LES COMPTES RENDUS DES TRAVAUX PRATIQUES DE LA MECANIQUE

REALISE PAR :

CHARKAOUI fatima

HAMMOU asmaa

GARTOUMI ibtissam

BOUCHOUA leila

ENCADRE PAR :

Mr :CHAFIK GUEMIMI

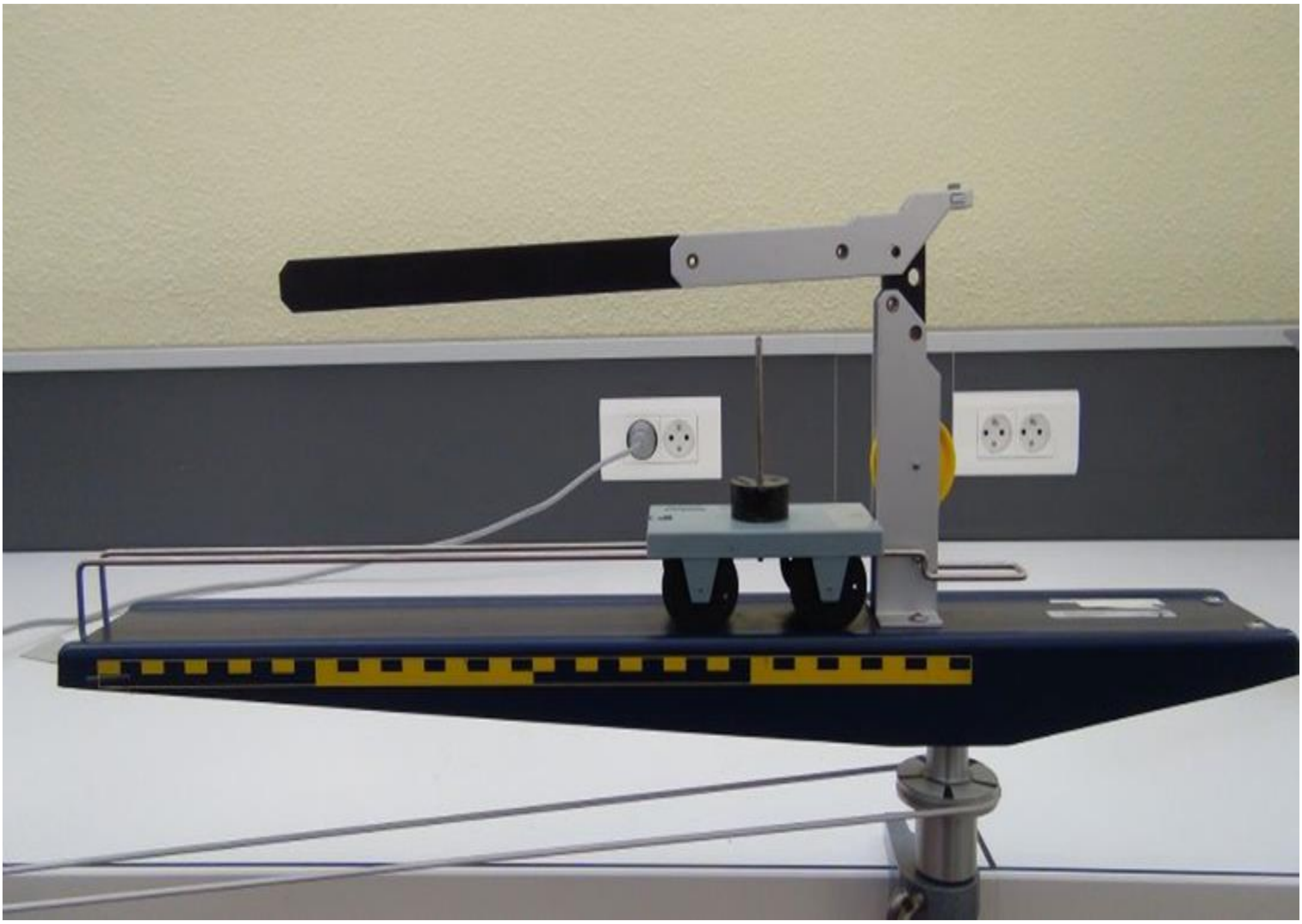
INTRODUCTION :

Les travaux pratiques, souvent abrégés en TP, constituent un type d'enseignement fondé sur l'apprentissage pratique avec en particulier la réalisation d'expériences permettant de vérifier et compléter les connaissances dispensées dans les cours théoriques.

Les travaux pratiques concernent généralement les sciences expérimentales. Contrairement aux autres types de cours qui se passent exclusivement à l'oral ou à l'écrit, les séances de travaux pratiques nécessitent souvent un matériel spécifique (verrerie et produits chimiques, circuits électriques, ordinateurs...). La salle de classe, de type laboratoire, affectée à ces travaux est généralement appelé Salle de travaux pratiques ou salle de TP. Les travaux pratiques sont une mise en application (et une mesure de la maîtrise par les étudiants) de la méthode scientifique, basée sur la pose d'hypothèse, la conception d'un protocole expérimental, l'expérimentation, l'interprétation des résultats et le raffinement des hypothèses initiales. Les travaux pratiques permettent de mettre en évidence les transferts et les techniques mis en œuvre dans les ateliers d'application et d'adapter les supports pédagogiques en fonction des techniques étudiées.

TP N°1 :

force centrifuge



Présentation du TP :

• Introduction :

Ce TP présente une étude de la force centrifuge exercée sur un corps en rotation autour d'un axe fixe. L'influence de la masse du corps sur cette force sera étudiée ainsi que sa distance par rapport à l'axe de rotation et sa vitesse de rotation.

La force centrifuge est une force physique inertielle ou fictive : elle entraine un mouvement, comme d'autres forces (les poussées ,la gravité …).On peut l'observer en étudiant le mouvement d'un référentiel non galiléen. Ainsi que cette force agissant sur un corps ayant une trajectoire curviligne et tendant à la pousser radialement vers l'extérieur en direction opposée à celle de la force centripète.

• Principe :

On cherche à mesurer la force centrifuge qui s'exerce sur un corps à l'aide d'un dynamomètre en fonction de trois autres paramètres : la masse du corps qui tourne, le rayon de rotation et la vitesse angulaire.

• Objectifs :

Comme les trois paramètres cités dans l'introduction font varier la force centrifuge, on étudie l'influence de chacun séparément :

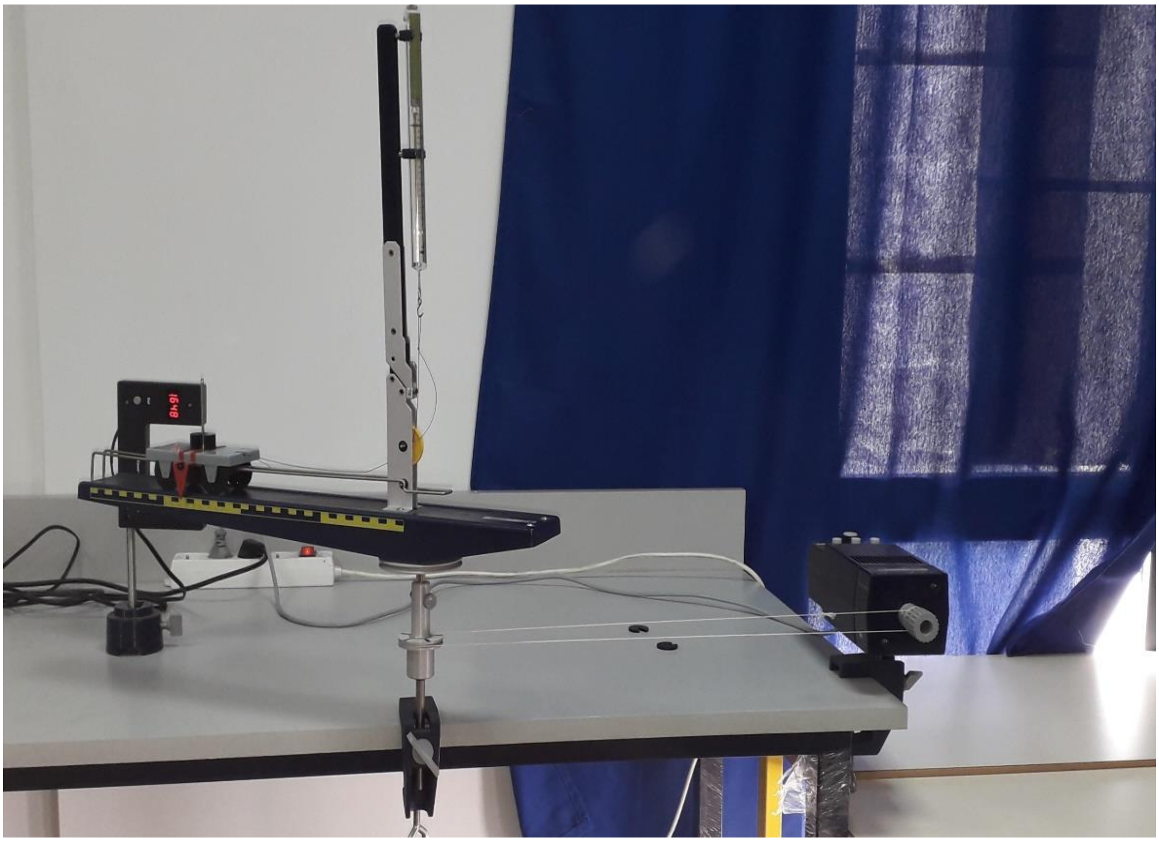
- Etude de l'influence de la masse du corps, le rayon et la vitesse angulaire étant constants.
- Etude de l'influence du rayon, la masse du corps et la vitesse angulaire étant constants.
- Etude de l'influence de la vitesse angulaire, la masse du corps et le rayon étant constants.

• Matériels :

- Un moteur alimenté en 220 V sur tige métallique.
- Un bras en rotation sur roulement avec chariot mobile (dispositif pédagogique).

- Une courroie qui reliera le moteur au bras en rotation.
- Ensemble de masses marquées s'adaptant sur le chariot du bras en rotation.
- Une règle graduée de 1 m.
- Un chronomètre relié à une porte optique.
- Un dynamomètre cylindrique.
- Porte otique.

Montage de l’expérience :



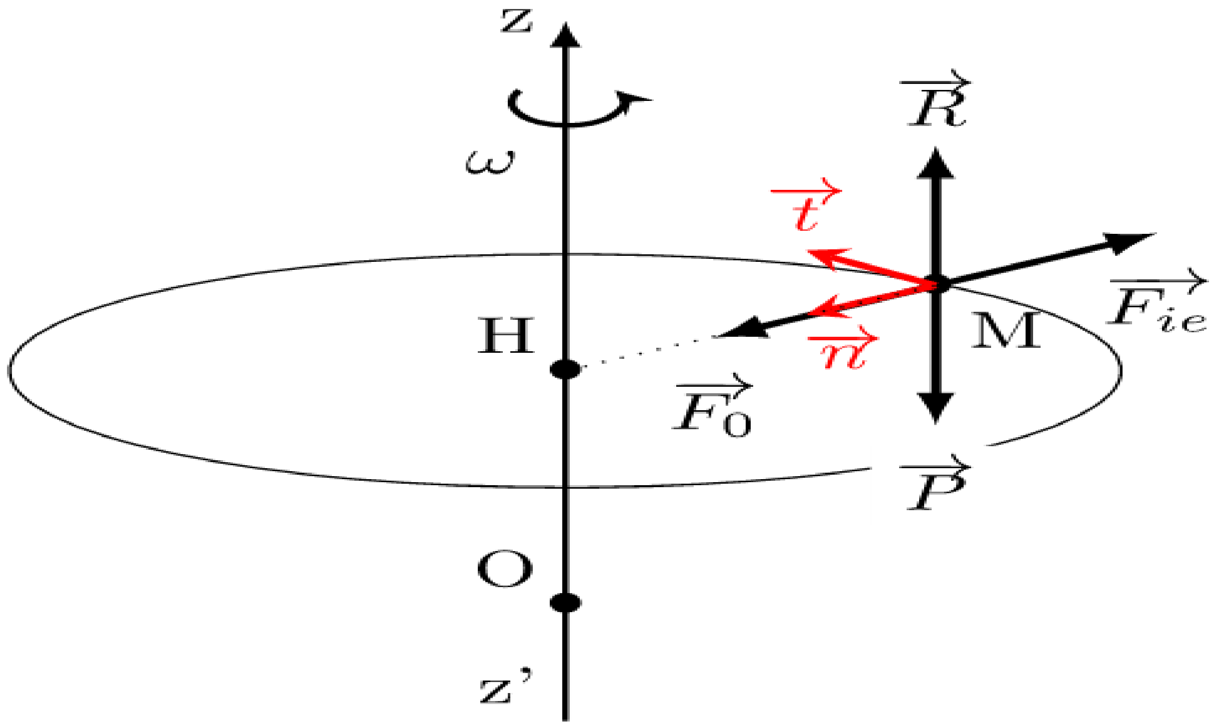
- Mise en place :

L'expérience est mise en place comme le montre la figure précédente, on monte le pointeur rouge fourni sur la tige de la voiture, puis on colle un masque entre les tiges de guidage à l'extrémité la plus supérieure de l'appareil centrifuge afin de déclencher la cellule photo-électrique. Finalement, on mesure la durée d'un cycle complet de commutateur.

