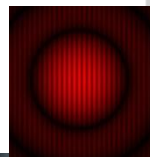


ÉCOLE SUPÉRIEURE EN GÉNIE ELECTRIQUE ET ENERGÉTIQUE D'ORAN



TRAVAUX PRATIQUES
DE PHYSIQUE



Dr Lamia HEIRECHE

TABLE DES MATIERES

TRAVAUX PRATIQUES DE MÉCANIQUE

TP N 01 MESURES ET INCERTITUDES.....	2
TP N 02 CHUTE LIBRE.....	6
TP N 03 CHUTE PARABOLIQUE	8
TP N 04 MOUVEMENT RECTILIGNE	11
TP N 05 ETUDE STATIQUE ET DYNAMIQUE D'UN RESSORT	14
TP N 06 CHOC ELASTIQUE ET INELASTIQUE	17

TRAVAUX PRATIQUES D'ÉLECTRICITÉ ET MAGNÉTISME

TP N 01 BALANCE DE COULOMB	22
TP N 02 CHAMP ELECTRIQUE DANS UN CONDENSATEUR PLAQUES.....	25
TP N 03 RESISTANCE ET RESISTIVITE.....	27
TP N 04 LOIS DE KIRCHHOFF	29
TP N 05 CHARGE ET DECHARGE D'UN CONDENSATEUR	31
TP N 06 CHAMP MAGNETIQUE	34
TP N 07 FORCE DE LAPLACE.....	38

TRAVAUX PRATIQUES D'OPTIQUE PHYSIQUE

TP N 01 OPTIQUE GEOMETRIQUE	42
PARTIE I Les lois de Snell-Descartes.....	42
PARTIE II Instruments Optiques.....	44
PARTIE II Focométrie.....	47
TP N 02 PRISME ET SPECTROGONIOMETRE	50
TP N 03 DIFFRACTION ET INTERFERENCE	54
TP N 04 POLARISATION DE LA LUMIERE	58

TRAVAUX PRATIQUES DE VIBRATION ET D'ONDE MÉCANIQUE

TP N 01 PENDULE DE POHL.....	63
TP N 02 PENDULES COUPLÉS.....	69
TP N 03 MOMENT D'INERTIE.....	73
TP N 04 ONDE STATIONNAIRE TRANSVERSALE	76
TP N 05 ONDE STATIONNAIRE LONGITUDINALE	80
TP N 06 ONDE SONORE	82

TRAVAUX PRATIQUES

MÉCANIQUE

TP N 01 : MESURES ET INCERTITUDES

BUT DE L'EXPERIENCE :

Utiliser des instruments de mesures usuels le pied à coulisse, balance et sphéromètre.
Calculer des incertitudes.

PARTIE I

I. ETUDE THEORIQUE :

Le pied à coulisse est un instrument de mesure, il permet de mesurer facilement les diamètres des pièces et des perçages, l'épaisseur ou la profondeur d'objets de faibles dimensions, ainsi que les diamètres tant intérieurs qu'extérieurs de tubes. Il est constitué d'une règle fixe graduée en millimètre (mm) sur laquelle glisse un vernier. Grâce au vernier du pied à coulisse, on fait une mesure au 1/10mm près.

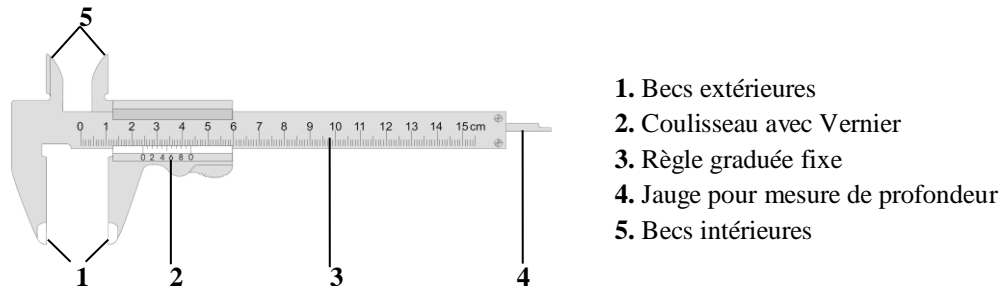
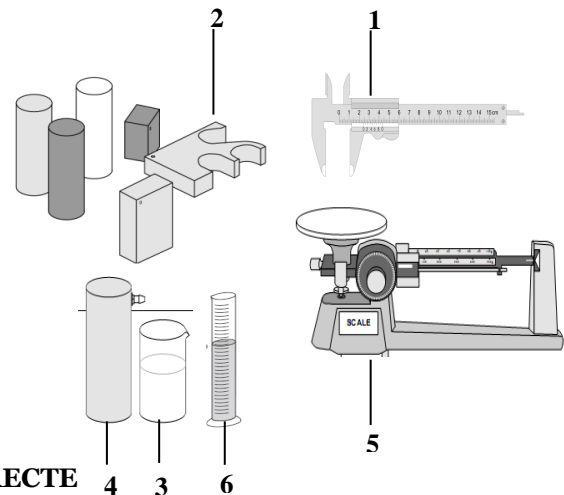


Fig.1 Pied à coulisse avec un vernier

II. ETUDE EXPERIMENTALE :

Le Matériel:

1. Pied à coulisse.
2. Six objets solides de différente forme.
3. Bécher.
4. Récipient.
5. Balance.
6. Éprouvette graduée.



