

UNIVERSITE D'ANNABA

DEPARTEMENT DE PHYSIQUE

TRAVAUX PRATIQUES
DE
MECANIQUE

PREPARES PAR :

Mme BENAICHE MALIKA

Liste des travaux pratiques de mécanique

TP	Pages
1-Séance de préparation aux travaux pratiques	1.....3
2-Etude d'un pendule simple	4.....6
3-Etude du mouvement d'un pendule de torsion	7.....10
4-Etude du mouvement d'un pendule physique	12.....17
5-Chute libre	18.....22
6-Etude du mouvement composé du pendule de Maxwell	23.....26'
7-Loi de conservation de l'énergie mécanique	27.....31

SEANCE DE PREPARATION AUX TRAVAUX PRATIQUES

I-But des travaux pratiques

Les travaux pratiques représentent un élément indispensable à l'étude de la physique, on peut exprimer les buts des travaux pratiques de la manière suivante :

- a-apprendre les méthodes fondamentales, appareils principaux et unités de mesures.
- b-Apprendre à mesurer des grandeurs physiques et calculer des incertitudes de mesures.
- c-Etudier certains phénomènes physiques et vérifier les lois fondamentales.

II-Ordre général des travaux pratiques

Les travaux pratiques se composent de quatre parties essentielles; chacune d'elles jouant un rôle important dans le bon déroulement du travail pratique :

- a-Préparation préliminaire à domicile.
- b-Manipulation pendant la séance et remplissage des tableaux.
- c-Calculs des grandeurs et des incertitudes.
- d-Rédaction et remise du compte rendu.
- e-Les TP à préparer sont réunis dans une brochure donnée au préalable à l'étudiant. Chaque semaine l'étudiant prépare un TP différent et doit remettre le compte rendu individuellement après avoir dûment rempli les tableaux,

calculé les grandeurs et incertitudes, tracé les graphes après les avoir commentés et terminé par une conclusion générale.

α -Présentation des résultats

Les résultats doivent être mis en évidence en les encadrant après avoir calculé les différentes entités physiques et leurs incertitudes :

$$\text{Ex : } M = (M_{\text{moy}} \pm \Delta M_{\text{moy}}) . \text{U. S.I}$$

Cette notation a l'avantage de donner les limites entre lesquelles le résultat se place et de fixer le nombre de chiffres significatifs. Le dernier chiffre est toujours incertain .C'est sur ce chiffre que se situe l'incertitude.

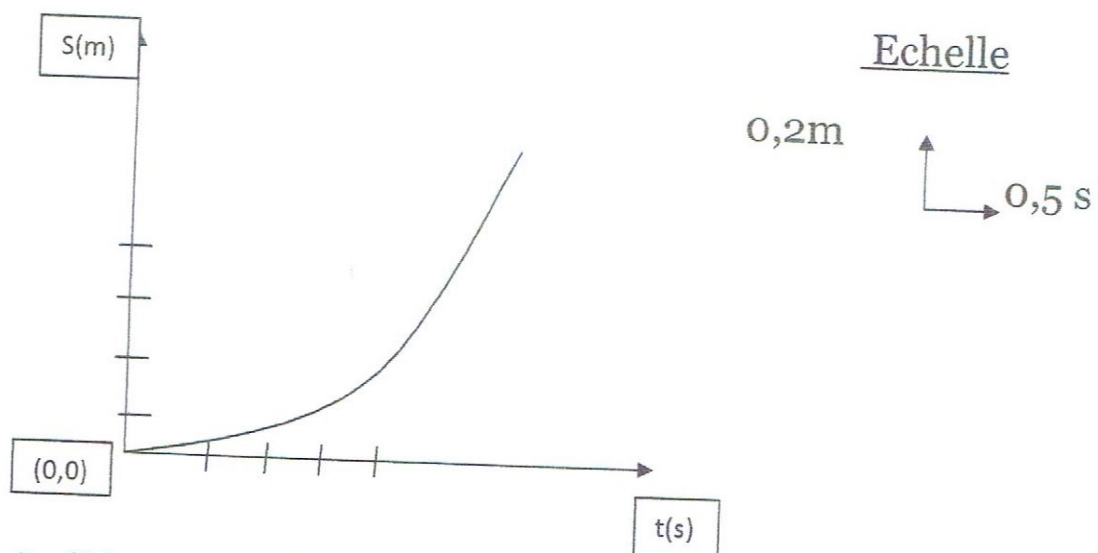
β -Représentation graphique

Pour tracer une courbe, on prendra l'habitude de procéder de la manière suivante :

a-Prendre un repère orthonormé , c'est-à-dire choisir l'unité sur chacun des axes de façon que tous les points puissent figurer sur le graphe.

b-Représenter les points expérimentaux en choisissant une bonne échelle qui permet de représenter les différents points

Ex :



Ex : $S=f(t)$, courbe de la distance parcourue en fonction du

TP 1

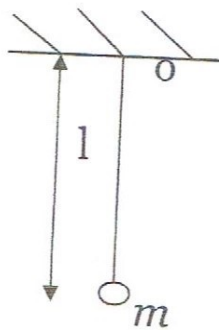
Etude d'un pendule simple

I. But de la manipulation

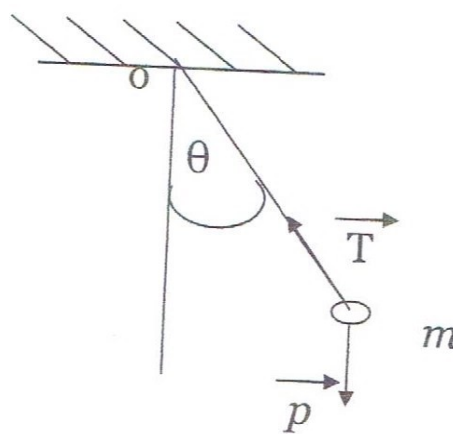
- 1-Vérification de la formule donnant la période des oscillations libres du pendule simple $T=2 \pi(l/g)^{1/2}$
- 2-Détermination de l'accélération de la pesanteur g

II. Théorie

On appelle pendule simple un système formé d'une masse m sans dimensions, assimilée à un point matériel ,suspendue par un fil inextensible et de masse négligeable , de longueur l .