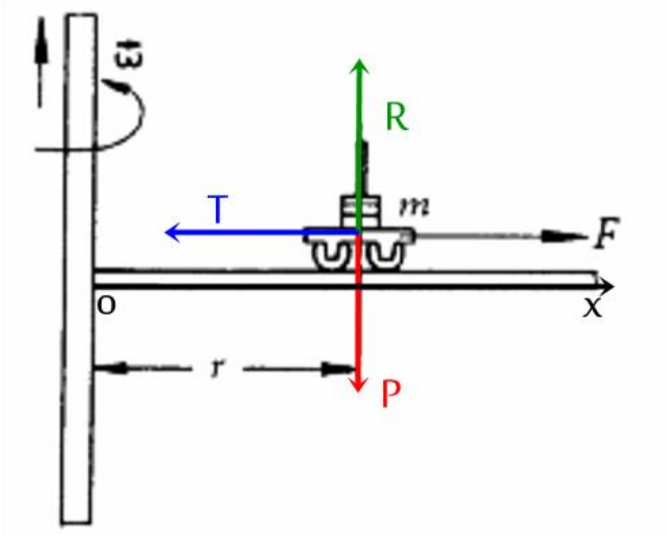
Remarque: la voiture ne doit pas toucher la barrière lumineuse à rayon maximum.

I. Théorie :

Soit un point M de masse en rotation uniforme à la vitesse angulaire (=vitesse de rotation)notée ω , autour d'un axe fixe O. Le point H est la projection orthogonale du point M sur l'axe de rotation.
La rotation se fait toujours dans le même plan et la distance à l'axe est constante.
On néglige les frottements : le mouvement de M est donc circulaire uniforme.



1. On peut prévoir le mouvement du chariot s'il n'est pas retenu par le fil ,lors de la rotation le chariot va sortir hors du bras de rotation et tomber .
2. Lorsque la plateforme tourne à vitesse constante, le centre de masse du chariot décrit une trajectoire circulaire uniforme avec une vitesse angulaire ω.la plateforme est un référentiel non galiléen ,puisqu'il est en rotation par rapport à la terre qui est considéré comme un référentiel galiléen . Le chariot est donc soumit à la force d'inertie centrifuge.

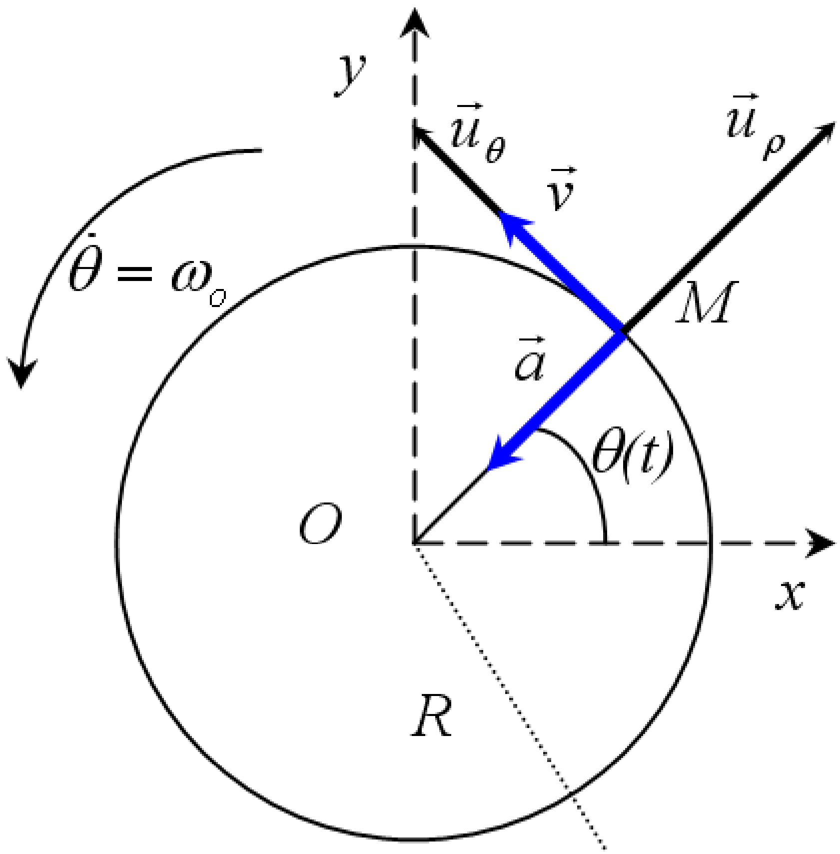


3. Cette force a la même direction de la tension exercée par le fil et son sens est le sens contraire de la tension du fil .On la qualifie parfois de « Pseudo force » car elle s'applique sue le centre de masse du chariot.
4. La force centrifuge dépend de la masse du chariot ,r : la distance du centre de masse à l'axe de rotation, ω :la vitesse angulaire de rotation.
5. 2.On se place dans le référentiel supposé galiléen on est dans la base polaire (uρ,uθ) :(or ω=cst et r=cst)

- ✓ Le vecteur position : $\overrightarrow{OM}$=r$\overrightarrow{U\rho}$.
- ✓ La vitesse : $\vec{V}$=d$\overrightarrow{OM}$/dt=rω$\overrightarrow{U}$θ

✓ L'accélération : $\vec{a}=d\vec{V}/dt=-r\omega^2\overrightarrow{U\rho}$

- Le schéma :



5.3.Le théorème d'inertie :

Le théorème du centre d'inertie est nommé aussi la deuxième loi de Newton est le suivant : dans un référentiel galiléen la somme vectorielle des forces extérieures exercées sur un solide est égale au produit de la masse du solide par le vecteur accélération de son centre d'inertie.

$$\sum \vec{F}ext=m\vec{a}$$

Donc le principe fondamentale de la dynamique devient :

$$\overrightarrow{R} + \vec{P}+\vec{T}+\vec{F}=m\vec{a}$$

On fait la projection sur l'axe OX , on obtient :

F-T=0 dans le cas d'équilibre donc T=F

Or F= $m\omega^2.r$, donc T=F= $m\omega^2.r$

5.4. Dans le référentiel lié à M, le poids et la réaction du support se compensent toujours, par contre pour la force d'inertie d'entraînement vient "s'ajouter" à la force F0 Ainsi, F0 et Fie se compensent et on peut parler d'équilibre dans le référentiel en tournant.

5.5. Il y a une différence dans le bilan des forces dans un référentiel en rotation et un autre qui est fixe mais on obtient les mêmes expressions des forces.

I. Manipulation :

1. Mesure de γ_ Mesure de la force centrifuge en fonction de la vitesse angulaire de rotation :

En prenant m=50g sur le chariot ,on augmente petit à petit la vitesse angulaire de rotation ω, en mesurant T la période de rotation ainsi que F la force du dynamomètre .On établie les mesures 5 fois .Pour chaque vitessse angulaire ,on prend les mesures 3 fois .

On a r0=26cm et m=50g

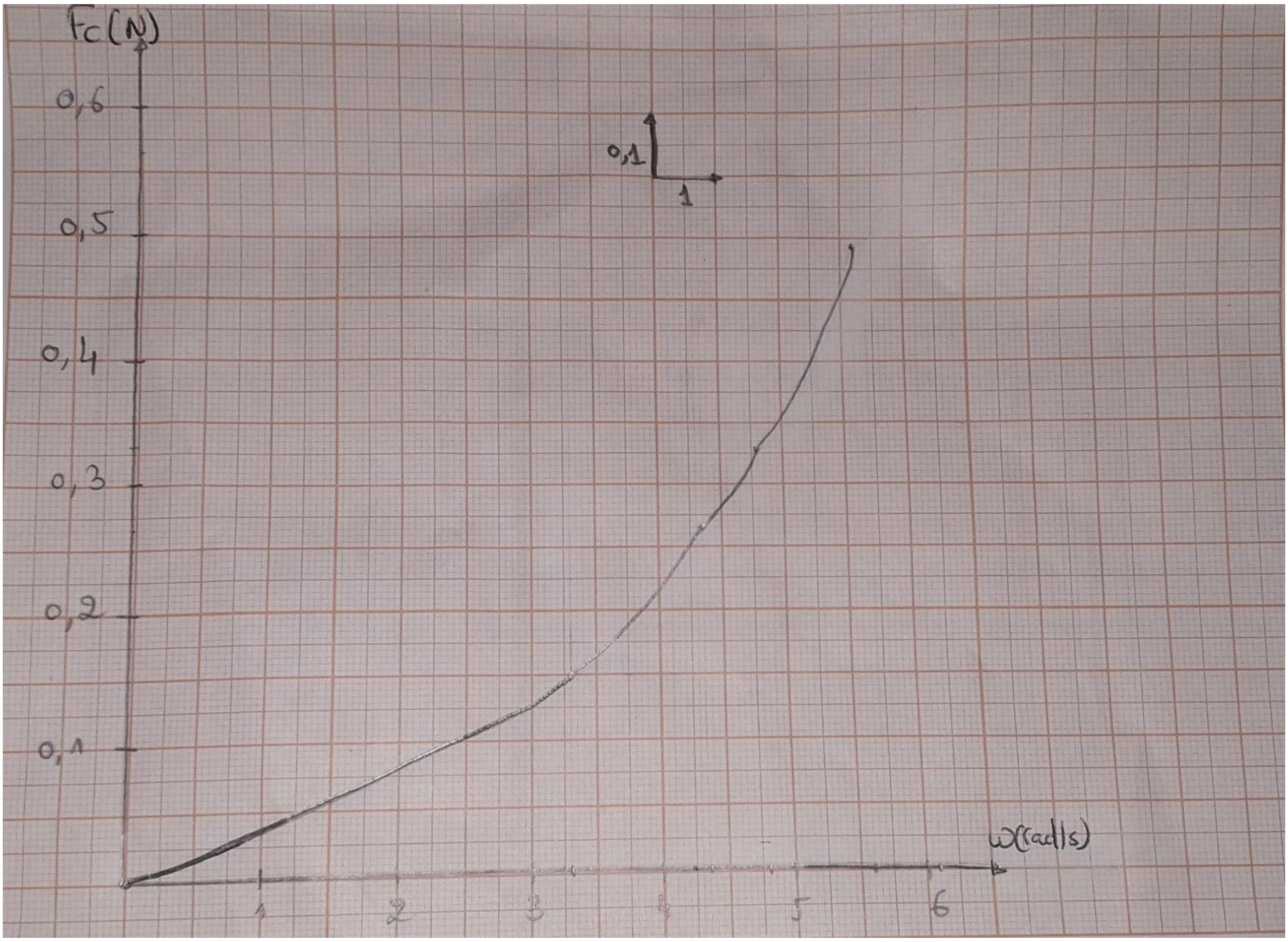
On sait que : $\Delta r_{moy}=\frac{\Delta r1+\Delta r2+\Delta r3}{3}$ et $T=\frac{T1+T2+T3}{3}$

Et $\Delta r(cm)=r-r_0$,$F_c= r\omega^2 m$ et $\omega=\frac{2\pi}{T}$

Le tableau ci-dessous représente les résultats obtenues :

T(s)			T_{moy}	Δr(cm)			Δr_{moy}	ω (rad/s)	F_D	F_C
1,9085	1,8945	1,8595	1,8875	1	1,5	1	1,166	3,328	0,46	0,15
1,464	1,445	1,43	1,4463	2	2,5	2	2,166	4,344	0,56	0,265
1,314	1,3165	1,3165	1,3156	3	3,5	3,2	3,23	4,776	0,7	0,331
1,0355	1,041	1,0135	1,03	4,5	4,8	4,9	4,73	6,10	1,8	0,572
1,1275	1,1155	1,1135	1,1188	5,5	5,6	5,5	5,53	5,616	1	0,498

- Traçons la courbe de F en fonction de ω :



Puisque la courbe de F en fonction de ω est parabolique.

Donc : F(ω)= $a\omega^2 + b$

Pour ω=0 , on a F(0)=b

Or d'après la courbe F(0)=0, donc b=0

D'où : F(ω)= $a\omega^2$

- Calcul de la pente moyenne :
  D'après la courbe obtenue on choisit deux droites et on calcule la pente de chacun d'eux , ce qui nous permet d'écrire :

$$\text{amoy}=\frac{a1+a2}{2}$$

on a : $a_1=\frac{0,15-0,265}{3,328-4,344}$ =0,113 et $a_2=\frac{0,572-0,498}{6,10-5,616}$=0,153

Alors :a_{moy}= 0,133

D'après l'expression de F, on en conclut que $\gamma = 2$

2. Mesure de α_Mesure de la force centrifuge en fonction de la masse du chariot :

Le principe de cette expérience est similaire de la manipulation précédente ,mais en variant la masse totale du chariot tout en conservant la même vitesse de rotation et la même distance r.

Tout d'abord on a commencé par la surcharge du chariot avec une masse de 200g et on a positionné le à une distance de 26cm, puis on a choisi une période de 1,35s et on a mesuré la force F du dynamomètre.