A-MESURE DE VOLUME PAR METHODE DIRECTE

1. Placez le bécher sous le bec de récipient, comme indiqué dans Figure 2.
2. Verser de l'eau dans le récipient jusqu'à ce qu'il déborde dans le bécher.
3. Vider le bécher et le replacer sous le bec de récipient.
4. À l'aide d'une corde immerger doucement le solide dans l'eau du récipient.
5. Mesurez le volume d'eau déplacée dans le bécher par la lecture le niveau d'eau dans l'éprouvette graduée en millilitres ($1ml = 1cm^3$).
6. Notez ce volume dans le tableau 1.
7. Répétez cette procédure pour les autres objets.

Fig.2

<i>Forme de solide</i>	<i>Volume V</i>	ΔV
<i>Aluminium bloc</i>		
<i>Aluminium cylindre</i>		
<i>Cuivre bloc</i>		
<i>Cuivre cylindre</i>		
<i>Plastique cylindre</i>		

Tableau 1

B-MESURE DE VOLUME PAR METHODE INDIRECTE

1. Mesurer la hauteur h et le rayon R des solides de forme cylindrique avec le pied à coulisse.
2. Mesurer la hauteur h , la largeur l et la longueur g les solides de forme parallélépipède avec le pied à coulisse.
3. Donner les expressions de volume d'un cylindre et d'un parallélépipède.
4. Calculer le volume V et l'incertitude ΔV compléter le tableau 2.

<i>Forme de solide</i>	<i>Volume V</i>	ΔV
<i>Aluminium bloc</i>		
<i>Aluminium cylindre</i>		
<i>Cuivre bloc</i>		
<i>Cuivre cylindre</i>		
<i>Plastique cylindre</i>		

Tableau 2

5. Quelle conclusion pouvez-vous apporter ?

C-MESURE DE MASSE VOLUMIQUE

1. Donner les expressions de la masse volumique ρ
2. Utiliser la balance et déterminez les masses des objets.
3. Calculer la masse volumique ρ et l'incertitude $\Delta\rho$, compléter le tableau 3.

<i>Forme de solide</i>	<i>Masse</i>	ρ (méthode directe)	$\Delta\rho$	ρ (méthode indirecte)	$\Delta\rho$
<i>Aluminium bloc</i>					
<i>Aluminium cylindre</i>					
<i>Cuivre bloc</i>					
<i>Cuivre cylindre</i>					
<i>Plastique cylindre</i>					

Tableau 3

4. Conclure.

PARTIE II

I. ETUDE THEORIQUE :

Le sphéromètre permet de mesurer des hauteurs de bombement h des verres. Il est constitué d'un trépied avec trois pointes en acier qui forment un triangle équilatéral de 50 mm de côté. Une vis micrométrique avec pointe de mesure passe par le centre du trépied. Une règle graduée verticale indique la hauteur h de la pointe de mesure au dessus ou au-dessous du plan défini par les pointes des pieds. Le déplacement de la pointe de mesure peut être lu à 1 μm près à l'aide d'une graduation sur un disque circulaire qui tourne avec la vis micrométrique.

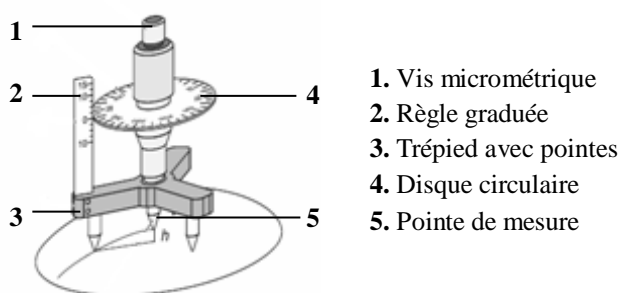
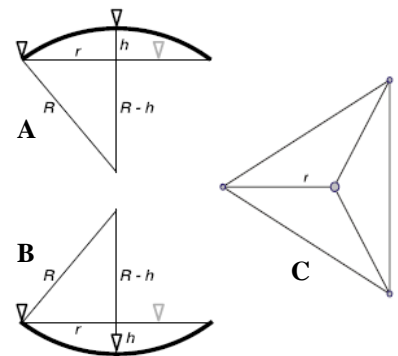


Fig.3 sphéromètre



**Fig.4 représentation schématique pour
La mesure de rayon de courbure
A. surface convexe B. surface concave.
C. vue du haut.**

L'équation suivante décrit le rapport entre l'écart r des pointes des pieds avec le centre du sphéromètre, le rayon de courbure recherché R et la hauteur de bombement h :

$$R^2 = r^2 + (R - h)^2 \quad (1)$$

L'écart r résulte de la longueur de côté s du triangle équilatéral formé par les pointes des pieds:

$$r = \frac{s}{\sqrt{3}} \quad (2)$$

Pour R le rayon de courbure, l'équation est donc la suivante: $R = \frac{s^2}{6h} + \frac{h}{2}$ (3)