-a-



-b-

Si le système précédent (-a-) est écarté de sa position d'équilibre d'un angle θ (-b-), puis lâché sans vitesse initiale , il effectue un mouvement oscillatoire sous l'action de la force de pesanteur en l'absence d'amortissement.

Après la loi fondamentale de la dynamique et pour un mouvement de rotation , on peut écrire :

$$M_{/o}(F_{\text{ext}}) = I d^2 \theta / dt^2 \quad (1)$$

$$M_{/o}(F_{\text{ext}}) = M_{/o}(T) + M_{/o}(P)$$

$$M_{/o}(T) = 0, \quad M_{/o}(P) = -mgl \sin \theta$$

où I : moment d'inertie de m par rapport à o

et $I = m l^2$

Les oscillations étant faibles : $\sin \theta \sim \theta$

L'équation (1) devient : $m l^2 d^2 \theta / dt^2 = - m g l \sin \theta$

$$d^2 \theta / dt^2 + (g/l) \theta = 0 \quad (2)$$

(2) est une équation différentielle du second ordre, dont la solution si on pose $\omega^2 = g/l$, ω étant la pulsation du mouvement oscillatoire du pendule simple est :

$$\theta(t) = \theta_0 \cos(\omega t + \varphi)$$

La période des petites oscillations est : $T = 2\pi / \omega = 2\pi(l/g)^{1/2}$

III. Manipulation

1-Fixer la longueur l du pendule

2-Ecarter-le de sa position d'équilibre d'un angle θ

($6^\circ \leq \theta \leq 10^\circ$), enclencher le chronomètre, puis abandonner le pendule sans vitesse initiale.

3-Déterminer le temps de n oscillations ($n=10$). Répéter l'opération 4 fois.

4- Changer la longueur du pendule . Répéter l'opération (2-) , 4 fois.

5-Mettre tous les résultats dans le tableau ci-dessous.

6-Calculer pour chaque longueur du pendule, la période T sachant que $T_i = t_i / n$.

7-Calculer g_{moy} et Δg_{moy} . Exprimer le résultat sous la forme :

$$g_{\text{exp}} = (g_{\text{moy}} \pm \Delta g_{\text{moy}}) \text{ usi}$$

8-Tracer le graphe $T=f(l)^{1/2}$, et en déduire g_{graph} .

9-Calculer $g_{\text{thé}}$ sachant que : $g_{\text{thé}} = (9,7804 + 0,052 \sin^2 \varphi)$

Où φ représente la latitude du lieu considéré. Pour Annaba
 $\varphi = 37^\circ$.

10-comparer g_{exp} , $g_{\text{thé}}$ et g_{grap} . Conclure .

$l(\text{m})$	t	t_{moy}	T_{moy}	$l^{1/2}$	g	g_{moy}	Δg	Δg_{moy}
0,20								
0,40								
0,60								
0,80								
1,00								
1,20								

Tableau

TP 2

**Etude du mouvement d'un pendule
de torsion**

I. But de la manipulation

- 1-Vérification du théorème de Huygens
- 2-Détermination du moment d'inertie de quelques solides

II. Théorie

La relation entre le moment cinétique L et le moment de couple M d'un corps rigide dans un système de coordonnées au repos est :

$$\vec{M} = d\vec{L}/dt$$

Le moment cinétique dans le cas où ω , la vitesse de rotation est suivant l'axe de rotation OZ , est tel que :

$$L_z = I_z \cdot \omega,$$

Donc $M = I_z d\omega/dt$

Comme $\omega = d\theta/dt$

c'est -à-dire : $M = I_z \cdot d^2\theta/dt^2$

Pour un pendule de torsion, le moment de couple est tel que :

$$\vec{M} = \vec{OM} \times \vec{F}$$

dont le module est : $M = OM \cdot F \cdot \sin\theta$

avec $\theta = (\vec{OM}, \vec{F})$

Dans le cas où : $\vec{OM} \perp \vec{F}$, $M = OM \cdot F$

Ce moment de couple est aussi égal à :

$$M = - C \cdot \theta$$

C : étant la constante de torsion du pendule

le signe (-) : signifie que M est un moment de rappel (il tend à ramener le pendule à sa position d'équilibre). On en déduit que :

$$I_z \, d^2\theta/dt^2 = - C \cdot \theta$$

ou :

$$d^2\theta/dt^2 + C \cdot \theta / I_z = 0$$

équation différentielle du second ordre, dont la solution si on pose $\omega^2 = C / I_z$ (ω étant la pulsation du mouvement oscillatoire du pendule de torsion) est :

$$\theta(t) = \theta_0 \cos(\omega t + \varphi).$$

La période de ce mouvement est :

$$T = 2\pi (I_z / C)^{1/2}$$

et

$$I_z = (C T^2 / 4\pi^2) \quad (7)$$

III. Manipulation

Exercice1 : détermination de la constante de torsion

1-Fixer sur l'axe de torsion du pendule, la tige de 30 cm de longueur.