Ensuite, on a choisi une vitesse de rotation adéquate et le rayon de rotation qui place le chariot à mi-course du bras en rotation en notant ces valeurs. Et après avoir couper l'alimentation du moteur sans modifier le réglage de la vitesse rotation , puis on a diminué la masse de surcharge jusqu'à la masse de 150g, en vérifiant que la période reste constante pour chaque mesure .Pour chaque masse on a pris trois valeurs de r ,et Fc ce qui nous permet de calculer la force centrifuge.

On a : r_0=26cm et T=1,35s

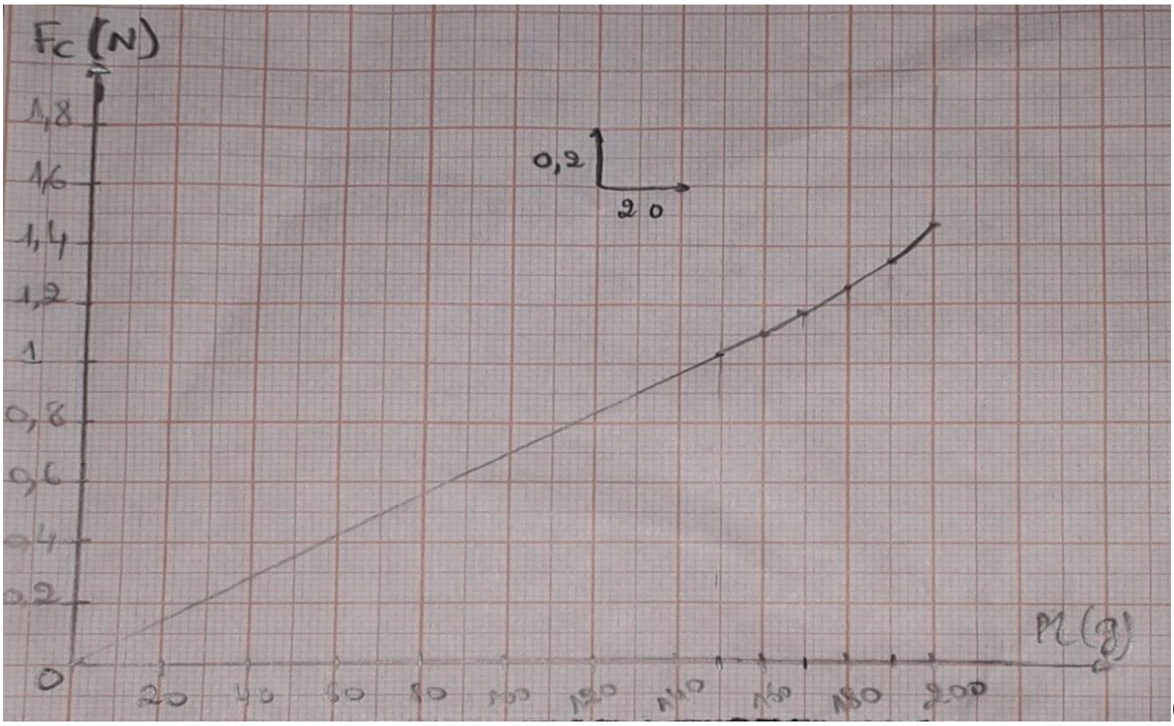
On sait que Δr(cm)=r-r_0

F= $r\omega^2m$ et $\omega=\frac{2\pi}{T}$

Les résultats de notre expérience sont présentés au tableau ci-dessous :

M(g)	Δr(cm)	$\omega^2(rad^2/s^2)$	FD	Fc
200	8	21,66	1,5	1,473
190	7,3	21,66	1,387	1,370
180	6,466	21,66	1,243	1,264
170	6,2	21,66	1,19	1,186
160	5,933	21,66	1,127	1,106
150	5,867	21,66	1,12	1,035

- Traçons la courbe de F(m) qui représente la variation de la force centrifuge en fonction d



e la masse

D’après la courbe, on peut constater que la représentation de F(m) est similaire à une droite qui passe par l’origine, alors que

F=Cm avec C c’est la pente de la droite.

Donc la force centrifuge augmente proportionnellement avec la masse, ce qui nous permet de déduire la valeur du coefficient α.

$$\alpha = 1$$

II. Conclusion :

Comme la masse et la vitesse angulaire affectent l’expression de la force centrifuge, on a déterminé cette force selon la variation de l’un de ces deux paramètres.

Ainsi on a démontré que F= $r\omega^2 m$

TP N°2 :

chute libre

Introduction :

La chute libre fait partie de notre vie même si nous ne nous arrêtons pas pour y penser tous les jours.

Et par définition, on peut dire que la chute libre est un mouvement accéléré, dans le vide, sous le seul effet de la pesanteur. On distingue la simple chute dans un champ de pesanteur uniforme au voisinage de la Terre (Galilée, 1605), et la chute céleste (Lois de Kepler), dont Sir Isaac Newton fera la synthèse en 1687.

Il est convenu que les autres forces agissant sur le corps, sont négligées, en particulier la résistance de l'air. Pour le cas où l'on considère la résistance de l'air, on parle de chute avec résistance de l'air.

Dans notre TP, on travaille sur une simple chute libre.

La chute libre est la projection des corps mais sans vitesse initial.

Objectifs :

Le but de cette expérience est :

Etudier la chute d'un corps qui ne soumit à aucun effort.

Evaluer le temps de chute en fonction de la hauteur de chute d'une bille en acier.

Déterminer la valeur g de l'accélération de la pesanteur.

Description de l'expérience :

L'expérience est mise en place comme indiqué à Fig1.

La bille métallique est maintenue dans le déclencheur. Dés libération de la bille avec le déclencheur, le chronomètre numérique se met en marche, et on l'arrête dès que la bille tombe dans le plateau (Il faut être attentifs la bille tombe en quelques fractions de seconde). On lit la hauteur de la chute z sur la règle et le temps de chute sur le chronomètre numérique.

Pour la détermination efficace de la hauteur de chute en utilisant le marquage sur le mécanisme de libération, le rayon de la sphère doit êtrepris en compte (diamètre de ¾ de pouce, environ 19mm). La traînée aérodynamique de la sphère peut être négligée.

MATERIEL UTILISE :

Bille en acier

Support et ses fixations

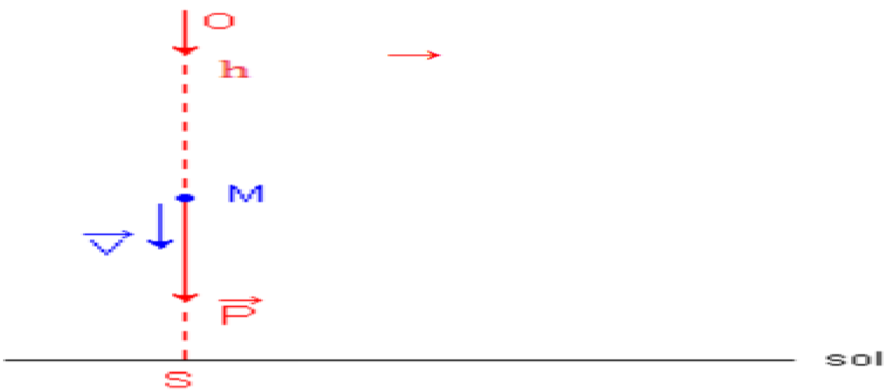
Chronomètre

ETUDE THEOTRIQUE :

Si un corps de masse accéléré à partir de l'état de repos dans un champ gravitationnel constant (force gravitationnelle m$\vec{g}$, il effectue un mouvement linéaire).

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

- **Définition :** La **chute libre** est le mouvement vertical effectué par un objet lorsqu'il ne subit que l'effet de la force gravitationnelle.
- Lors de cette manipulation de cette manipulation on considère que le référentiel est celui de la salle de tp supposé **galiléen**, dont le repère est (o,$\vec{z}$) orienté vers le haut.
- **Le système étudié** est la bille métallique de masse m.
- D'une part, Le poids de la bille P est très grand par rapport à la poussée d'Archimède dans l'air. On peut donc négliger la poussée d'Archimède.
  D'autre part, la bille est petite, de forme sphérique, sa vitesse restera faible (hauteur de chute petite). Dans ces conditions, la force de frottement fluide exercée par l'air sur la surface de la bille est également négligeable par rapport au poids.
  La seule force agissant sur la bille est donc le poids. **La chute est dite libre.**
- **La représentation schématique du système étudié :**



- **L'équation du mouvement de l'objet :**
  on applique le principe fondamental de la dynamique sur la bille de masse (m) on a trouvé :

$$\vec{p} = m.\vec{a}$$

(a= accélération, m masse de bille, p = force de poids).

Ce qui nous donne : $\vec{g} = \vec{a}$

- $g_z = -a_z = -\frac{d(\frac{dz}{dt})}{dt}$
- $z = -\frac{1}{2}.g.t^2 + V_{0Z}t + h$

On déclenche la bille sans vitesse initiale ($v_{0Z}=0$).

Donc : $\boxed{z=-1/2.g.t2 + h}$

- **La relation entre la vitesse instantanée et la vitesse moyenne :**
  La vitesse instantanée de l'objet à un instant donné t est égal à : dz/dx =- gt.
  La vitesse moyenne de cet objet entre l'instant initial $t_0=0$ et l'instant t est égal à :
  $\frac{z-h}{t} = -\frac{1}{2}gt.$
  On remarque que la vitesse instantanée de l'objet à un instant donné t est égal au double de la vitesse moyenne de cet objet entre l'instant initial t0=0 et l'instant t.

$$\boxed{2\, V_{moy} = V_i}$$

- **La relation d'énergie cinétique E_c en fonction du temps :**
  On sait que : $E_c = \frac{1}{2} m\, v_z$
  $E_C = \frac{1}{2} m\, (-g\, t)^2$
  Donc : $\boxed{Ec= =1/2m\, g^2\, t^2}$
- **La relation d'énergie potentielle E_P en fonction de temps :**
  On sait que : $E_P = mgz$
  Donc : $\boxed{Ep= mg\, (-1/2\, g\, t2+h)}$
- La bille est animée d'un mouvement rectiligne uniformément accéléré.

ETUDE EXPERIMENTALE :

Pour effectuer nos mesures, nous avons utilisé un chronomètre. Tout d'abord, nous avons fixé la balle en acier de masse 28 g sur l support au niveau du déclencheur. Ensuite, nous avons réglé la hauteur h à l' aide de la règle graduée pour 11 valeurs différentes allant de 20 à 80 centimètres puis pour chacune d'elles nous avons lâché la bille 4 fois afin d'obtenir une moyenne de toutes ces valeurs pour obtenir un seul temps de chute pour chaque hauteur et calculer la valeur de g.

- Le tableau ci-dessous regroupe les valeurs obtenues :

H_i(cm)	Δh(mm)	T_1	T_2	T_3	T_4	T_{moy}	ΔT_{moy}	T_{moy}^2	ΔT_{moy}^2	$g_i = 2h_i/T_{moy}^2$
20	1	0,18	0,2	0,24	0,19	0,2025	0,018	0,041	0,00759375	9,79
26	1	0,2	0,24	0,26	0,24	0,235	0,018	0,055	0,008225	9,44
32	1	0,25	0,27	0,26	0,25	0,2575	0,0075	0,066	0,0038625	9,67
38	1	0,33	0,3	0,29	0,27	02975	0,018	0,088	0,0104125	8,60
46	1	0,33	0,35	0,34	0,31	0,3325	0,018	0,11	0,0083125	8,33
52	1	0,34	0,31	0,36	0,32	0,3325	0,018	0,11	0,016375	9,42
58	1	0,3	0,34	0,38	0,37	0,3475	0,018	0,12	0,0191125	9,62
64	1	0,32	0,36	0,39	0,37	0,36	0,018	0,12	0,0144	9,89
70	1	0,42	0,39	0,39	0,41	0,4025	0,018	0,16	0,0100625	8,65
76	1	0,41	0,37	0,43	0,43	0,41	0,018	0,16	0,0164	9,05
80	1	0,4	0,43	0,4	0,39	0,405	0,018	0,16	0,010125	9,765

- **La valeur moyenne de l'accélération de la chute libre g_{moy} :**

$$g_{moy} = \frac{g1+ \text{………} +g11}{11}$$

$$\boxed{g_{moy} = 9{,}29 \text{ m/s}^2}$$

- **Les incertitudes absolue Δg chaque valeur de g trouvée :**

1ère méthode :

$$\boxed{\Delta g = \frac{2hi}{Tmoy2} - \frac{4hi\,\Delta Tmoy}{Tmoy3}}$$

H_i(cm)	20	26	32	38	46	52	58	64	70	76	80
Δg	0,72	0,64	0,27	0,57	0,37	0,62	1,01	0,74	0,36	0,65	0,42

2ème méthode :