L'écart des pointes des pieds s du sphéromètre s'élève à 50 mm. Pour de faibles hauteurs de bombements h , (3) peut être simplifié :

$$R = \frac{s^2}{6h} = \frac{25000}{6h} \quad (4)$$

II. ETUDE EXPERIMENTALE :

Le Matériel:

1. Sphéromètre
2. Verre de montre de diamètre 80 mm.
3. Verre de montre de diamètre 125 mm.

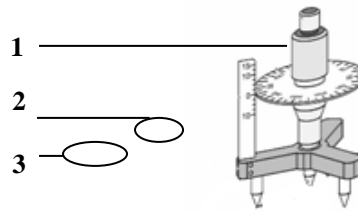


Fig.2 Le matériel

MESURE DE RAYON DE COURBURE R.

1. Placez le sphéromètre sur la table et vérifiez la position zéro sur la graduation.
2. Posez le grand verre sur une surface lisse avec le bombement tourné vers le haut.
3. Placez le sphéromètre par-dessus de manière à ce que la pointe de mesure touche juste la surface du verre.
4. Lisez et notez le bombement h .
5. Placez le verre de montre avec le bombement vers le bas et répétez la mesure.
6. Répétez les mesures avec un verre plus petit.
7. Complétez le tableau.

Φ (mm)	courbure	h (mm)	R (mm)
125 mm	convexe		
	concave		
80 mm	convexe		
	concave		

Tableau 4

8. Conclure.

TP N 02 : CHUTE LIBRE

BUT DE L'EXPERIENCE :

Déterminer l'accélération g .
L'effet de la taille des billes sur la chute libre.

I. ETUDE THEORIQUE :

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

1. Définir le champ de la pesanteur et le poids P .
2. Quelles sont les forces négligées dans la chute libre ?
3. Que représente l'accélération dans la chute libre ?
On lâche la bille de la hauteur h à l'instant $t=0$, $v=0$.
4. Montrer que la hauteur et la vitesse s'écrivent sous formes ;

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

5. Quelle est la nature du mouvement de la chute libre ?

II. ETUDE EXPERIMENTALE :

Le matériel :

1. Bille en acier (masse 17 g et diamètre 16mm).
2. Plaque de réception.
3. Support, deux noix et une tige verticale.
4. Compteur électrique.
5. Déclencheur.

Expérience 1 :

1. Connecter le compteur avec la plaque de réception.
2. Placer la bille.
3. Régler la hauteur h à l'aide d'une règle graduée.
4. Appuyer sur le déclencheur pour démarrer la chute.
5. Relever le temps t de la chute du compteur électrique lorsque la bille atteint la plaque de réception.
6. Répéter l'expérience deux fois pour la même hauteur.

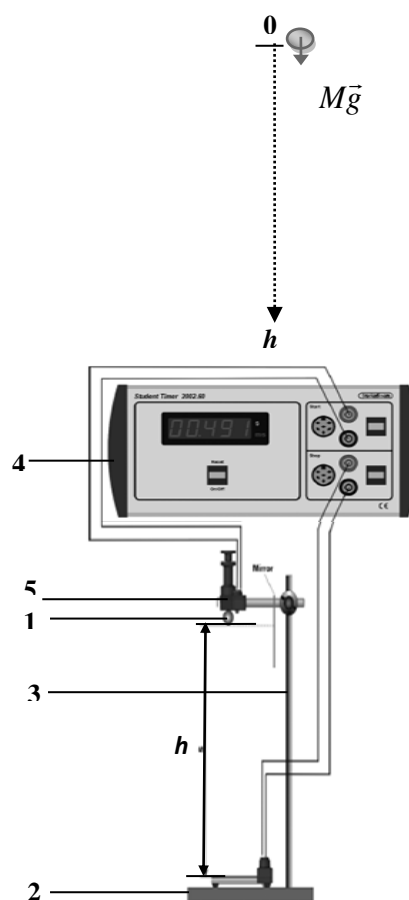


Fig1. Le matériel

$h(m)$	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2
$t(s)$					
$t_{moy}(s)$					
$\Delta t (s)$					
$t_{moy}^2(s^2)$					
$\Delta t^2(s^2)$					

Tableau 1

7. Compléter le tableau 1.

8. Tracer le graphe $h = f(t^2)$ en représentant l'incertitude sur le temps. On donne $\Delta t_{\text{compteur}}$

9. Dédire l'accélération g à partir du graphe.

10. Ecrire l'accélération g sous la forme $g = (g \pm \Delta g) \text{unité}$.

Expérience2 :

1. Répéter la même expérience précédente en utilisant différentes billes

1. Balle de tennis (masse 7.2 g, diamètre 40 mm).

2. Bille en acier (masse 7.2 g, diamètre 12 mm).

3. Compléter le tableau ;

$h(m)$	1.0	0.9	0.8	0.7
<i>Balle de tennis $t(s)$</i>				
<i>L'accélération de balle de tennis (m/s^2)</i>				
<i>Bille en acier $t(s)$</i>				
<i>L'accélération de bille en acier (m/s^2)</i>				

Tableau 2

4. analyser les résultats du tableau et donner une explication.