2-Déterminer à l'aide d'un dynamomètre accroché perpendiculairement à la tige à des distances r de son milieu les forces F nécessaires pour faire tourner la tige d'un angle $\theta = \pi/2$ par rapport à sa position d'équilibre.

3-Calculer le couple de torsion $M = F \cdot r = C \cdot \theta$, et en déduire C la constante de torsion.

4-Mettre tous les résultats dans le tableau1

r(m)	F	M	C	C _{moy}	ΔC	ΔC_{moy}
0,05						
0,10						
0,15						
0,20						
0,25						
0,30						

Tableau1

Exercice 2 : détermination du moment d'inertie

a- Tige avec masselottes :

1-Enfiler à la tige 2 masselottes de masse m chacune , des deux côtés opposés par rapport à l'axe de torsion du pendule.

2-A l'aide d'un chronomètre, déterminer la $\frac{1}{2}$ période de la tige pour chacune des positions des deux masselottes, et en déduire la période. Utiliser un angle de torsion $\theta = \pi/2$.

b-Tige sans masselottes :

1 - enlever les 2 masselottes .

2-A l'aide du chronomètre, déterminer la $\frac{1}{2}$ période de la tige seule, et en déduire la période.

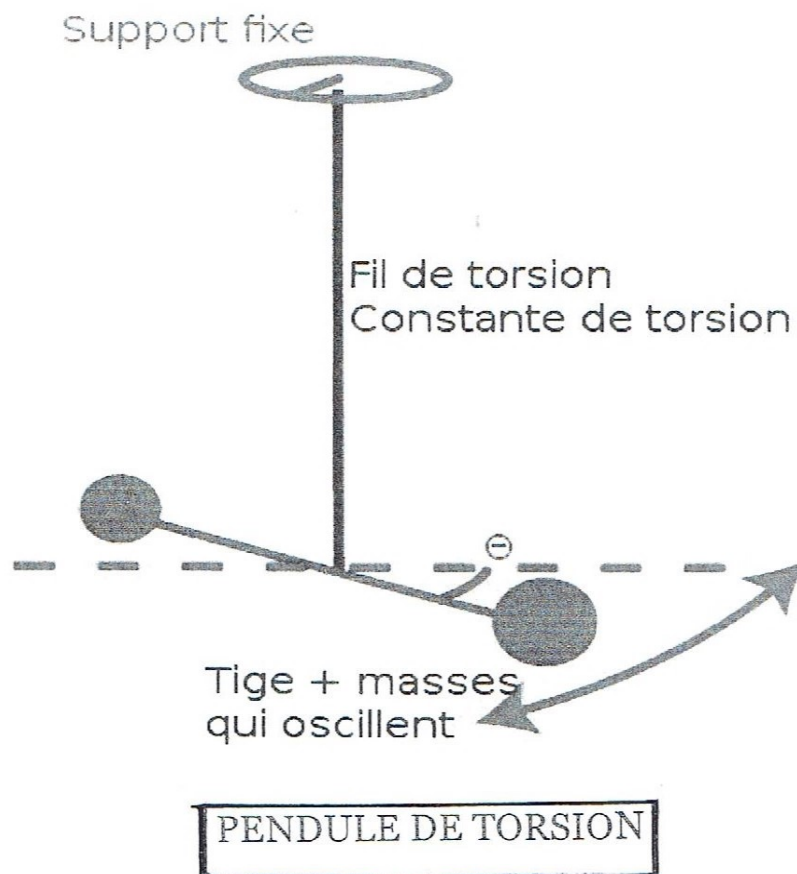
3-Mettre tous les résultats dans le tableau 2.

4-Tracer $I = f(r^2)$ et en déduire le moment d'inertie graphique

I_{graph} de la tige seule sans les masselottes. Le comparer avec son moment d'inertie expérimental I_{exp} .

$r(m)$	T	T_{moy}	ΔT	ΔT_{moy}	r^2	I
0,05						
0,10						
0,15						
0,20						
0,25						
0,30						
Tige seule						

Tableau2



c. Autres solides

1-Déterminer à l'aide du chronomètre la $\frac{1}{2}$ période de la tige seule.

2-Enlever la tige . La remplacer par la sphère. Déterminer également sa $\frac{1}{2}$ période.

3-Remplacer la sphère par le cylindre et déterminer sa $\frac{1}{2}$ période. Mettre tous les résultats dans le tableau3.

4-Déterminer la période de la tige, de la sphère , puis du cylindre.

5-En déduire leurs moments d'inertie respectifs. Les comparer aux moments d'inertie théoriques , sachant que :

$$I_{\text{tige}} = \frac{1}{12}(m_{\text{tig}} l^2), l \text{ étant la longueur totale de la tige.}$$

$$I_{\text{sphère}} = \frac{2}{5} (m_{\text{sph}} R^2) , R \text{ étant le rayon de la sphère.}$$

$$I_{\text{cyl}} = \frac{1}{2} (m_{\text{cyl}} R^2) , R \text{ étant le rayon du cylindre.}$$

	T	T_{moy}	I_{mes}	I_{cal}
Tige				
Sphère				
Cylindre				

Tableau3

TP 3

Etude du mouvement d'un pendule physique

I. But de la manipulation

1-Vérification de la formule donnant la période des oscillations libres du pendule physique.

2-Détermination de l'accélération de la pesanteur.

II. Théorie

On appelle pendule physique un solide indéformable mobile autour d'un axe horizontal ne passant pas par son centre de gravité. Lorsqu'on l'écarte de sa position d'équilibre d'un angle θ , le moment de la force de pesanteur M , appelé moment de rappel tend à ramener le pendule à sa position d'équilibre.