On a : $g = \frac{2Hi}{Tmoy2}$

Donc : $\ln(g) = \ln(2h_i) - \ln(T_{moy}^2)$

$$\frac{dg}{g} = \frac{dhi}{hi} + 2\,\frac{dTmoy}{Tmoy}$$

$$\frac{\Delta g}{g} = \frac{\Delta hi}{hi} + 2\,\frac{\Delta Tmoy}{Tmoy}$$

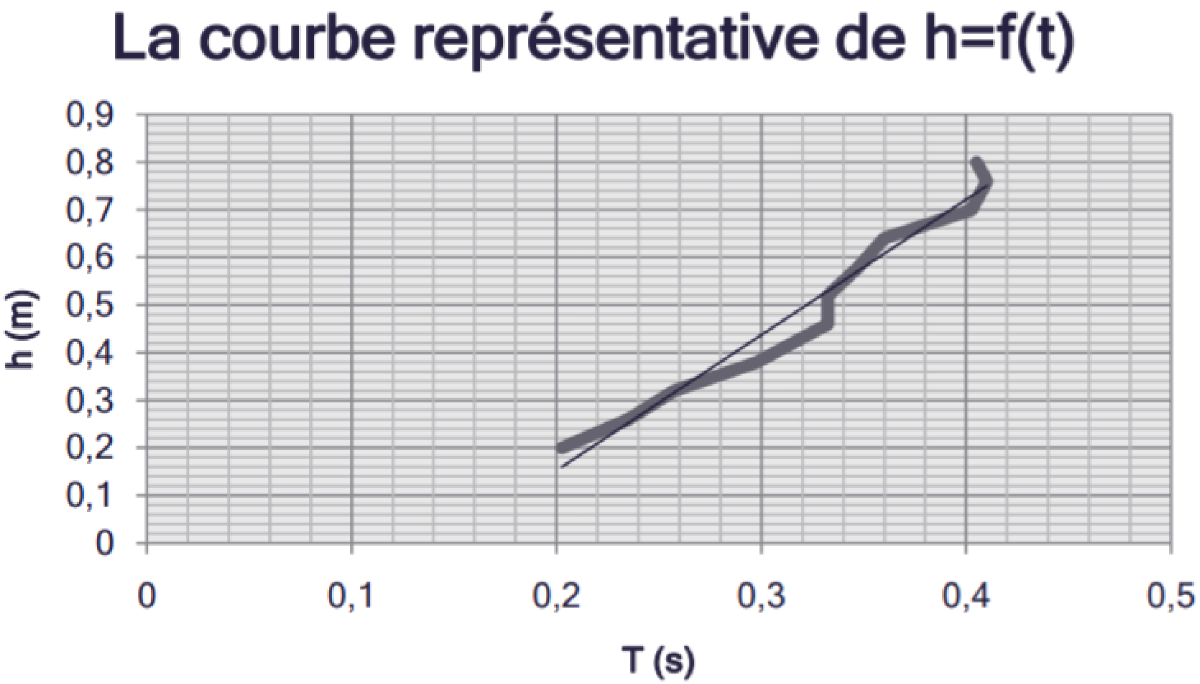
Alors :

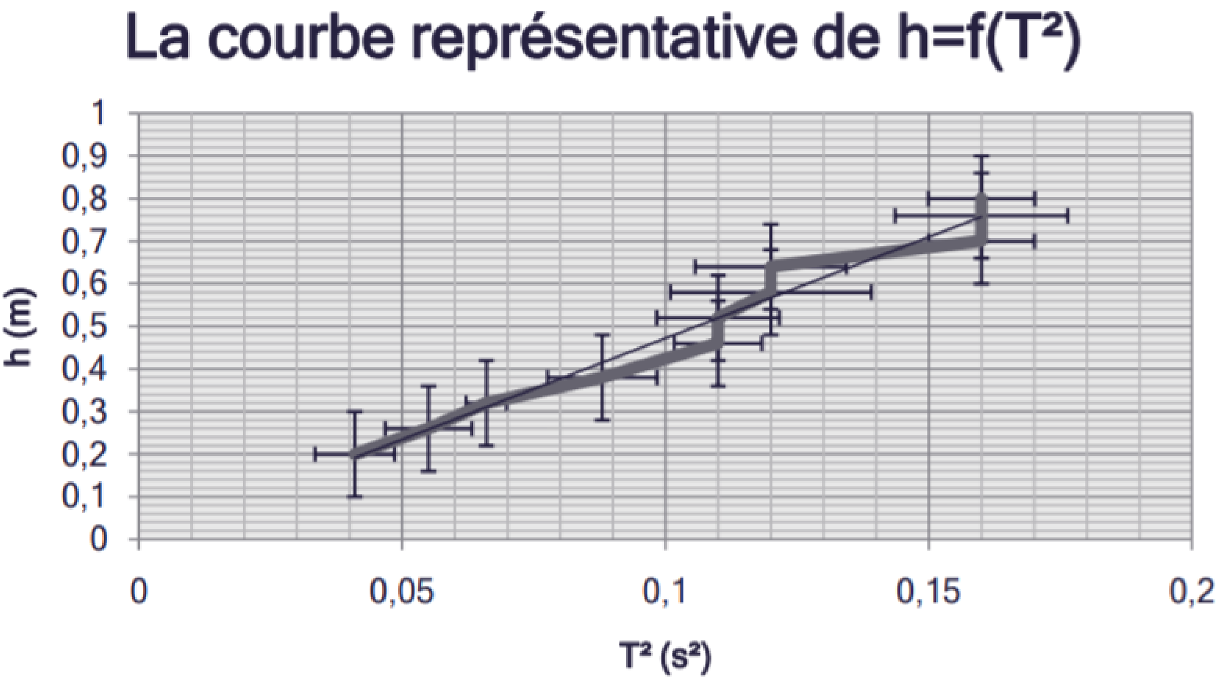
$$\Delta g = g\left(\frac{\Delta hi}{hi} + 2\,\frac{\Delta Tmoy}{Tmoy}\right)$$

Hi(cm)	20	26	32	38	46	52	58	64	70	76	80
Δg	0,85	0,66	0,25	0,48	0,29	0,47	0,74	0,53	0,25	0,42	0,28

$$\Delta g/g = 0{,}051$$

Ce rapport représente l'incertitude relative.





La pente maximale : $P_{max} = \frac{(h1-\Delta h1)-(h2+\Delta h1)}{(T1+\Delta T1)-(T2+\Delta T2)}$

$$\boxed{P_{max} = 5{,}04}$$

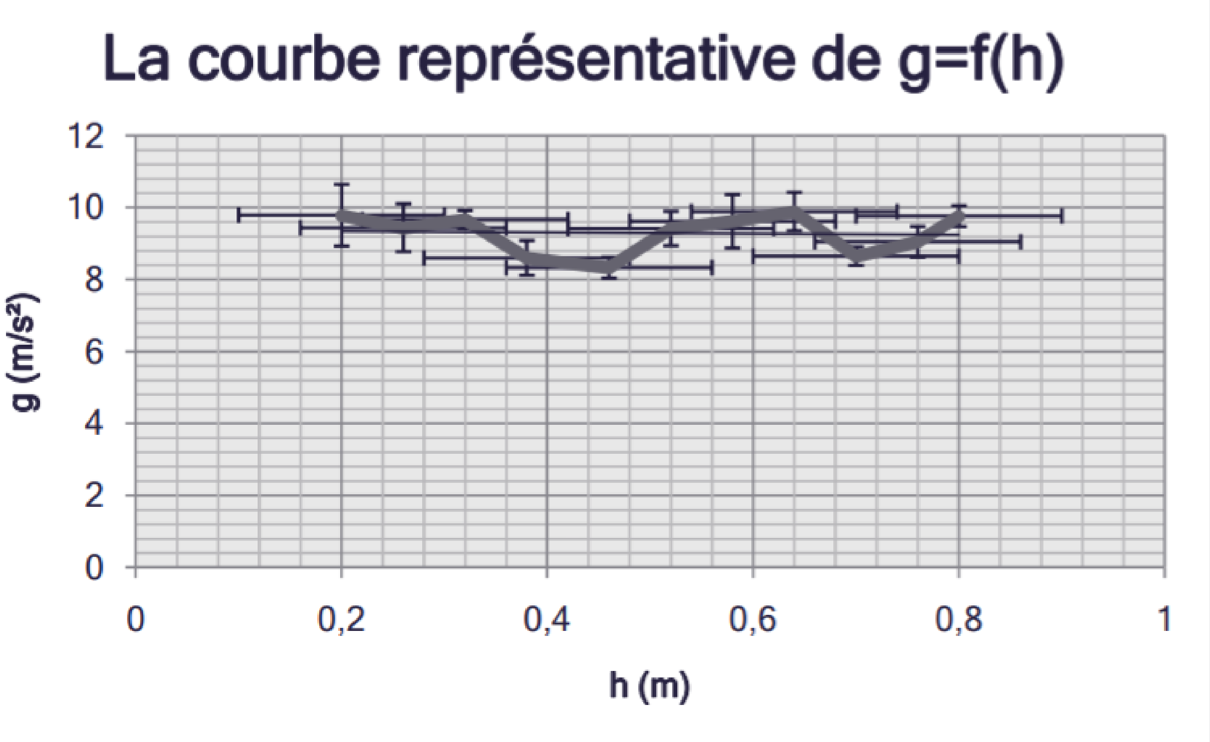
La pente minimale : $P_{min} = \frac{(h1+\Delta h1)-(h2-\Delta h1)}{(T1-\Delta T1)-(T2+\Delta T2)}$

$$\boxed{P_{min} = 4{,}80}$$

La pente moyenne : $P_{moy} = \frac{Pmax+Pmin}{2}$

$$\boxed{P_{moy} = 4{,}93}$$

Les pentes représentent les coefficients directeurs a des courbes.