5. conclure.

TP N 03 : CHUTE PARABOLIQUE.

BUT DE L'EXPERIENCE :

Etudier le mouvement parabolique.

Déterminer la vitesse initiale de lancement et l'effet de l'angle de tir sur mouvement parabolique.

I. ETUDE THEORIQUE :

Le système étudié est une bille métallique lancée horizontalement dans le champ de gravitation avec une vitesse initiale v_0 à une hauteur y_0 (On néglige les frottements de l'air).

1. Représenter sur le schéma les forces qui agissent sur la bille.

Pour décrire le mouvement on met en place un système de coordonnées, tel que la trajectoire du lancement soit dans le plan (Oxy) .

2. Montrer que les coordonnées $x(t)$ et $y(t)$ à l'instant t sont données par les relations suivantes :

$$x(t) = v_0 t \quad \text{et} \quad y(t) = -\frac{1}{2} g t^2 + y_0 \quad (1)$$

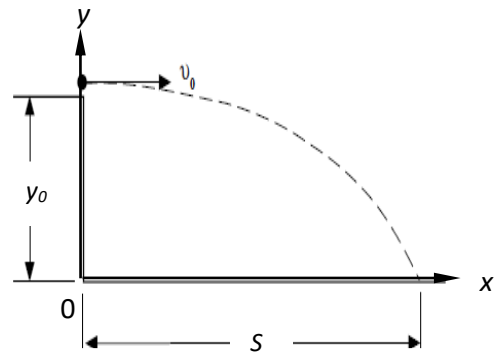


Fig.1 trajectoire de la bille (tir horizontal)

3. Quelle est la nature du mouvement de la bille suivant l'axe Ox et l'axe Oy ?

4. Déduire l'équation de la trajectoire $y(x)$.

5. Exprimer la hauteur y_0 en fonction de la vitesse initiale v_0 , la portée horizontale S (la distance entre le point de lancement et le point de chute du projectile sur l'axe Ox) et g . ($g=9.81 \text{ m/s}^2$)

Lorsque la bille est lancée avec une vitesse v_0 sous un angle θ de tir par rapport à l'horizontale les équations horaires $x(t)$ et $y(t)$ sont données par :

$$y(t) = -\frac{1}{2} g t^2 + (v_0 \sin \theta) t + y_0 \quad \text{et} \quad x(t) = (v_0 \cos \theta) t \quad (2)$$

Pour $y_0=0$

6. Établir les relations $x(t)$ et $y(t)$ et déduire l'équation de la trajectoire $y(x)$

5. Montrer que la portée S et l'altitude maximale h atteinte par le projectile est

$$S = \left(\frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g} \right) \quad \text{et} \quad h = \left(\frac{v_0^2 \sin^2 \theta}{2g} \right) \quad (3)$$

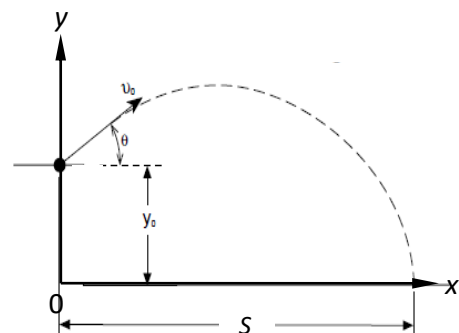


Fig.2 trajectoire de la bille (angle de tir θ)

6. Montrer que la hauteur est maximale à la position $x = S/2$

II. ETUDE EXPERIMENTALE :

Le matériel :

1. lanceur balistique
2. Tige pour lanceur balistique.
3. Support pour la tige.
4. un projectile (bille en acier de 1,6 cm de diamètre)
5. Règle graduée verticale avec jeu d'indices.
6. Décimètre à ruban.
7. Papier carbone
8. Feuille blanche

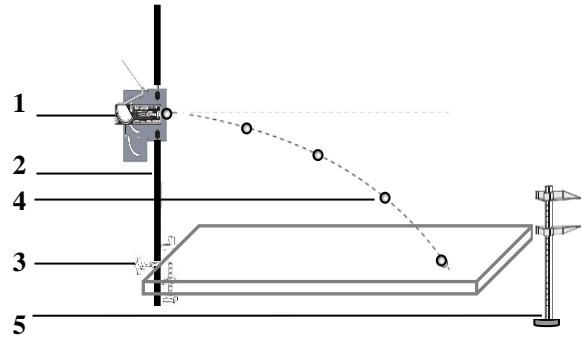


Fig.3 Dispositif expérimental de la chute parabolique

Expérience 1 :

1. Fixer la tige et son support près d'une extrémité de la table. (Voir figure 3)
2. Placez le lanceur dans la tige.
3. Réglez l'angle du lanceur à zéro degré 0° (tir l'horizontale).
4. Utiliser la vis de réglage pour positionner le lanceur de façon que la hauteur de lancement y_0 entre l'origine (point de lancement) et la table soit de 15 cm.
5. Placez sur la table la feuille blanche ensuite au dessus le papier carbone
6. À l'aide de tube mettez la bille dans lanceur en choisissant une vitesse initiale parmi les trois vitesses. (Une tension de ressort minimale)

7. ATTENTION !! Avant le lancement de la bille, vérifiez qu'aucune personne ne se trouve dans le cheminement de la trajectoire. Mettez lunette et ne regardez jamais directement la trajectoire du lanceur balistique.