De l'application de la loi fondamentale de la dynamique de rotation :

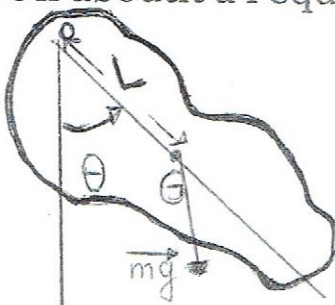
$$M = I \frac{d^2 \theta}{dt^2}$$

Où

I : est le moment d'inertie du pendule

$\frac{d^2 \theta}{dt^2}$: est l'accélération angulaire du mouvement de ce pendule

On aboutit à l'équation du mouvement :



$$I \frac{d^2 \theta}{dt^2} = - mgL \sin \theta$$

Où

m : est la masse du pendule

L : est la distance séparant le centre de gravité G de l'axe de rotation passant par O

Pour les faibles oscillations (θ petit), on considère l'approximation suivante: $\sin\theta \sim \theta$.

Par suite , on obtient :

$$I \frac{d^2 \theta}{dt^2} + m g L \theta = 0$$

ou

$$\frac{d^2 \theta}{dt^2} + (m g L / I) \theta = 0$$

qui est une équation du second ordre , dont la solution si on pose $\omega^2 = mgL/I$ (ω étant la pulsation du mouvement oscillatoire du pendule), donne :

$$\theta(t) = \theta_0 \cos(\omega t + \varphi)$$

La période des oscillations vaut alors :

$$T = 2\pi / \omega = 2\pi (I / m g L)^{1/2}$$

III. Manipulation

Exercice1 : vérification de la loi donnant la période d'un pendule physique constitué d'une tige seule , et détermination de l'accélération de la pesanteur

1-Mesurer à l'aide d'une règle , la longueur effective L_A de la tige.

2-Mettre la tige sur le prisme . Etablir son équilibre. Déterminer son centre de gravité .Noter la distance L_O séparant l'axe de rotation de la tige de ce centre de gravité (voir fig1) .

3-Suspendre la tige. L'écarter de sa position d'équilibre d'un angle $6^\circ \leq \theta \leq 10^\circ$ (voir fig2) . la Lâcher sans vitesse initiale et déterminer le temps de n oscillations autour de son axe de rotation.

4-Refaire l'opération 4 fois

5-Calculer la période T sachant que : $T = t/n$

6-Calculer I_A le moment d'inertie de la tige sachant que :

$$I_A = m_A (L_A^2/12 + L_O^2)$$

où m_A est la masse de la tige.

7-Calculer l'accélération de la pesanteur g, où :

$$g = 4 \pi^2 I_A / m_A L_O T^2$$

8-Mettre tous les résultats dans le tableau 1

	L_A	L_O	n	t	t_{moy}	T_{moy}	T_{moy}^2	I_A	$I_A/m_A L_O$	g
Tige seule			10							

Tableau1

Exercice 2 : Vérification de la loi donnant la période d'un pendule composé et détermination de l'accélération de la pesanteur pour (la tige + la surcharge)

1-Considérer la surcharge C . Noter sa masse m_c . Mesurer son diamètre D.

2-Fixer la surcharge C au bas de la tige précédente à une distance l de l'axe de rotation (voir fig3).

3-Poser l'ensemble (tige + surcharge) sur le prisme . Etablir son équilibre. Déterminer son centre de gravité. Noter L la distance séparant l'axe de rotation , du centre de gravité de l'ensemble (tige + surcharge).

4- Suspendre l'ensemble . L'écarter de sa position d'équilibre d'un angle $6^\circ \leq \theta \leq 10^\circ$. le Lâcher sans vitesse initiale et déterminer le temps de n oscillations autour de son axe de rotation.

5- Refaire l'opération 4 fois.

6-Changer la distance l de fixation de la surcharge et refaire les mêmes opérations(3-) et(4-) pour 2 autres positions de la surcharge au bas de la tige.

7-Calculer la période T sachant que : $T = t/n$

8-Calculer I le moment d'inertie de l'ensemble sachant que :

$$I = I_A + I_C$$

où I_C est le moment d'inertie de la surcharge C de masse m_C et vaut : $I_C = m_C (l + D/2)^2 + \frac{1}{2} m_C (D/2)$

9-Calculer l'accélération de la pesanteur g pour les différentes positions de la surcharge où :

$$g = 4 \pi^2 I / m L T^2$$

et $m = m_A + m_C$: masse de l'ensemble (tige + surcharge)

10-Mettre tous les résultats dans le tableau 2

11-Calculer l'accélération expérimentale g_{moy} et Δg_{moy}

12-Tracer le graphe $T^2 = f(I / m L)$, et en déduire g_{grap}

13-Calculer $g_{thé}$, sachant que : $g_{thé} = 9,7804 + 0,052 \sin^2 \varphi$

Où φ représente la latitude du lieu considéré . Pour Annaba

$$\varphi = 37^\circ$$

13-Comparer g_{exp} , g_{graph} et $g_{thé}$. Conclure.

