :

1- on remplit le tableau (les résultats sont donnés avec 4 décimales) :

φ (rad)	φ^2	F (N)	$ M_z = 0.15 \times F$	$ M_z \cdot \varphi$
$\pi/2$	$\pi^2/4$	0.2	0.0300	0.0471
π	π^2	0.44	0.0660	0.2072
$3\pi/2$	$9\pi^2/4$	0.7	0.1050	0.4946
2π	$4\pi^2$	0.9	0.1350	0.8478
$5\pi/2$	$25\pi^2/4$	1.2	0.1800	1.4130
3π	$9\pi^2$	1.4	0.2100	1.9772
$7\pi/2$	$49\pi^2/4$	1.7	0.2550	2.8024
43.9823 $\Sigma =$	345.4362 $\Sigma =$		$\Sigma = 0.981$	$\Sigma = 7.7893$

Tableau 5.1

2- on calcule les coefficients C_1 et C_2 (n est le nombre de mesures) :

$$C_1 = \frac{n \left(\sum_{i=1}^n |M_z)_i| \varphi_i \right) - \left(\sum_{i=1}^n |M_z)_i| \right) \left(\sum_{i=1}^n \varphi_i \right)}{n \left(\sum_{i=1}^n \varphi_i^2 \right) - \left[\sum_{i=1}^n \varphi_i \right]^2} = \dots\dots\dots$$

$$C_1 = \frac{7.7893 - 0,981 \cdot 43,9823}{7.345,4362 - (43,9823)^2}$$

$$C_1 = 0.023 \text{ Nm/Rad}$$

$$C_2 = \frac{\left(\sum_{i=1}^n |M_z)_i| \right) \left(\sum_{i=1}^n \varphi_i^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^n |M_z)_i| \varphi_i \right) \left(\sum_{i=1}^n \varphi_i \right)}{n \left(\sum_{i=1}^n \varphi_i^2 \right) - \left[\sum_{i=1}^n \varphi_i \right]^2} = \dots\dots\dots$$

$$C_2 = \frac{0,981 \cdot 345,4362 - 7.7893 \cdot 43.9823}{7.345,4362 - (43,9823)^2}$$

$$C_2 = 7.7 \cdot 10^{-3} \text{ Nm}$$

5- En déduire la constante de torsion C sachant que $M_z = -C \varphi$ et

$$|M_z| = C_1 \varphi + C_2$$

$$\begin{cases} |M_z| = C\varphi \\ |M_z| = C_1\varphi + C_2 \end{cases} \Rightarrow C = C_1$$

$$C = C_1 = 0.023 \text{ Nm/Rad}$$

4- on remplit le tableau (T_{moy} dans le tableau est la somme des deux mesures de $T/2$):

$a(m)$	a^2	a^4	$T/2(s)$	T_{moy}	T^2	$T^2 a^2$
0	0	0	1.3579 1.4335	2.7904	7.7863	0
0.03	0.0009	81×10^{-8}	1.3965 1.4843	2.8808	8.299	0.0074
0.06	0.0036	1296×10^{-8}	1.560 1.689	3.1681	10.043	0.0361
0.09	0.0081	6561×10^{-8}	1.6939 1.9910	3.6048	12.9945	0.1092
0.12	0.0144	20736×10^{-8}	1.8624 2.2412	4.1033	16.1033	0.2424
	$\Sigma = 0.027$	$\Sigma = 2.87 \times 10^{-4}$			$\Sigma = 55.96$	$\Sigma = 0.3911$

Tableau 5.2

5- Calculer les coefficients C_3 et C_4 (n est le nombre de mesures) :

$$C_3 = \frac{n \left(\sum_{i=1}^n T_i^2 a_i^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^n T_i^2 \right) \left(\sum_{i=1}^n a_i^2 \right)}{n \left(\sum_{i=1}^n a_i^4 \right) - \left[\sum_{i=1}^n a_i^2 \right]^2} = \dots$$

$$C_3 = \frac{5.0,3911 - 55.96 \cdot 0.027}{5.2,87 \cdot 10^{-4} - (0.027)^2}$$

$$C_3 = 629.69 \text{ s}^2 \text{ m}^{-2}$$

$$C_4 = \frac{\left(\sum_{i=1}^n T_i^2\right)\left(\sum_{i=1}^n a_i^4\right) - \left(\sum_{i=1}^n T_i^2 a_i^2\right)\left(\sum_{i=1}^n a_i^2\right)}{n \left(\sum_{i=1}^n a_i^4\right) - \left[\sum_{i=1}^n a_i^2\right]^2} = \dots\dots\dots$$

$$C_4 = \frac{55,96 \cdot 2,87 \cdot 10^{-4} - 0,3911 \cdot 0,027}{5 \cdot 2,87 \cdot 10^{-4} - (0,027)^2}$$

$$C_4 = 7,79 \text{ s}^2$$

6- Pour calculer la valeur expérimentale du moment d'inertie I_z on utilise l'expression suivante :

$$I_z = (I_z)_{\text{exp}} = \frac{C \times C_4}{4 \pi^2} = \dots\dots\dots$$

$$I_z = \frac{0,023 \cdot 7,79}{4 \cdot 3,14^2}$$

$$I_z = 0,004$$

7- Pour calculer la valeur théorique du moment d'inertie du disque $(I_z)_{\text{théo}}$ si la masse du disque est $M = 375 \text{ g}$ et son rayon $R = 15 \text{ cm}$.

On utilise la formule :

$$(I_z)_{\text{théo}} = \frac{1}{2} M R^2 = \dots\dots\dots$$

$$(I_z)_{théo} = \frac{1}{2} \cdot 0,375 \cdot (15 \cdot 10^{-2})^2$$

$$(I_z)_{théo} = 0,0042 \text{ Kgm}^2$$

8- on calcule en pourcentage le rapport :

$$\frac{|(I_z)_{théo} - (I_z)_{exp}|}{(I_z)_{théo}} = \frac{|0,0042 - 0,0045|}{0,0042}$$

$$\frac{|(I_z)_{théo} - (I_z)_{exp}|}{(I_z)_{théo}} = 7 \%$$

5.4 Conclusion :

On remarque que les résultats théoriques et expérimentaux sont similaires.

Les sources des erreurs sont :

- erreurs sur les angles
- erreurs sur les forces
- erreurs sur les périodes (le temps)
- erreurs sur la distance
- les frottements du disque avec l'air
- les frottements de l'axe avec le support.