8. Lancez la bille.
9. Mesurez la distance horizontale x entre la projection de l'origine sur la table et la trace de la bille sur la feuille blanche.
10. Répétez la même procédure pour différentes hauteurs y_0 et complétez-le du tableau suivant.

hauteur y_0 (Cm)	15	30	45	60	75	90
S (Cm)						
S_{moy} (Cm)						
ΔS (Cm)						
S_{moy}^2 (Cm ²)						
ΔS^2 (Cm ²)						

Tableau 1

11. Tracer le graphe $y_0=f(S_{moy}^2)$ en représentant les incertitudes sur x .
12. Dédurre à partir de la pente du graphe la vitesse initial v_0 .
13. Écrire v_0 sous la forme $v_0 = (v_0 \pm \Delta v_0) \text{ unité}$.

Expérience 2:

1. Fixer la hauteur de lancement y_0 à 0 cm .
2. Régler l'angle du lanceur à 25° et lancer la bille avec la même vitesse initiale choisie (voir figure 4.a)

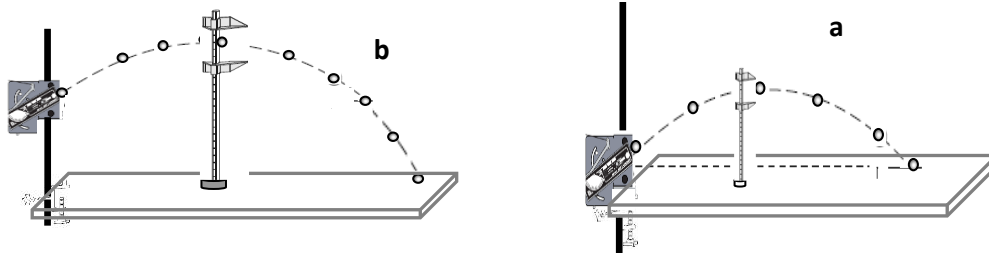


Fig.4 Dispositif expérimental de la chute parabolique

3. mesurer la portée S
4. Positionner la règle au milieu de la portée $S/2$ et mesurer la hauteur maximale en corrigeant la position des aiguilles de règle.
5. Réalisez successivement ces mesures également pour les angles 35° , 45° , 55° , 65° et 75° , regrouper les résultats dans le tableau ci-dessous

θ	25°	35°	45°	55°	65°	75°
Portée $S(\text{Cm})$						
Hauteur maximal						

Tableau 2

6. conclure.

Expérience 3:

1. Fixer la hauteur de lancement y_0 à 20 cm (Voir figure 4 b)
2. Répéter la même expérience précédente pour un angle de 45° .
3. Conclure.

TP N 04 : MOUVEMENT RECTILIGNE.

BUT DE L'EXPERIENCE :

Déterminer l'accélération du chariot.
Etudier du mouvement du chariot.

I. ETUDE THEORIQUE :

Dans cette étude un chariot de masse M se déplace sur des rails d'un banc sans frottement liée a une masse m par un fils inextensible de masse négligeable passant par une poulie.

1. Représenter les forces.
2. En appliquant la deuxième loi de Newton trouver l'expression de l'accélération a du chariot sous la forme

$$a = \frac{m}{m + M} g \quad (1)$$

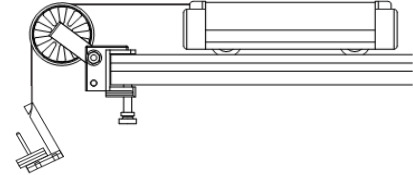


Fig.1

3. comment varie l'accélération a du chariot en fonction de la masse suspendue m .
4. Décrire la nature de mouvement du chariot. À l'instant $t=0$, $v=0$ et $x=0$.
5. Ecrire l'équation horaire du mouvement du chariot

On étudie ici le mouvement du chariot de masse M sans frottement sur des rails d'un banc incliné d'un angle θ par rapport à l'horizontale.

1. Représenter les forces
2. En appliquant la deuxième loi de Newton trouvez l'expression de l'accélération du chariot a .
3. Décrire la nature de mouvement de chariot.
4. Ecrire l'équation horaire du mouvement du chariot.
5. Comparer entre les deux accélérations du chariot dans les deux cas.