Tige + Sur charge	l_1 mm	L_1	n	t_1	t_{1moy}	T_{1moy}	I_{C1}	I_{C1} + I_A	g_1	g_{moy}	Δg_1	Δg_{moy}	
	940		10										
	l_2 mm	L_2			t_2	t_{2moy}	T_{2moy}	I_{C2}	I_{C2} + I_A	g_2		Δg_2	
	960												
l_3 mm	L_3			t_3	t_{3moy}	T_{3moy}	I_{C3}	I_{C3} + I_A	g_3		Δg_3		
980													

Tableau2

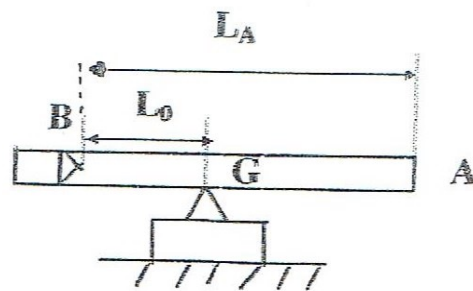


Fig1

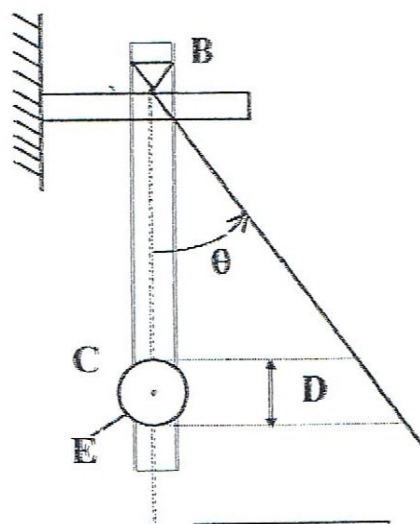


Fig2

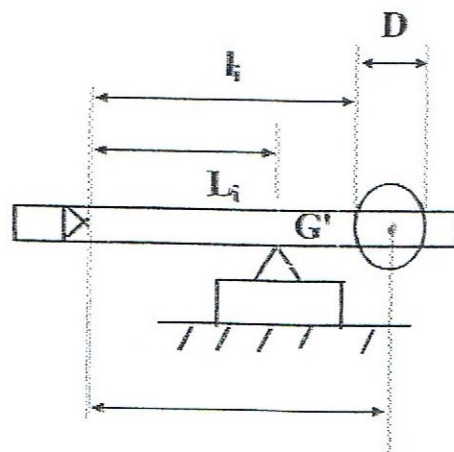


Fig3

TP 4

CHUTE LIBRE

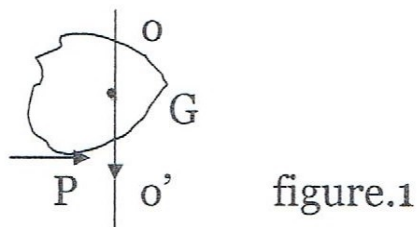
I. But de la manipulation

On se propose d'étudier les lois de la chute libre d'un corps à partir de mesures directes des durées de cette chute pour différentes hauteurs

II. Théorie

On appelle chute libre le mouvement d'un corps abandonné dans le vide sans vitesse initiale et soumis à la seule action de son poids $\vec{p}$.

L'étude expérimentale montre, que tout corps en chute libre est dirigé vers la terre suivant la verticale où de son centre de gravité G (fig. 1)



Tous les corps tombent suivant la même loi. L'expérience montre que dans le vide, le mouvement de chute libre d'un corps est un mouvement uniformément accéléré.

L'accélération de ce mouvement est l'accélération de la pesanteur $\vec{g}$

Ceci est conforme à la seconde loi de Newton :

Un corps en chute libre dans le vide est soumis à la seule action de son poids $\vec{p}$, qui est constant dans un même lieu du globe.

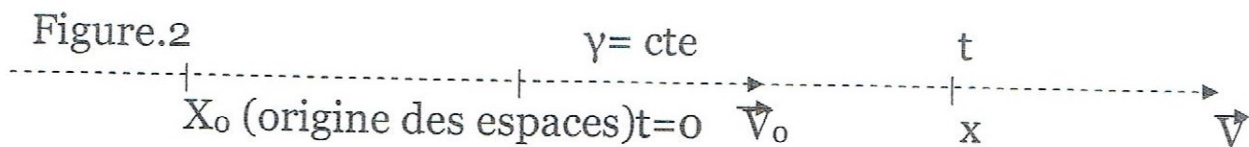
Cette force constante imprime au corps un mouvement uniformément accéléré avec l'accélération $\vec{g}$ tel que :

$$\vec{p} = m \vec{g}$$

Les équations générales d'un mouvement uniformément accéléré sont :

$$x = \frac{1}{2} \gamma t^2 + V_0 t + x_0 \quad (1)$$

$$V = \gamma t + V_0$$



x : espace parcouru à l'instant t par le mobile

x_0 : espace parcouru à l'instant $t=0$

V : vitesse du mobile à l'instant t

V_0 : vitesse du mobile à l'instant $t=0$

γ : accélération de la pesanteur

t : durée du parcours

Adoptons comme origine des temps ($t=0$) l'instant auquel le mobile passe par l'origine des espaces ($X_0=0$)