$$g = 9,82\ m/s^2$$

- On a : $g = \frac{2hi}{Tmoy2}$

  g = 2*a

  g = 2*4,93

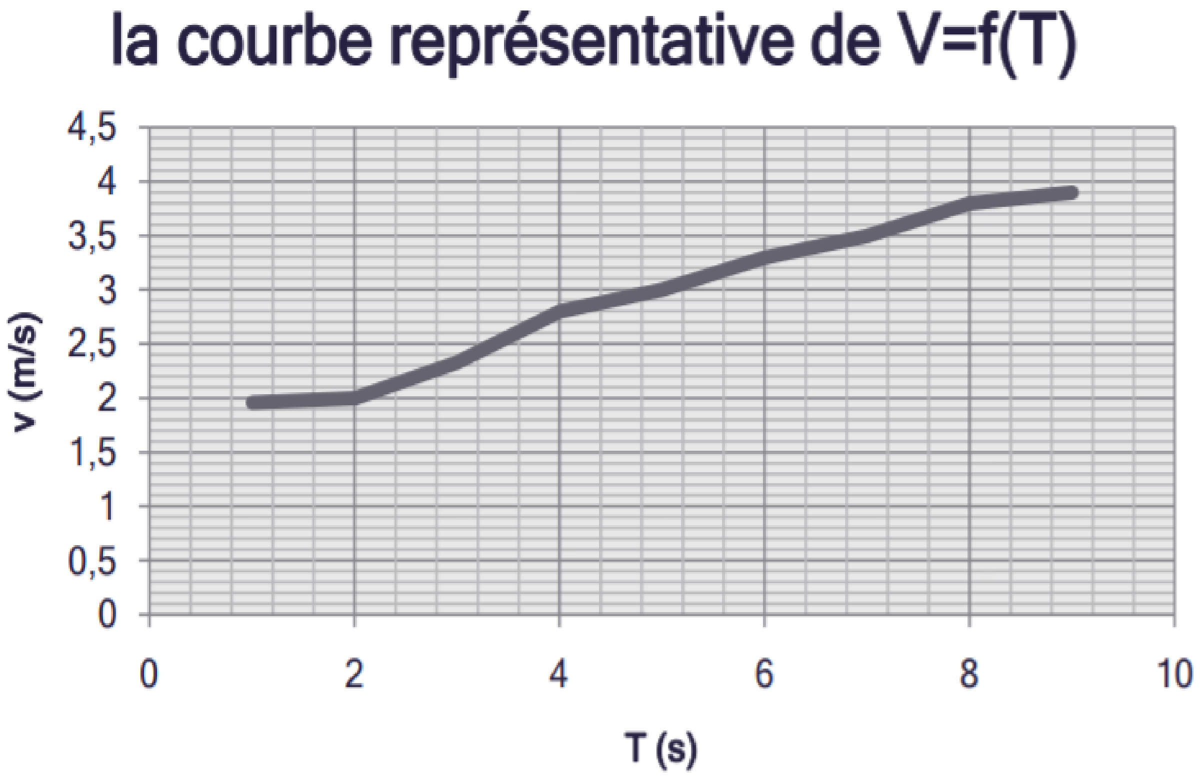
$$g = 9,86\ m/s^2$$

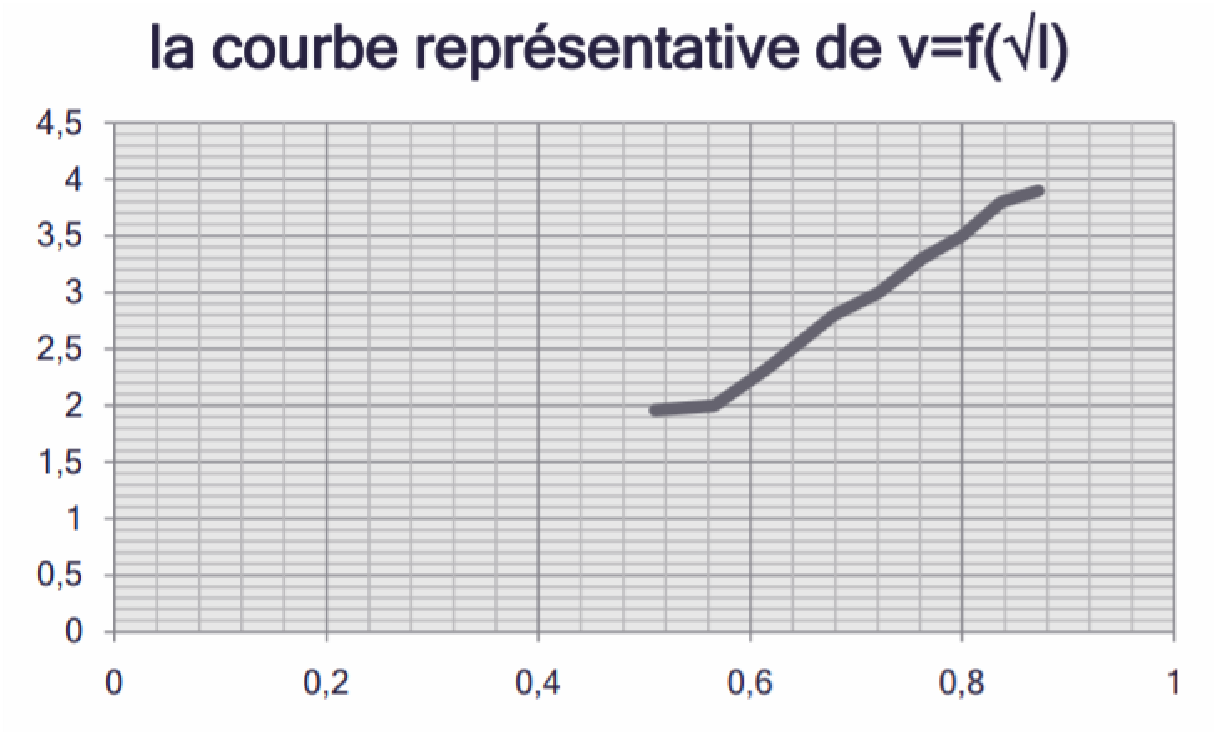
$$g = 9,86 \pm 0,05\ m/s^2$$

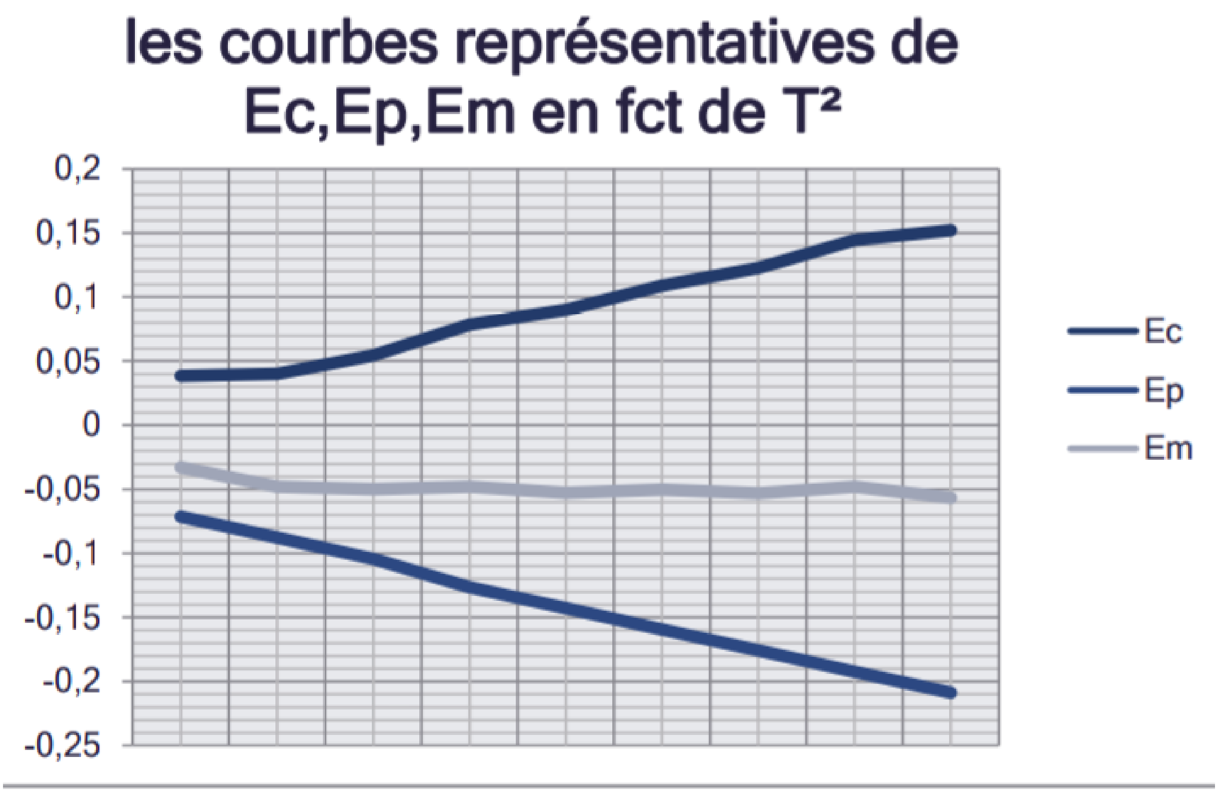
Les valeurs trouvées ci-dessus et celles calculées avant sont presque égale.

- Grâce à la formule $v = \frac{\Delta h}{\Delta T}$, nous avons calculé la vitesse instantanée puis nous avons déterminé les valeurs de l'énergie potentielle E_P et cinétique E_c pour chaque temps de chute.

H_i	$H_i^{1/2}$	T_{moy}	T_{moy}^2	V_i	E_c	E_p	E_M
0,26	0,51	0,235	0,055225	1,96	0,038416	-0,0714	-0,033
0,32	0,56	0,2575	0,0663063	2	0,04	-0,0878	-0,0478
0,38	0,61	0,2975	0,0885063	2,33	0,054289	-0,1043	-0,05
0,46	0,67	0,3325	0,1105563	2,8	0,0784	-0,1236	-0,0479
0,52	0,72	0,34	0,1156	3	0,09	-0,1428	-0,0528
0,58	0,76	0,3475	0,1207563	3,69	0,136161	-0,1593	-0,0231
0,64	0,8	0,36	0,1296	3,8	0,1444	-0,1757	-0,0313
0,7	0,83	0,4025	0,1620063	4	0,16	-0,1922	-0,0322
0,76	0,87	0,41	0,1681	4,3	0,1849	-0,2087	-0,0238







- L'énergie mécanique d'un solide en chute libre est constante, elle se conserve :

$$\Delta E_m = 0$$

- Lorsqu'un corps n'est pas soumis qu'à son poids et ne subit pas de frottements ou d'autre actions, son énergie mécanique se conserve.

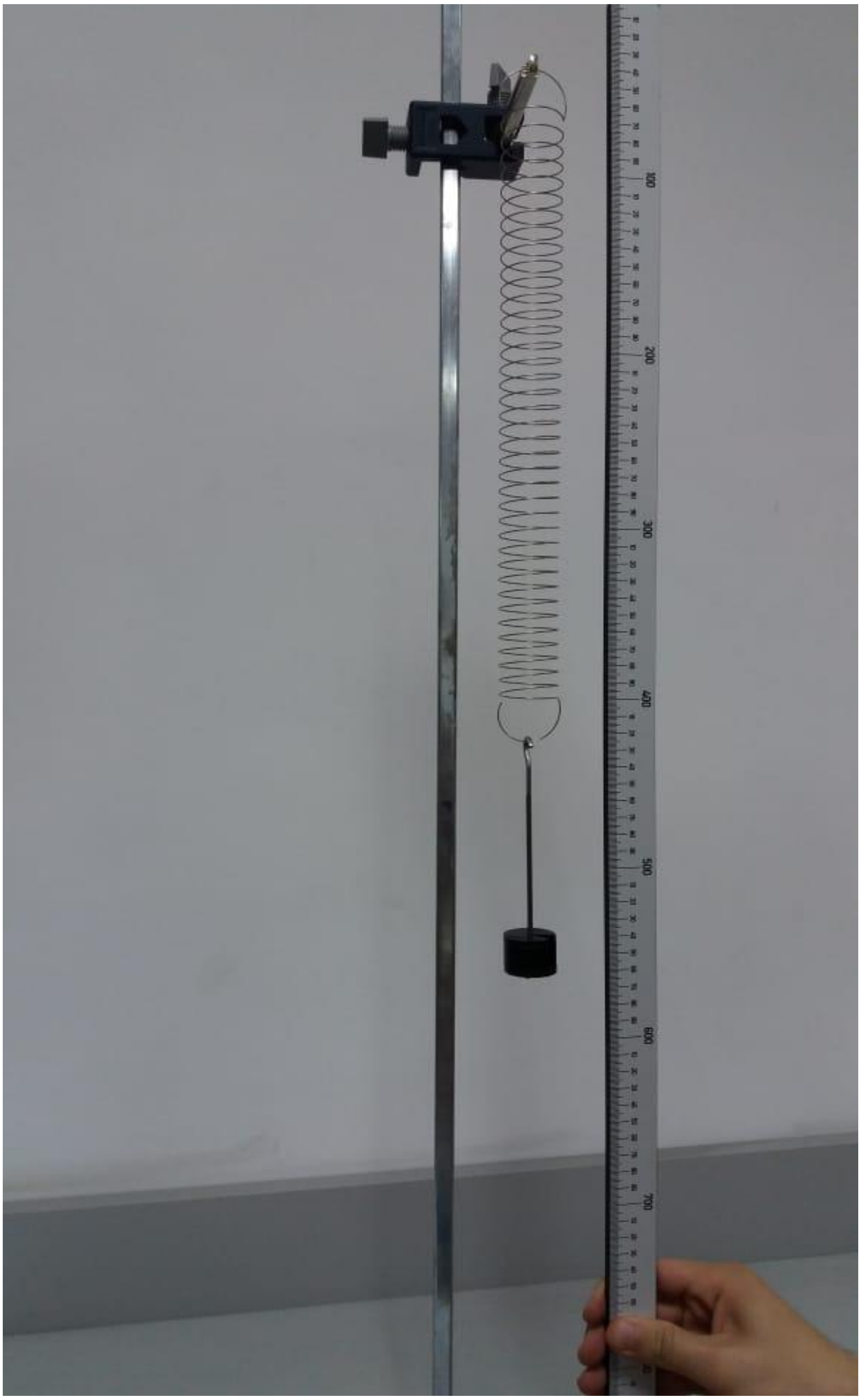
CONCLUSION :

A l'aide des mesures et des résultats trouvés et calculés lors de notre expérience, nous avons trouvé une valeur de l'accélération terrestre proche de la réelle. Ce qui montre que nous avons fait peu d'erreurs de manipulation. En effet, nous avons calculée 9,82 m/s^2 or normalement g vaut 9,81 m/s^2.

Concernant la vitesse instantanée, cette dernière devient plus grande quand l'objet tombe de plus haut. Par contre il y a une vitesse limite puisque dans ce cas-là il y a le frottement de l'aire qui intervient. Dans cette expérience le frottement est négligeable car l'objet est petit, et la hauteur est peu élevée.

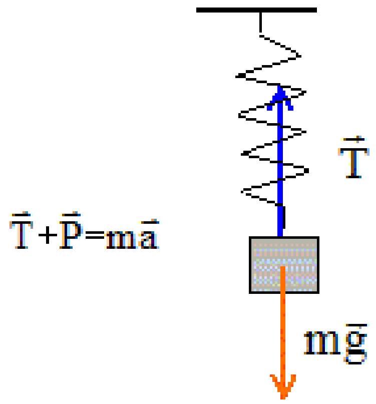
TP N°3 :

Loi de HOOKE



ETUDE THEORIQUE :

A. Etude statique :



2. A l'équilibre on a $\vec{P} + \vec{T} = \vec{0}$

$\Rightarrow$ mg – k (l – lo) = 0 $\Rightarrow$ $l = m\frac{g}{k} + lo$

B. Etude dynamique :

1. A partir du principe fondamentale de la dynamique

On a : $\vec{P} + \vec{T} = m\vec{a}$

$mg\vec{k} - K(z - lo)\vec{k} = m\ddot{z}\vec{k}$

$\Rightarrow$ $mg - k(z - lo) = m\ddot{z}$

donc l équation diférentielle est : $\ddot{z} + \frac{k}{m}z = g + \frac{klo}{m}$

2. On a $T = \frac{2\pi}{\omega o}$

   T^2

   Donc $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

3. $K = 4\pi^2 m/T^2$

4.la période des oscilations ne dépend pas l amplitude.