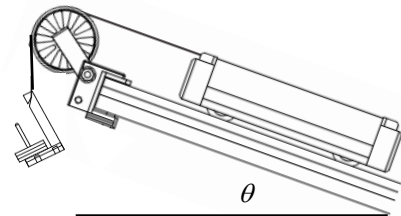


Fig.2

II. ETUDE EXPERIMENTALE :

Le matériel

1. Banc muni d'une graduation.
2. Un jeu de masse.
3. Poulie.
4. Chariot de masse 250g
5. Cellule photoélectrique 1.
6. Cellule photoélectrique 2.
7. Compteur numérique.
8. Réglette transparente de masse 13g.
9. Fil

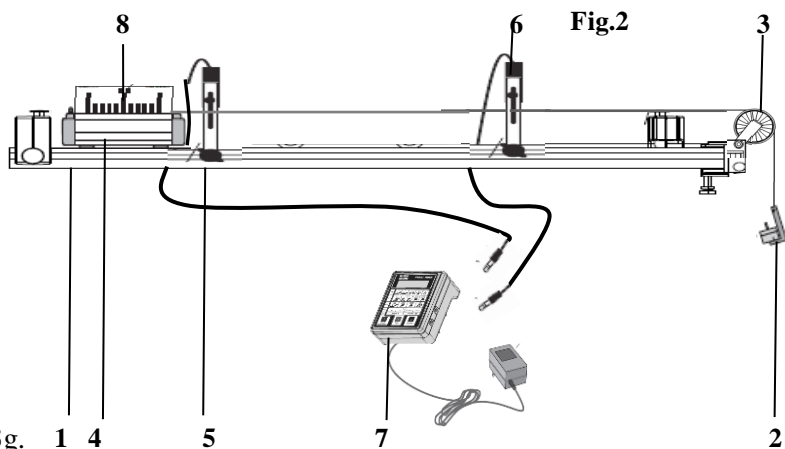


Fig.3 Dispositif expérimental du mouvement rectiligne

Expérience 1 :

Compléter le montage comme indique la figure 3 en suivant les étapes :

1. Fixer Réglette transparente graduée sur le chariot ensuite placer le chariot sur les rails.
2. Attacher le chariot par un fil passant par la poulie.
4. Accrocher une masse de 50 g à l'extrémité du fil à l'aide d'un jeu de masse.
3. Relier les deux cellules au compteur numérique
5. Brancher et allumer le compteur numérique (vérifier que les deux cellules photoélectrique sont allumées)

Le compteur numérique possède trois touches de couleurs différentes :

A- Select Measurement (touche rouge) sélection verticale du type de mesure

Mesurer temps : choisir le type «time».

Mesurer vitesse instantanée : choisir le type «Speed ».

Mesure d'une accélération : choisir le type « Accel ».

B- Select Mode (touche bleue) : sélection horizontale du mode de mesure.

Une Cellule photoélectrique Choisir le mode *One Gate*.

Deux Cellule photoélectrique Choisir le mode *two Gate*.

C- Start/Stop (touche noire) : déclenchement de la mesure. On entend un bip et une étoile apparaît sur l'écran. Pour faire une autre mesure, appuyer à nouveau sur cette touche.

6. Pour différentes valeurs de distance x lâcher le chariot sans vitesse initial et inscrire la valeur du temps affichée par le compteur numérique (la distance x est distance entre les deux cellules photoélectrique, pour changer la distance x la cellule photoélectrique 1 reste fixe, déplacer uniquement cellule photoélectrique 2).

Compléter le tableau suivant

$x(m)$	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
$t(s)$					
$t_{moy}(s)$					
$\Delta t (s)$					
$t_{moy}^2(s^2)$					
$\Delta t^2(s^2)$					

Tableau 1

7. Tracer le graphe $x = f(t_{moy}^2)$ en représentant les incertitudes.
8. Déduire l'accélération a .
9. Écrire l'accélération a sous la forme $a = (a \pm \Delta a) \text{unité}$.
10. Vérifier la deuxième loi de Newton justifié votre réponse.

Expérience 2 :

1. Incliner le banc d'un angle de 10° à l'aide de support (voir figure 4).

2. Refaire exactement la même procédure expérimentale que précédemment et remplir le tableau

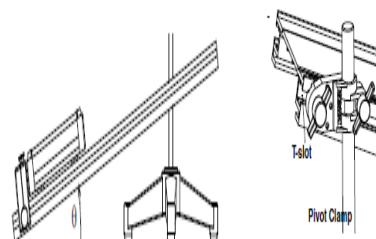


Fig.4

$x(m)$	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
$t(s)$					
$t_{moy}(s)$					
$\Delta t (s)$					
$t_{moy}^2(s^2)$					
$\Delta t^2(s^2)$					

Tableau 2

3. Tracer le graphe $x = f(t_{moy}^2)$ en représentant les incertitudes.
4. Dédire l'accélération a
5. Écrire l'accélération a sous la forme $a = (a \pm \Delta a)_{unité}$.
6. Vérifier la deuxième loi de Newton justifier votre réponse.
7. Comparer entre les deux accélérations conclure.

Expérience 3:

1. Incliner le banc d'un angle de 15°
2. Qu'est ce que vous remarquez ?
3. Donner la valeur de l'accélération a et la comparer avec l'accélération a calculée théoriquement.
4. Donner une explication.