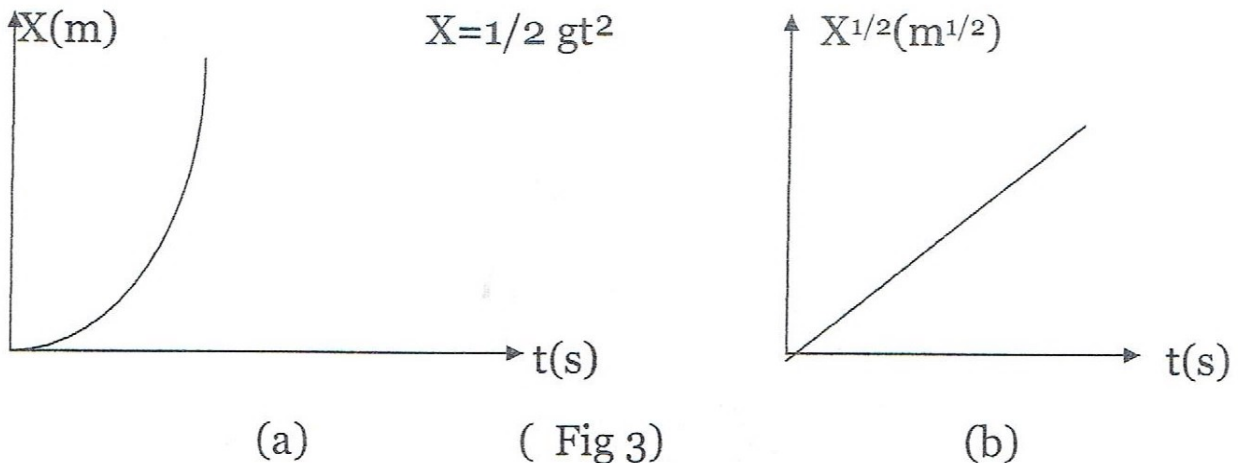
Dans le cas de la chute libre d'un corps abandonné sans vitesse initiale ($V_0=0$) les équations (1) prennent alors la forme :

$$X = \frac{1}{2} g t^2 \quad (2)$$

$$V = g t$$

$$\gamma = g = \text{cte}$$

Le graphique des espaces parcourus en fonction du temps est dans ce cas, une parabole (fig 3-a)



La seconde courbe (fig 3-b) est caractéristique du mouvement rectiligne uniformément accéléré .Cette courbe est une droite. Les expressions (2) décrivent la chute libre d'un corps (sous la seule action de son poids).

Elles ne sont plus valables si la chute s'effectue dans l'air.

En effet, le corps qui tombe dans l'air est soumis à plusieurs forces à la fois : force de la pesanteur, poussée d'Archimède, résistance de l'air.

-La poussée d'Archimède, dépend de la densité du corps

-la résistance de l'air ,dépend de la forme du corps et varie avec la vitesse de celui-ci

III. Manipulations :

1. Accrocher la bille à l'électro-aimant (1)
2. A l'aide de l'interrupteur (A) couper le courant pour libérer la bille
3. Déterminer le temps de chute de la bille pour différentes hauteurs.
4. Répéter l'expérience 4 fois

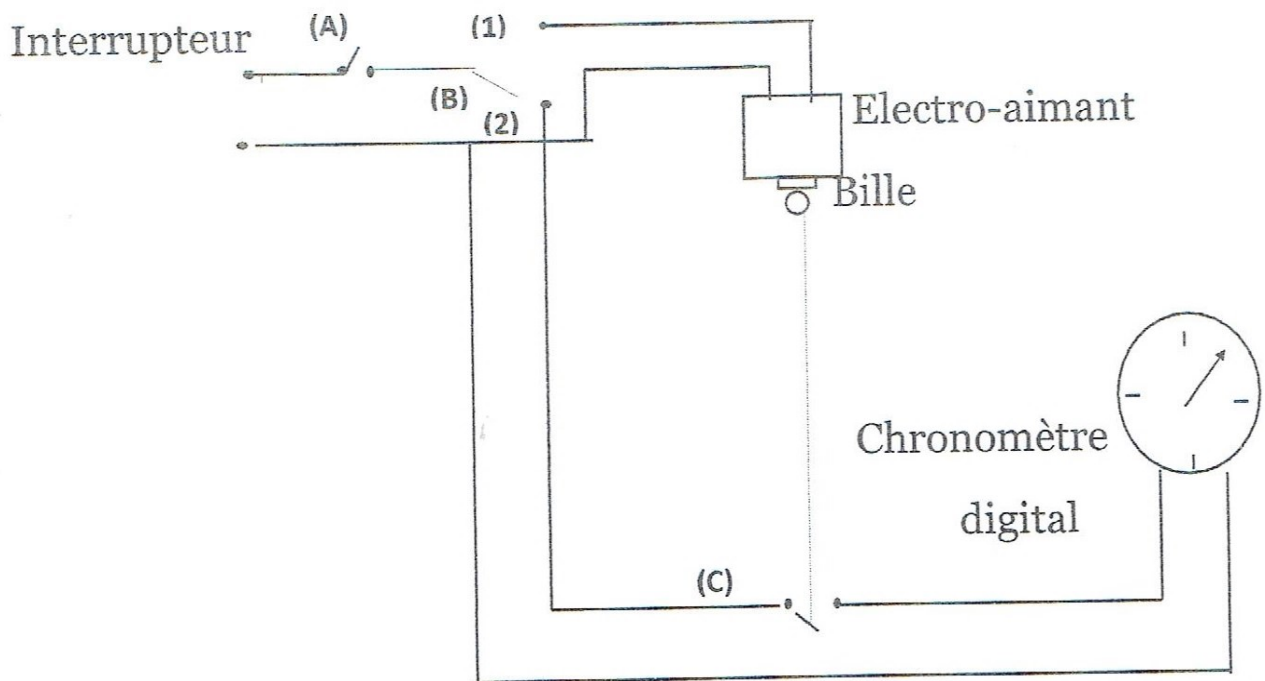
5. Mettre les résultats dans le tableau ci- dessous
6. Calculer g_{moy} et Δg_{moy} . Exprimer le résultat sous la forme :

$$g_{\text{exp}} = (g_{\text{moy}} \pm \Delta g_{\text{moy}}) \text{ usi}$$

7. Tracer les graphes $h=f(t)$ et $h^{1/2}=f(t)$.
Donner des conclusions sur les caractères du mouvement de chute libre.
8. calculer $g_{\text{thé}}$ sachant que :
 $g_{\text{thé}} = (9,7804 + 0,052 \sin^2 \varphi) \text{ u.s.i}$
où φ représente la latitude du lieu considéré. Pour Annaba
 $\varphi = 37^\circ$
9. comparer g_{exp} , $g_{\text{thé}}$ et g_{grap} . Conclure .