ETUDE EXPERIMENTALE

A.Etude statique

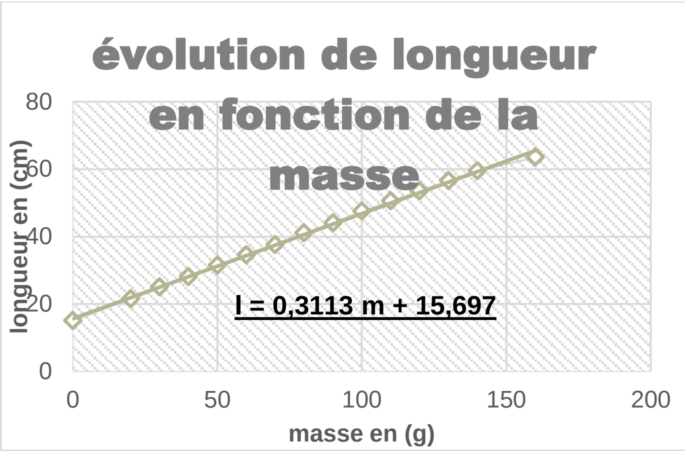
1. Lerreur de longueur = 0.1 cm

2.A vide la longueur du ressort est : lo = 15 ± 0.1 cm.

5.

Masse en (g)	0	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	160
Longueur en (cm)	15	21.5	25	28	31.5	34.5	37.5	41	44	47.5	50.5	53.5	56.5	59.5	63.5
Incertitude en (cm)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

6.



7. On sait que l = a.m + lo

a : la pente

et de la 1ére question $l = m\frac{g}{k} + lo$

La pente est $a = \frac{\Delta l}{\Delta m} = \frac{g}{k}$

Donc $K = \frac{g}{a}$

Et g = 9,81 m/s²

$a = \frac{\Delta l}{\Delta m}$ (m/kg)	k($N.m^{-1}$)

3.2	3.066
3.5	2.803
3.0	3.27
3.5	2.803
3.0	3.27
3.0	3.27
3.5	2.803
3.0	3.27
3.5	2.803
3.0	3.27
3.0	3.27
3.0	3.27
3.0	3.27

Donc k_{moy} = 3.1106 $N.m^{-1}$ et a_{moy}= 3.17 m/kg .

8-L'expression de l'incertitude sur k :

On a $K = \frac{g}{a}$ $\Rightarrow \ln(k) = \ln(g) - \ln(a)$

$\Rightarrow \frac{\Delta k}{k} = \frac{\Delta g}{g} - \frac{\Delta a}{a}$ on a g = cte

Donc $\Delta g = 0$ et $\boldsymbol{\Delta k = -k\frac{\Delta a}{a}}$

On a $\Delta a = a_{max} - a_{min}$

$\Delta a = 3.5-3 = 0.5$ m/kg.

Donc Δk=-3.1106*0.5/3.17= -0.4906 $N.m^{-1}$

K = 3.1106 ± 0.4906 $N.m^{-1}$

10. A partir du graphe la valeur de la longueur a vide est :

Lo = 15.697 cm

11.

Lo = 15.697 ± 0.1 cm

B.Etude dynamique :

Expérience 1 :

4.

L amplitude a(cm)	2	3	5
T(s)	4.60	4.44	4.11
	4.60	4.63	4.69
	4.44	4.62	4.82
T_{moy}(s)	4.54	4.56	4.54
T(s)	0.908	0.912	0.908

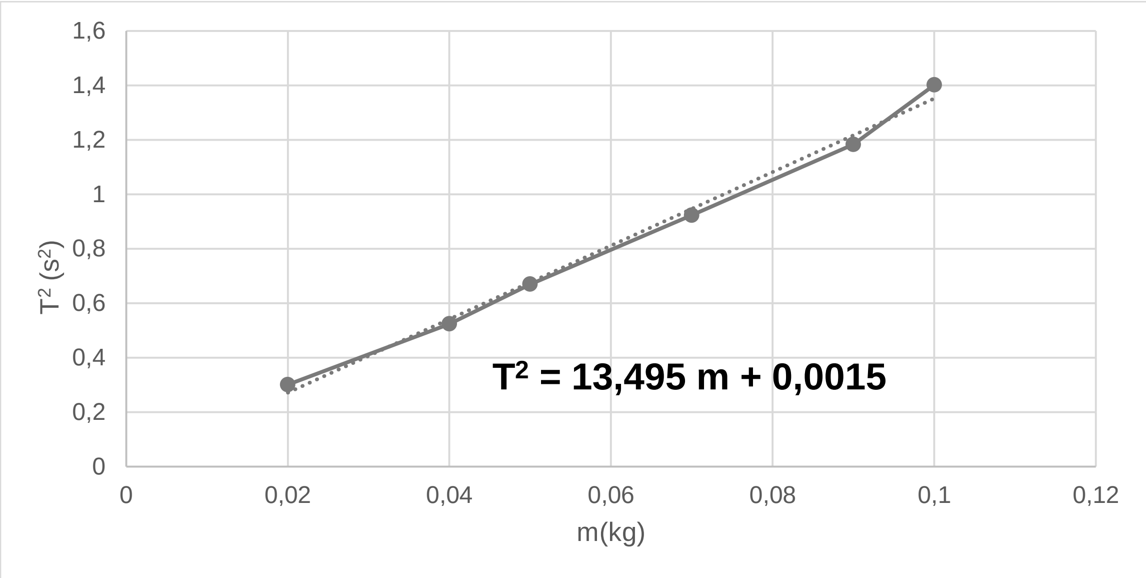
5.L amplitude n a aucun effet sur la période des oscillations (la période des oscilations ne dépend pas de l amplitude).

Expérience 2 :

m(kg)	0.02	0.04	0.05	0.07	0.09	0.10
t(s)	2.69	3.40	3.94	4.80	5.78	5.95
	2.87	3.63	4.17	4.65	5.20	5.92
	2.68	3.83	4.18	4.97	5.34	5.91
t_{moy}(s)	2.746	3.62	4.096	4.806	5.44	5.92
$\Delta t(s)$	0.124	0.22	0.156	0.164	0.34	0.03
$\Delta t^2(s^2)$	0.01547	0.0484	0.0243	0.0268	0.01156	0.0009
T(S)	0.549	0.724	0.819	0.961	1.088	1.184
$T^2(S^2)$	0.301	0.524	0.67	0.923	1.183	1.401

$\Delta T^2(s^2)$		0.223	0.146	0.253	0.26	0.218

5.



6-Déduire la valeur de k à partir de graphe :

On a $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$

$\Rightarrow T^2 = m \frac{4\pi^2}{k}$

Donc la pente est $a' = \frac{\Delta T^2}{\Delta m} = \frac{4\pi^2}{k}$

$\Rightarrow \quad k = \frac{4\pi^2}{a'}$

$a' = \frac{\Delta T^2}{\Delta m}$ (s²/kg)	k ($N.m^{-1}$)
11.15	3.54
4.86	8.12
12.65	3.12
13	3.03
21.8	1.81

Donc $k_{moy} = 3.924\ N.m^{-1}$

7-Ecrire k sous la forme k = $(k \pm \Delta k)$:

On a $k = \frac{4\pi^2}{a'} \Rightarrow \ln(k) = \ln(4\pi^2) - \ln(a')$

$\Rightarrow \frac{\Delta k}{k} = \frac{\Delta 4\pi^2}{4\pi^2} - \frac{\Delta a'}{a'}$ mais $4\pi^2$ nombre réel et $\Delta 4\pi^2 = 0$

Donc $\Delta k = -k \frac{\Delta a'}{a'}$ et $\Delta a' = a'_{max} - a'_{min} = 21.8 - 4.86 = 16.94 s^2/kg$

De plus $a'_{moy} = 12.76\ s^2/kg$ et $k_{moy} = 3,924\ N.m^{-1}$

Donc $\Delta k = -k \frac{\Delta a'}{a'}$ = –3, 924. $\frac{16.94}{12.76}$ = –5.209 N.m^{-1}

⇨ k = 3, 924 ± 5.209 N.m^{-1}

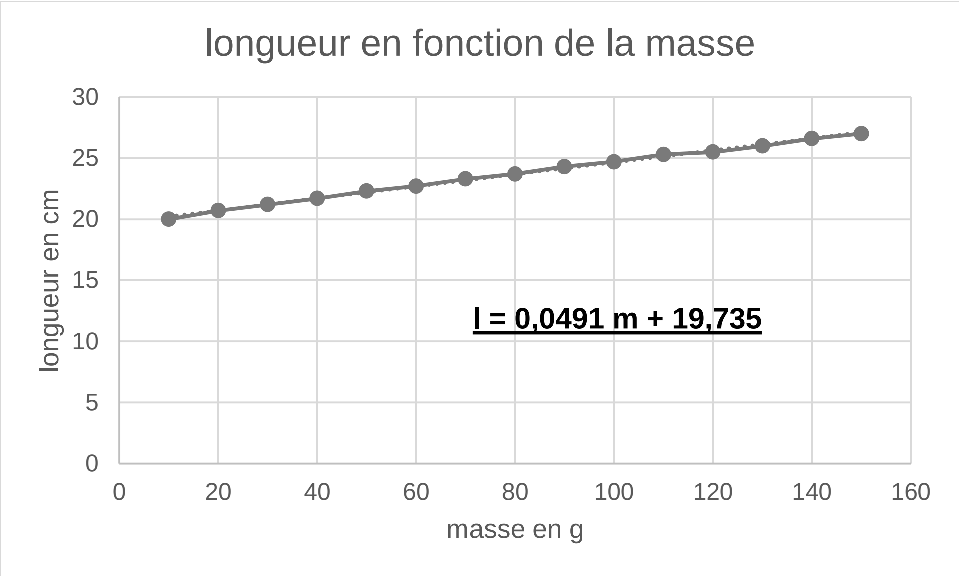
8. oui ce résultat est compatible.

9. la meilheur méthode pour déterminer la constante de raideur est la méthode statique car l erreur est plus petit par rapport a l étude dynamique.

<u>POUR LE RESSORT 2 :</u>

lo = 19.7 cm

Masse(g)	Longueur (cm)
10	20
20	20.7
30	21.2
40	21.7
50	22.3
60	22.7
70	23.3
80	23.7
90	24.3
100	24.7
110	25.3
120	25.5
130	26
140	26.6
150	27



On sait que l = a.m + lo

a_1 : la pente

et de la 1ére question $l = m\frac{g}{k} + lo$

La pente est $a_1 = \frac{\Delta l}{\Delta m} = \frac{g}{k}$

Donc $K_1 = \frac{g}{a1}$

Et g = 9,81 m/s²

$a_1 = \frac{\Delta l}{\Delta m}$ (m/kg)	K_1 ($N.m^{-1}$)
0.7	14.01
0.5	19.62
0.5	19.62
0.6	16.35
0.4	24.52
0.6	16.35
0.4	24.52
0.6	16.35
0.4	24.52
0.6	16.35

0.2	49.05
0.5	19.62
0.6	16.35
0.4	24.52

a_{1moy}=0.5 m.kg^{-1}

k_{moy}=21.55 N.m^{-1}

L'expression de l'incertitude sur k_1 :

On a $K_1 = \frac{g}{a1}$ $\Rightarrow \ln(k_1) = \ln(g) - \ln(a_1)$

$\Rightarrow \frac{\Delta k1}{k1} = \frac{\Delta g}{g} - \frac{\Delta a1}{a1}$ on a g = cte

Donc $\Delta g = 0$ et $\Delta k1 = -k_1 \frac{\Delta a1}{a1}$

On a $\Delta a1 = a_{1max} - a_{1min}$

$\Delta a1 = 0.7 - 0.2 = 0.5$ m/kg.

Donc $\Delta k1$=-21.55 *0.5/0.5= -21.55 N.m^{-1}

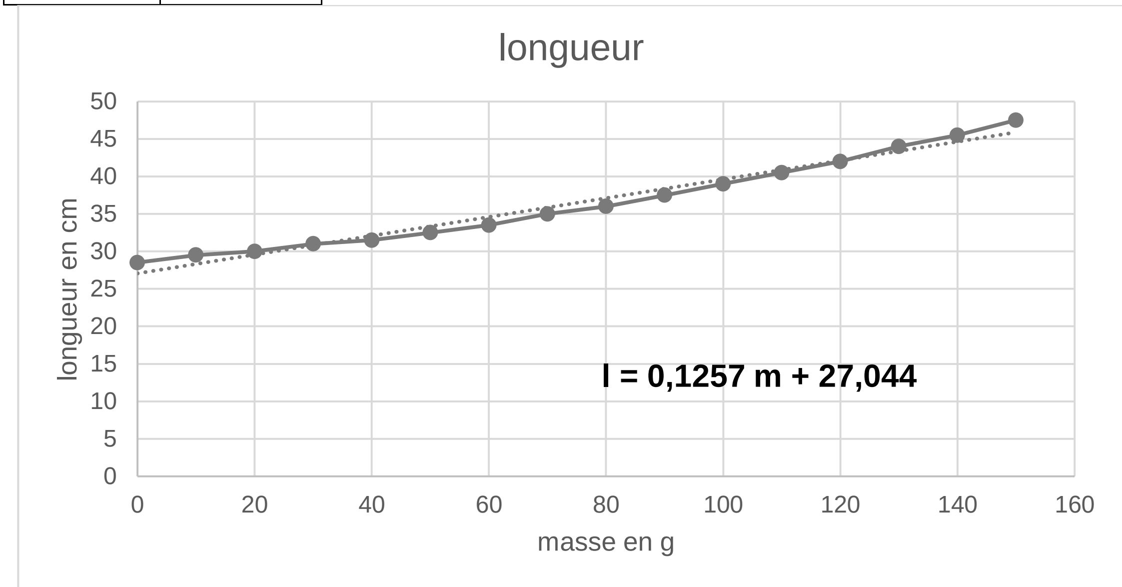
$K_1 = 21.55 \pm 21.55$ N.m^{-1}

POUR LE CAOUTCHOU :

lo =28.5 cm.