TP N 05 : ETUDE STATIQUE ET DYNAMIQUE D'UN RESSORT.

BUT DE L'EXPERIENCE :

Déterminer la constante de raideur d'un ressort par deux méthodes statistique et dynamique.
Etudier le mouvement de ressort.

I. ETUDE THEORIQUE :

A. ETUDE STATIQUE

Un ressort de masse négligeable et de raideur k est suspendu verticalement par son extrémité supérieure à un support, il possède une longueur l_0 . Lorsqu'on accroche une masse m à son extrémité inférieure, le ressort s'allonge d'une longueur x .

$$x = l - l_0$$

1. Représenter les forces appliquées à la masse m
2. En appliquant la 2^{ème} loi de Newton trouvé l'expression de k .

B. ETUDE DYNAMIQUE

Lorsqu'on tire la masse accrochée au ressort verticalement de sa position d'équilibre d'une distance a appelée l'amplitude et qu'on lâche la masse. Le système se met à osciller autour de sa position d'équilibre.

1. En appliquant la 2^{ème} loi de Newton trouver l'équation du mouvement sous la forme

$$\frac{d^2x}{dt^2} + w^2 x = 0 \text{ (La pulsation } w = \frac{2\pi}{T} \text{ , } T \text{ est la période).}$$

2. Montrer que l'expression de la période des oscillations T est $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$
3. Dédire la relation de k en fonction de la période T et la masse m .

II. ETUDE EXPERIMENTALE

Le matériel

1. Support .
2. Ressort de raideur k
3. Chronomètre.
4. Règle graduée.
5. Masses.

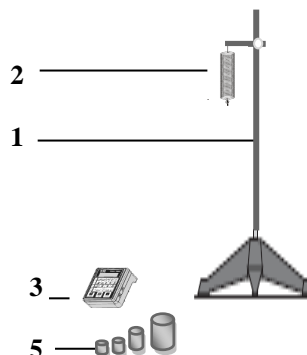


Fig.3 Dispositif expérimental

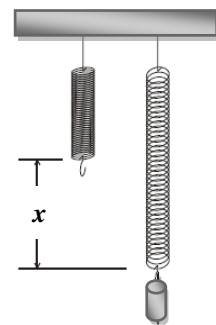


Fig.1

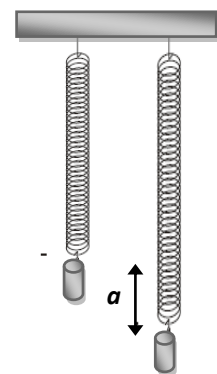


Fig.2

A. ETUDE STATIQUE

Expérience 1 :

1. Fixer le ressort sur le support
2. À l'aide de la Règle graduée mesurer l'allongement x du ressort pour différentes valeurs de masses accrochées à son extrémité.
3. Remplir le tableau suivant

Masse m (g)	20	40	50	70	90	100
$X=l-l_0(Cm)$						

Tableau 1

4. Tracer le graphe $m=f(x)$ en représentant les incertitudes sur l'allongement x .
5. Déduire à partir du graphe la valeur de la constante de raideur k .
6. Écrire k sous la forme $k = (k \pm \Delta k) \text{unité}$.

B. ETUDE DYNAMIQUE

Expérience 1

1. Accrocher une masse de 70 g à l'extrémité du ressort.
2. Tirer la masse verticalement vers le bas d'une amplitude a ensuite lâcher sans vitesse initiale.
3. En utilisant le chronomètre mesurer le temps de 5 oscillations pour différentes valeur de a
4. Compléter le tableau suivant et donner une conclusion

L'amplitude a (cm)	2	3	5
$t(s)$			
$t_{moy}(s)$			
$T(s)$			

Tableau 2

Expérience 2

1. Fixer différentes masses à l'extrémité du ressort.
2. Pour chaque masse, écarter la masse de sa position d'équilibre déterminé la période des oscillations en mesurant la durée de 5 périodes à l'aide du chronomètre.
3. Regrouper les résultats dans le tableau suivant

$m(Kg)$	0.02	0.04	0.05	0.07	0.09	0.10
$t(s)$						
$t_{moy}(s)$						
$\Delta t (s)$						
$\Delta t^2(s^2)$						
$T(s)$						
$T^2(s^2)$						
$\Delta T^2(s^2)$						

Tableau 3

4. Tracer le graphe $T^2 = f(m)$ en représentant les incertitudes.
5. Dédire à partir du graphe la valeur de la constante de raideur k .
6. Écrire k sous la forme $k = (k \pm \Delta k) \text{ unité}$.
7. conclure

TP N 06 : CHOC ELASTIQUE ET INELASTIQUE.

BUT DE L'EXPERIENCE :

Etudier des chocs élastique et inélastique entre deux solides.

Etudier la Loi de conservation de la quantité de mouvement.

Etudier la Loi de conservation de l'énergie cinétique.