h(m)	t	t _{moy}	Δt	Δt _{moy}	g	g _{moy}	Δg	Δg _{moy}		
0,40										
0,60										
0,80										
1,00										
1,20										

Schéma du dispositif



TP 5**Etude du mouvement composé du pendule de Maxwell****I. But de la manipulation**

- 1-Etude du mouvement composé du pendule de Maxwell
- 2-Détermination du moment d'une force , de l'accélération angulaire et du moment d'inertie de ce pendule

II. Théorie

Tout solide en rotation sous l'action d'un moment de force acquiert une vitesse angulaire. Le moment de force par rapport à l'axe de rotation et le moment d'inertie du solide sont liés par la loi fondamentale de la dynamique du solide en rotation :

$$M = I \, d\omega/dt = I \, \epsilon \quad (1)$$

où

M : est le moment de force

I : est le moment d'inertie du solide

$\epsilon = d\omega/dt$: est l'accélération angulaire du mouvement de rotation de ce solide

Considérons le pendule de Maxwell : il se compose d'un tambour cylindrique (A) de masse m_1 et de rayon R ; d'une tige pleine (B) de masse m_2 et de rayon r passant par le centre de gravité du tambour; l'ensemble (tambour- tige) est homogène et formé de la même matière ; il est aussi composé de deux

brins de fil (le fil est inextensible et de masse négligeable), fixés sur la tige.

Le pendule ainsi formé peut effectuer un mouvement de rotation libre permettant aux deux brins de fil de s'enrouler sur la tige. Le pendule descend en tournant à travers 2 barrières lumineuses déterminant la hauteur de descente : son mouvement est un mouvement composé : rotation-translation

En négligeant les frottements, les équations de ce mouvement composé sont telles que :

$$mg - 2T = m\gamma \quad (2)$$

$$M = 2Tr = I\epsilon \quad (3)$$

$$\gamma = \epsilon r \quad (4)$$

Où : γ est l'accélération linéaire du mouvement de translation du centre de gravité du pendule

ϵ est l'accélération angulaire du mouvement de rotation du pendule

M est la masse totale du pendule et vaut $m = m_1 + m_2$

T est la tension de chaque brin de fil

g est l'accélération de la pesanteur

des équations (2), (3) et (4), on obtient :

$$I = (g - \gamma) \cdot (mr^2 / \gamma) \quad (5)$$

Si h la hauteur de descente est :

$$h = \frac{1}{2} \gamma t^2 \quad (6)$$

on obtient finalement :

$$I_{\text{exp}} = mr^2 [-1 + (gt^2 / 2h)] \quad (7)$$

III. Manipulation

- 1-Mesurer les diamètres D du tambour (A) et d de la tige (B).
- 2-Enrouler les deux brins de fil sur la tige ; mesurer à l'aide d'une règle graduée la hauteur de descente h.
- 3-Libérer le système ; enclencher le chronomètre et mesurer le temps de descente t.
- 4- Refaire les étapes 2- et 3- , 4 fois.
- 5-Changer la hauteur de descente h et refaire les mêmes étapes qu'auparavant. Mettre tous les résultats dans le tableau.
- 6-D'après l'équation (6) , déterminer l'accélération linéaire γ .
- 7- D'après l'équation (2) , déterminer la tension T de chaque brin de fil et en déduire le moment de force M .Que remarquez-vous ?
- 8-D'après l'équation (4) , déterminer l'accélération angulaire ϵ . Calculer M / ϵ . Que remarquez-vous ?
- 9- D'après l'équation (7) , déterminer le moment d'inertie expérimental I_{exp} puis l'écrire sous la forme :

$$I_{\text{exp}} = (I_{\text{expmoy}} \pm \Delta I_{\text{expmoy}}) \text{ u. s.i1}$$

- 10-Déterminer le moment d'inertie théorique $I_{\text{thé}}$ tel que :

$$I_{\text{thé}} = 1/2 m_1 R^2 + 1/2 m_2 r^2$$

où : (m_1 , R) sont la masse et le rayon du tambour

(m_2, r) sont la masse et le rayon de la tige

- 11-Comparer I_{exp} et $I_{\text{thé}}$. Conclure.

On donne :

TRAVAUX PRATIQUES DE MECANIQUE

Par mme
BENAICHE

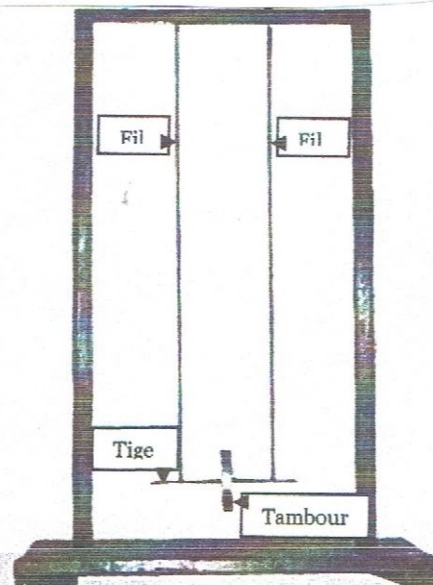
$$m_1 = (450 \pm 1) \text{ g}$$

$$R = (64,00 \pm 0,02) \text{ mm}$$

$$m_2 = (20 \pm 1) \text{ g}$$

$$r = (3,00 \pm 0,02) \text{ mm}$$

h (m)	t	t _{moy}	Δt	Δt _{moy}	γ	T	M	ε	I _{exp}	I _{expmoy}	ΔI _{exp}	Δ
0,20												
0,30												
0,40												
0,50												