Masse (g)	Longueur (cm)
0	28.5
10	29.5
20	30
30	31
40	31.5
50	32.5
60	33.5
70	35.5
80	36
90	37.5
100	39

110	40.5
120	42
130	44
140	45.5
150	47.5



On sait que l = a_2.m + lo

a_2 : la pente

et de la 1ére question $l = m\frac{g}{k2} + lo$

La pente est $a_2 = \frac{\Delta l}{\Delta m} = \frac{g}{k2}$

Donc $K_2 = \frac{g}{a2}$

Et g = 9,81 m/s²

$a_2 = \frac{\Delta l}{\Delta m}$ (m/kg)	K_2 ($N.m^{-1}$)
1	9.81
0.5	19.62
1	9.81
0.5	19.62
1	9.81
1	9.81

2	4.9
0.5	19.62
1.5	6.54
1.5	6.54
1.5	6.54
1.5	6.54
2	4.9
1.5	6.54
2	4.9

a_{2moy}=1.26 m/kg

k_{2moy}=9.7 N.m^{-1}

L'expression de l'incertitude sur k_2 :

On a $K_2 = \frac{g}{a2}$ $\Rightarrow$ ln (k_2) = ln (g) – ln (a_2)

$\Rightarrow \frac{\Delta k2}{k2} = \frac{\Delta g}{g} - \frac{\Delta a2}{a2}$ on a g = cte

Donc $\Delta g = 0$ et $\Delta k2 = -\boldsymbol{k2}\,\frac{\Delta a2}{a2}$

On a $\Delta a2 = a_{2max} - a_{2min}$

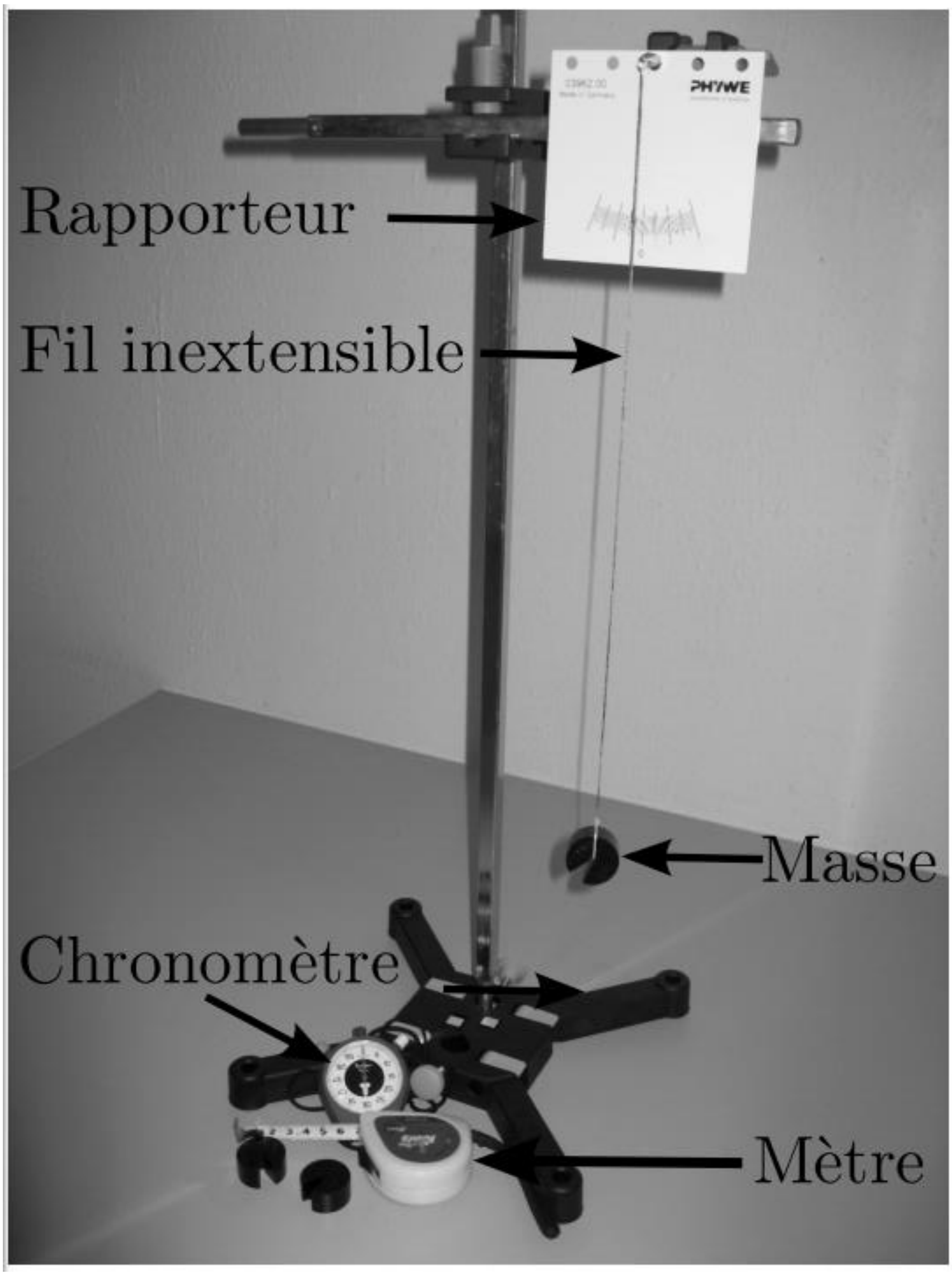
$\Delta a2$ = 2-0.5 = 1.5 m/kg.

Donc $\Delta k2$=-9.7 *1.5/1.26= -11.54 N.m^{-1}

K = 9.7 ± 11.54 N.m^{-1}

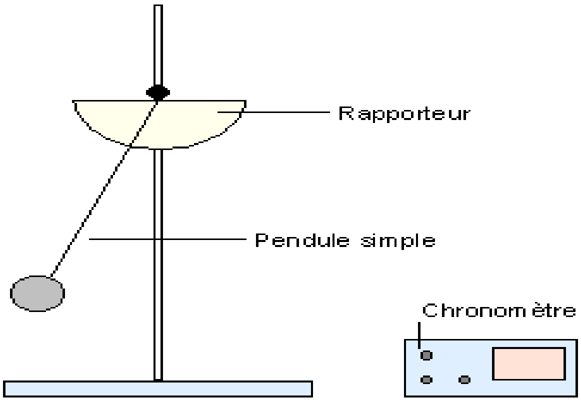
TP N°4 :

Pendule simple



I. Introduction : ce TP présente étude pratique d'une pendule simple. Qui est en physique une masse ponctuelle (bille) fixée à l'extrémité d'un fil sans masse, inextensible et sans raideur et oscillant sous l'effet de la pesanteur. Il s'agit du modèle de pendule pesant le plus simple. . L'influence de la masse de la bille sur le mvt sera étudiée ainsi que l'amplitude d'oscillation et la longueur du fil

II. Principe : On cherche à déterminer l'influence des trois paramètres cités avant sur la période d'oscillation en utilisant le dispositif suivant :

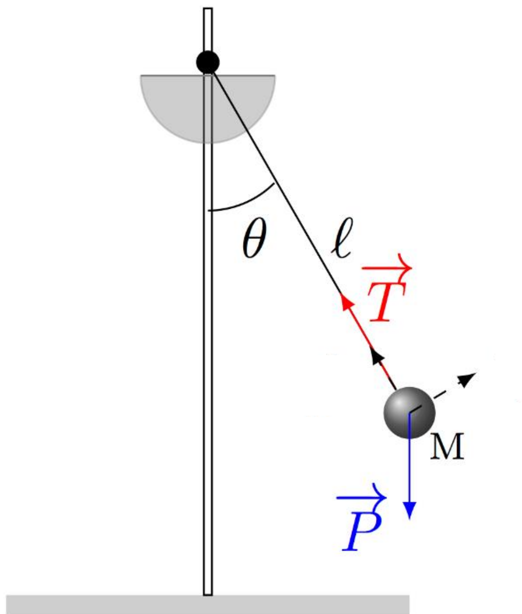


Objectifs :

- ✓ Déterminer les différents paramètres qui influencent sur la période d'un pendule simple
- ✓ Déterminer l'accélération due à la gravite
- ✓ Analyser les transferts énergétiques au cours d'un mvt d'un point matériel
- ✓ Pratiquer une démarche expérimentale pour étudier l'évolution des énergies cinétiques, potentielles et mécaniques d'un oscillateur

Etude théorique :

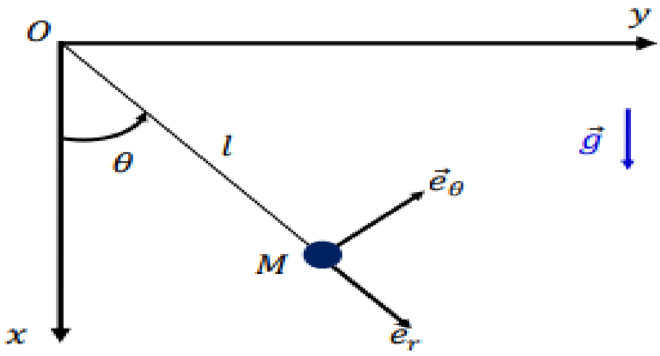
1. Schéma du pendule simple et la représentation des forces qui s'exercent sur la masse accrochée au fil.



2. L'équation du mouvement :

On considère R(**O**, $\vec{\imath}$,$\vec{\jmath}$) comme un référentiel galiléen et la bas... assimilable a un point materiel M.

Les forces appliquées au point M sont :
Son poids P avec : $P = mg = mgcos\theta e\ r - mgsin\theta e\ \theta$
La tension du fil T avec : $T = -Te$



Le PFD dans ce référentiel galiléen est le suivant:

$$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{\gamma}(M/\Re)$$

$$\Rightarrow \quad m\vec{\gamma}(M/\Re) = \vec{P} + \vec{T}$$

$$\Rightarrow \quad -ml\dot{\theta}^2\vec{e}_r + ml\ddot{\theta}\vec{e}_\theta = (mgcos\theta - T)\vec{e}_r - mgsin\theta\,\vec{e}_\theta$$

La projection du PFD sur $\vec{e}_\theta$ donne :

$$ml\ddot{\theta} = -mgsin\theta$$

$$\Rightarrow \quad ml\ddot{\theta} + mgsin\theta = 0$$

$$\Rightarrow \quad \ddot{\theta} + \frac{g}{l}sin\theta = 0$$

Pour des faibles oscillations, $sin\theta \cong \theta \quad (\theta\ trés\ petit)$

On trouve finalement :

$$\ddot{\theta} + \frac{g}{l}\theta = 0$$

3. La formule du mouvement du pendule simple $\theta = f(t)$:

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

A t=0 on a $\varphi = 0$

$$\theta(\mathrm{t} = 0) = \theta_m cos(0 + \varphi) = \theta_m$$

D ou
$cos(\varphi) = 1$

Alors $\varphi = 0$ or $\varphi = \pi$
si

$$\dot{\theta}(\mathrm{t} = 0) = -\theta_m \omega sin(0 + \varphi) > \theta_m$$

Donc

$$\theta(\mathrm{t}) = \theta_m cos(\omega.t)$$

4. L'expression de la période d'oscillation T du pendule :

D'après l'équation du mouvement

$$\ddot{\theta} + \frac{g}{l}\theta = 0$$

On a : $\dot{\theta}(\mathrm{t}) = -\theta_m \omega sin(\omega t)$

et $\ddot{\theta}(\mathrm{t}) = -\theta_m \omega^2 cos(\omega t)$

alors $\ddot{\theta}(\mathrm{t}) = -\theta_m \omega^2 cos(\omega t) = -\omega^2 \theta(t)$

donc $-\omega^2\theta(t) + \frac{g}{l}\theta(t) = 0$ avec $T = \frac{2\pi}{\omega}$

Alors $\omega^2 = \frac{g}{l}$ $\Rightarrow$ $\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$

DONC : $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$

La période T d'un pendule simple dépend de g et la longueur l

5. L'expression de l'énergie cinétique est : $E_c = \frac{1}{2}m.v^2$

alors $E_c = \frac{1}{2}J_\Delta.\dot{\theta}^2$ $\Rightarrow$ $E_c = \frac{1}{2}ml^2.\dot{\theta}^2$