Pendule de Maxwell

TP6

**Loi de conservation de l'énergie
mécanique**

I. But de la manipulation

1-Vérification de la loi fondamentale de la dynamique du mouvement de rotation du solide

2-Vérification de la loi de conservation de l'énergie mécanique

II. Théorie

Tout solide en rotation sous l'action d'un moment de force acquiert une vitesse angulaire. Le moment de force par rapport à l'axe de rotation et le moment d'inertie du solide sont liés par la loi fondamentale de la dynamique du solide en rotation, en l'absence de frottements :

$$M = I \, d\omega/dt = I \, \epsilon \quad (1)$$

où

M : est le moment de force

I : est le moment d'inertie du solide

$\epsilon = d\omega/dt$: est l'accélération angulaire du mouvement de rotation de ce solide

Considérons notre système : il se compose d'une roue (A) munie d'un tambour (B) de rayon r , fixé au mur, tournant autour d'un axe fixe horizontal. Un fil inextensible et de masse négligeable est enroulé sur le tambour. Un plateau de masse m est accroché au fil. Le tambour, le fil et le plateau effectuent un mouvement de rotation-translation. D'après la loi

fondamentale de la dynamique appliqué au centre de gravité du plateau :

$$mg - T = m \gamma \quad (2)$$

ou
$$T = m (g - \gamma) \quad (3)$$

avec :

T est la tension du fil auquel est accroché le plateau

g est l'accélération de la pesanteur

γ est l'accélération linéaire du mouvement du plateau

Pour une hauteur de descente h , effectuée en un temps t , l'accélération linéaire est :

$$\gamma = 2h / t^2 \quad (4)$$

tandis que la vitesse linéaire :

$$v = \gamma t = 2h / t \quad (5)$$

Le tambour tourne sous l'action de la force tangentielle T , tension du fil et acquiert une accélération angulaire ϵ telle que :

$$\epsilon = M / I \quad (6)$$

M étant le moment de cette tension du fil

$$M = T r = m(g - \gamma) r \quad (7)$$

L'accélération angulaire est

$$\epsilon = \gamma / r = 2h / r t^2 \quad (8)$$

la vitesse angulaire est

$$\omega = v / r = 2h / r t \quad (9)$$

et l'angle de rotation du tambour sous l'action de la tension du fil est :

$$\rho = h / r \quad (10)$$

III. Manipulation

Exercice1 : Vérification de la loi fondamentale de la dynamique du mouvement de rotation du solide

- 1-Mesurer le diamètre d du tambour (B) de la roue (A).
- 2-Mettre sur le plateau une masse marquée donnée
- 3- Fixer la hauteur de descente h .
- 4- Enrouler le fil sur le tambour ; libérer le système ; enclencher le chronomètre et mesurer le temps de descente t .
- 5- Refaire l' étape (4-) , 4 fois.
- 6-Ajouter une nouvelle masse marquée , puis une troisième , puis une quatrième etc..... et refaire l'étape(4-) , 4 fois . Mettre tous les résultats dans le tableau 1.
- 7-Calculer : t^2 , γ , T , M et ϵ
- 8- Tracer $\epsilon = f (M)$. Que remarquez-vous ? trouver $M = M_{fr}$ le moment de frottement du tambour sur son axe de rotation. M_{fr} étant l'intervalle compris entre l'origine O du repère et l'intersection du graphe $\epsilon = f (M)$ avec l'axe des abscisses
Déterminer la pente de ce graphe et en déduire I_{graph} , le moment d'inertie graphique du tambour
- 9-Déterminer I_{exp} le moment d'inertie expérimental du tambour selon :
$$I_{exp} = (M - M_{fr}) / \epsilon$$

puis l'écrire sous la forme :

$$I_{exp} = (I_{expmoy} \pm \Delta I_{expmoy}) \quad \text{u. s.i}$$

- 10-Comparer I_{exp} et I_{graph} . Conclure.

Exercice2 : Vérification de la loi de conservation de l'énergie mécanique

1-Sachant qu'à l'instant initial et à la hauteur h , le plateau chargé a une énergie mécanique $E_i = m g h$; calculer cette énergie pour les différentes masses ajoutées à celle du plateau.

2- Calculer v , ω et ρ à l'instant final ; en déduire l'énergie cinétique de translation $E_{ct} = \frac{1}{2} m v^2$, l'énergie cinétique de rotation $E_{cr} = \frac{1}{2} I_{expmoy} \omega^2$ et le travail des forces de frottement $A_{fr} = M_{fr} \rho$. Mettre tous les résultats dans le tableau2

3-Comparer l'énergie mécanique initiale et l'énergie mécanique finale sachant que :

$$E_f = E_{ct} + E_{cr} + A_{fr}$$

4-Conclure

Tableau1

Mesures					Calculs									
m	t				t _{moy}	t ² _{moy}	γ	T	M	€	I _{exp}	I _{expmy}	ΔI _{exp}	ΔI _{expmy}

Tableau2

Calculs							
v	ω	ρ	E_{ct}	E_{cr}	A_{fr}	E_i	E_f