6. L'expression de l'énergie potentielle est : $E_{pp} = mgz + C$ avec C = constante

alors $E_{pp} = mgl(1 - cos(\theta))$ pour des oscillations de petites amplitudes on pose $cos(\theta) = 1 - \frac{\theta^2}{2}$

Alors $E_{pp} = mgl.\frac{\theta^2}{2} + C$

7. L'expression de l'énergie potentielle est : $E_m = E_{pp} + E_c$

D ou $E_m = \frac{1}{2}ml^2.\dot{\theta}^2 + mgl.\frac{\theta^2}{2} + C$

Alors :

$E_m = \frac{1}{2}ml^2.\dot{\theta}^2 + mgl.\frac{\theta^2}{2}$ si C = 0

MANIPULATION :

A. Etude du mouvement en fonction de la masse du pendule simple pour les faibles oscillations :

1. On choisit deux billes de masse différentes m_1=67g et m_2=134g
2. On prend une longueur fixée a 0.5m avec 3 angles φ_i.
3. Le tableau suivant présente les résultats :

Sachant que : $\Delta T_{moy} = Sup|T_i - T_{moy}|$

m_i	φ(°)	T1	T2	T3	T4	T_{moy}	ΔT_{moy}	$(T_{moy})^2$	$g_i=4\pi^2 l_i/(T_{moy})^2$
m_1=134g	10	1.430	1.431	1.429	1.429	1.429	0.002	2.042	9.66
	15	1.433	1.431	1.434	1.437	1.433	0.004	2.053	9.61
	20	1.442	1.442	1.441	1.442	1.441	0.001	2.076	9.05
m_2=67g	10	1.425	1.426	1.428	1.429	1.427	0.002	2.036	9.69
	15	1.431	1.430	1.429	1.430	1.430	0.001	2.044	9.65
	20	1.442	1.443	1. 441	1.112	1.442	0.001	2.079	9.5

4. On conclure que le mouvement ne dépend pas de la masse

B. Etude de l'influence de l'amplitude d'oscillation :

Les résultats sont représentés dans le tableau ci-dessous:

Avec **m=67g**

φ(°)	T1	T2	T3	T4	Tm	ΔT
0	0	0	0	0	0	0
10	1.425	1.426	1.428	1.429	1.427	0.002
15	1.431	1.430	1.429	1.430	1.430	0.001
20	1.442	1.443	1. 441	1.112	1.442	0.001
30	1.448	1.446	1.445	1.444	1.445	0.003
40	1.461	1.466	1.465	1.465	1.464	0.002
45	1.476	1.478	1.479	1.483	1.479	0.004

1. Nous concluons que le mouvement ne dépend pas de l'amplitude d'oscillation.

C. Etude du mouvement en fonction de la longueur du fil pour les faibles oscillations :

Les résultats sont représentés dans le tableau ci-dessous:

Avec **m=134g**

L_i(m)	φ(°)	$\sqrt{l}$	$\Delta\sqrt{l}$	T1	T2	T3	T4	Tm	$(Tm)^2$	ΔT	$g_i=4\pi^2 l_i/(Tm)^2$
0.25		0.500	0.001	1.037	1.040	1.037	1.036	1.037	1.075	0.003	9.181
0.30		0.547	0.001	1.126	1.124	1.126	1.127	1.125	1.265	0.002	9.36
0.40		0.632	0.001	1.332	1.333	1.335	1.333	1.333	1.776	0.002	8.89
0.50		0.707	0.001	1.442	1.442	1.441	1.442	1.441	2.076	0.001	9.05
0.60	20	0.774	0.001	1.585	1.583	1.583	1.585	1.584	2.509	0.001	9.44
0.70		0.836	0.001	1.705	1.707	1.704	1.711	1.706	2.910	0.005	9.50
0.80		0.894	0.001	1.815	1.814	1.815	1.810	1.813	3.286	0.002	9.61
0.90		0.948	0.001	1.895	1.893	1.892	1.892	1.893	3.583	0.002	9.91
1.00		1.000	0.001	2.037	2.035	2.034	2.034	2.035	4.141	0.002	9.53

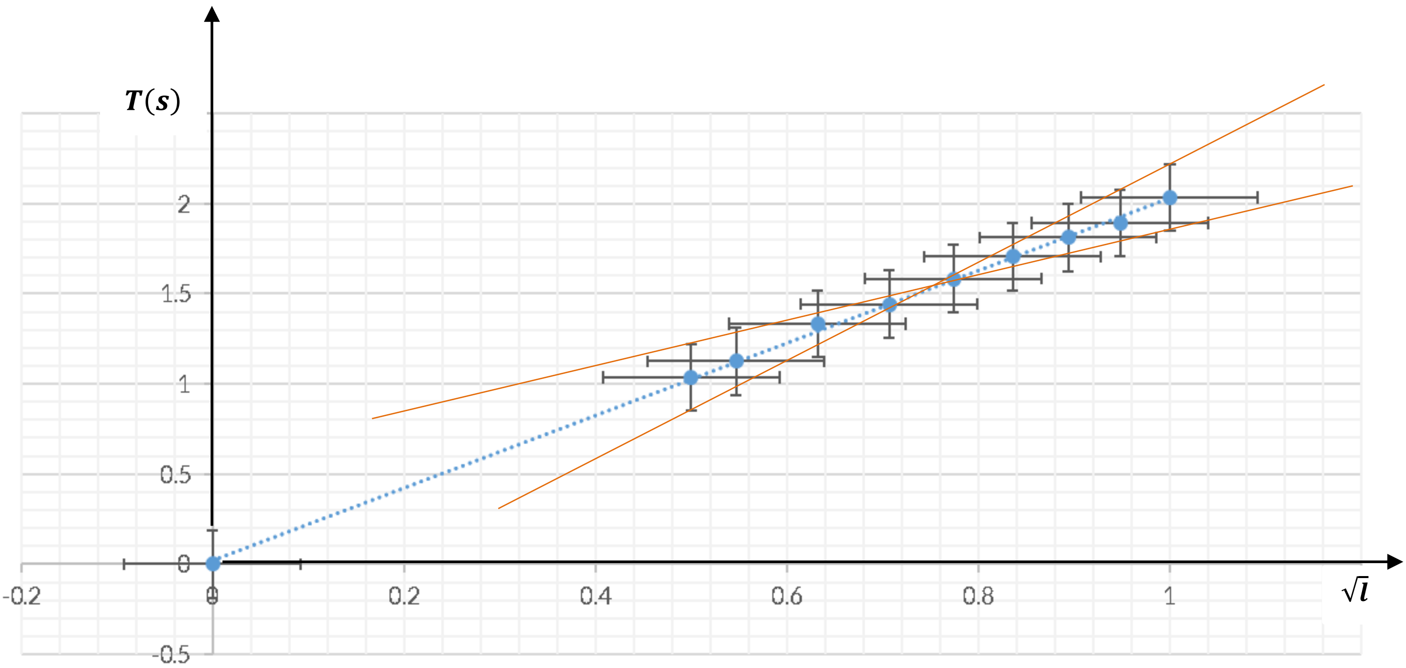
4. La valeur moyenne de g est : $g_{imoy} = \frac{\sum_1^9 g_i}{9}$

$$g_{imoy} = 9{,}38$$

$$\Delta g = g_{rel} - g_{imoy} = 9{,}81 - 9{,}38$$

$$\Delta g = 0{,}42$$

5. Le graphe $T = f(\sqrt{l})$:



6. Les valeurs des pentes max et min et moy sont :

$$a_{max} = \left(\frac{\Delta T}{\Delta\sqrt{l}}\right) = 3{,}00$$

$$a_{moy} = \left(\frac{\Delta T}{\Delta\sqrt{l}}\right) = 2{,}013$$

$$a_{min} = \left(\frac{\Delta T}{\Delta\sqrt{l}}\right) = 1{,}53$$

7. Loi expérimentale

Les points sont sensiblement alignés. La droite moyenne passe par l'origine. Les grandeurs T et l sont proportionnelles.

On peut écrire que : $T = f(\sqrt{l}) = a.\sqrt{l}$ La grandeurs a est le coefficient directeur de la droite moyenne tracée.

la Valeur de a est : $a = \left(\frac{\Delta T}{\Delta\sqrt{l}}\right) = \left(\frac{\Delta T}{\Delta\sqrt{l}}\right) = 2{,}074\ s.m^{-\frac{1}{2}}$

alors $\quad T = 2{,}074.\sqrt{l}$

on sait que : $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} = \frac{2\pi}{\sqrt{g}}.\sqrt{l}$

ainsi que $\frac{2\pi}{\sqrt{g}} = 2{,}074$

Dou $g = \left(\frac{2\pi}{2{,}074}\right)^2 = 9{,}18\ m.s^{-2}$

$$\Delta g = g_{rel} - g = 9{,}81 - 9{,}18$$

$$\Delta g = 0{,}63\ m.s^{-2}$$

8. Comparer la valeur moyenne de g_{imoy} et g :

$$g_{imoy} \approx g = 9{,}38\ m.s^{-2}$$

9. Confrontation théorie /expérience :

L_i(m)	T_{ex} (période expérimentale)	T_{th} (période théorique)	$[(T_{th}-T_{ex})/T_{th}]$%
0.25	**1.037**	**1.003**	**3.3**
0.30	**1.125**	**1.098**	**2.4**
0.40	**1.333**	**1.268**	**5.1**
0.50	**1.441**	**1.418**	**1.6**
0.60	**1.584**	**1.553**	**1.9**
0.70	**1.706**	**1.678**	**1.6**
0.80	**1.813**	**1.794**	**1.0**
0.90	**1.893**	**1.903**	**0.5**

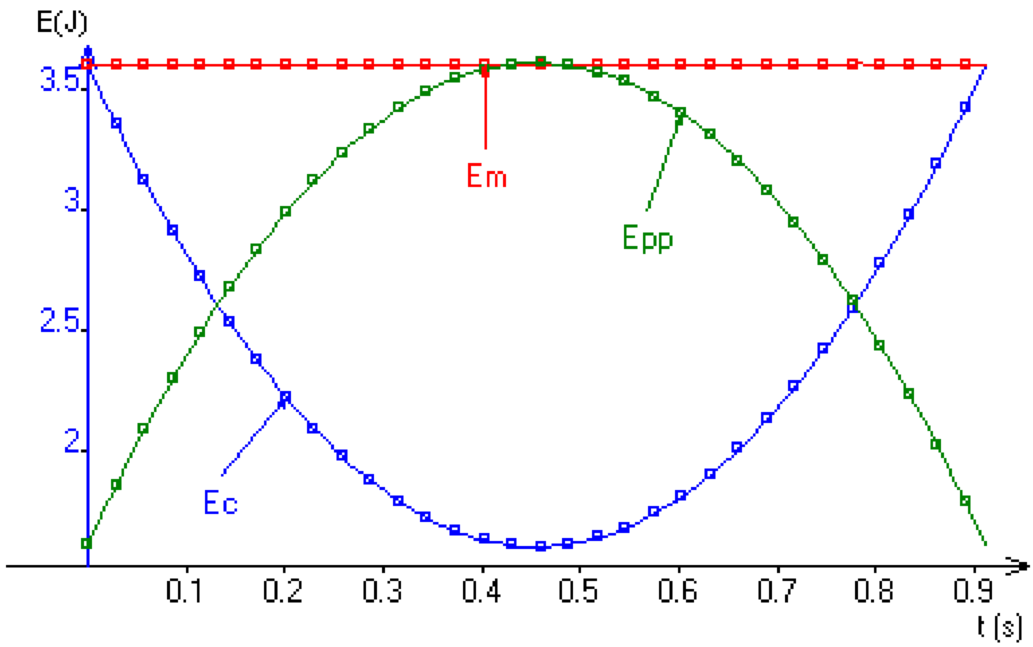
10. L'erreur relative en pourcent

$$e_r = \left|\frac{g_{th} - g_{exp}}{g_{th}}\right|$$

$$e_r = \left|\frac{9{,}81 - 9{,}18}{9{,}81}\right| \times 100 = 6{,}42\%$$

L'erreur relative est faible $e_r = 6{,}42\%$

11.



12.

On trouve $E_{pp} = mgl(1 - cos(\theta))$ maximale a $\theta = \theta_{max} = \frac{\pi}{2}$ le fil dans le cas horizontal

On trouve $E_{pp} = mgl(1 - cos(\theta))$ minimale a $\theta = \theta_{min} = 0$ le fil dans le cas Verticale

13. Energie mécanique reste constante au cours du mouvement.

$$E_m = E_{pp} + E_c = E_c(max) = E_{pp}(max) = cte$$

CONCLUSION :

LES travaux pratiques est un outil très important qui nous aide à compléter nos connaissances théoriques et trouver les lois qu'on utilise souvent pour résoudre les problèmes de mécaniques de point expérimentalement .

SOMMAIRE :

Introduction…………………………………………………….2

TP N°1 : force centrifuge…………………………………......3

TP n°2 : chute libre ……………………………………………15

TP N°3 : loi de HOOKE …………………………………….26

TP N°4 : pendule simple……………………………………….37

Conclusion……………………………………………………….45

Sommaire…………………………………………………….46