I. ETUDE THEORIQUE :

La quantité de mouvement d'un point matériel de masse m et de vitesse \vec{v} est définie par:

$$\vec{p} = m\vec{v} \quad (1)$$

Lors du choc entre deux chariots de masse M_1 et masse M_2 , la quantité de mouvement \vec{p}_t totale du système est conservée avant et après le choc.

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}'_1 + \vec{p}'_2 \quad (2)$$

Où \vec{p}_1, \vec{p}_2 sont les quantités de mouvement avant le choc et \vec{p}'_1, \vec{p}'_2 sont les quantités de mouvement après le choc.

Pour montrer l'équation vectorielle de la conservation de la quantité de mouvement. On considère le choc entre les deux chariots (On néglige les frottements entre les chariots et le banc).

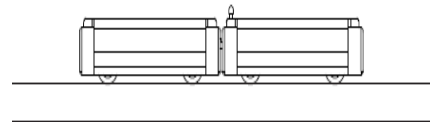


Fig.1 choc entre deux chariots

1. Donner le principe de l'action et la réaction lors du choc entre les deux chariots, (La 3^{ème} loi de Newton).

2. Représenter les différentes forces appliquées aux deux chariots.

3. Montrer que le système est pseudo-isolé.

4. En utilisant la 2^{ème} loi de Newton montré que la quantité de mouvement est conservée.

Pour simplifier l'équation 2 on suppose que le choc se fait à une dimension par la projection sur l'axe l'équation algébrique de la conservation de la quantité de mouvement est

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v'_1 + m_2 v'_2 \quad (3)$$

Avec v_1, v_2, v'_1 et v'_2 sont des grandeurs algébriques. Elles sont soit positives soit négatives selon le sens des vecteurs correspondants, par rapport au sens positif choisi.

a. Si le choc est élastique l'énergie cinétique totale du système est conservée, il peut y avoir transfert d'énergie cinétique d'un chariot vers l'autre. Dans ce cas on a

$$E_1 + E_2 = E'_1 + E'_2 \quad (4)$$

$$E_1 = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 \quad E_2 = \frac{1}{2} m_2 v_2^2 \quad (5) \quad \text{sont les énergies cinétiques avant le choc.}$$

$$E'_1 = \frac{1}{2} m_1 v'^2_1 \quad E'_2 = \frac{1}{2} m_2 v'^2_2 \quad (6) \quad \text{sont les énergies cinétiques après le choc.}$$

b. Si le choc est inélastique, il y a une dissipation d'énergie pendant le choc (sous forme de chaleur ou bien déformation des chariots) donc l'énergie cinétique totale du système n'est pas conservée, On parle de choc mou, lorsque les chariots restent collés après le choc, ils ont alors la même vitesse et ne forment plus qu'un seul objet.

II. ETUDE EXPERIMENTALE :

Le matériel

1. Deux chariots de masses : $m_1=m_2=250g$.
2. Deux surcharges de 250g chacune.
3. Le compteur numérique.
4. Deux cellules photoélectriques 1 et 2 reliées au Le compteur numérique.
5. Banc muni d'une graduation.

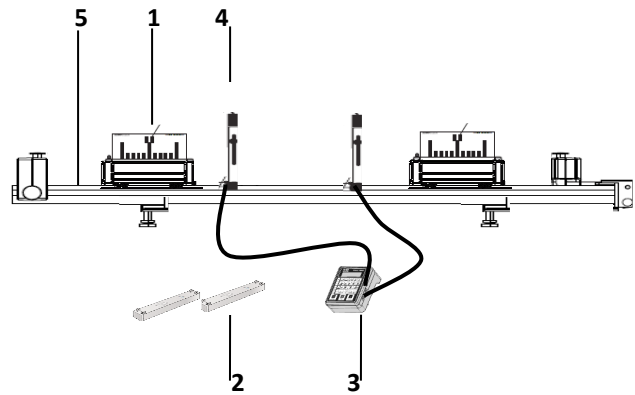


Fig.2 Dispositif expérimental du choc

Le compteur numérique possède trois touches de couleurs différentes :

A- Select Measurement (touche rouge) sélection verticale du type de mesure

Mesurer vitesse instantanée : choisir le type «Speed ».

B- Select Mode (touche bleue) : sélection horizontale du mode de mesure.

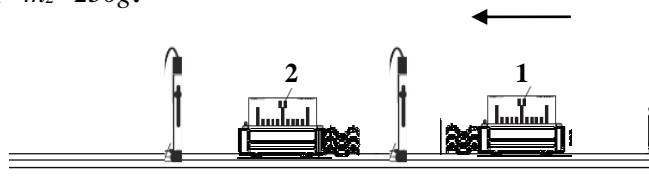
Mode de collision.

C- Start/Stop (touche noire) : déclenchement de la mesure. On entend un bip et une étoile apparaît sur l'écran. Le premier résultat affiché est de la cellule 1 ensuite appuyer sur **Select Mode** le résultat affiché est de la cellule 2. Pour faire une autre mesure, appuyer à nouveau sur cette touche.

A. Choc élastique

Expérience 1 les deux chariots de masses : $m_1=m_2=250g$.

1. Vérifier que le banc est parfaitement horizontal.
2. Orienter les cotés aimants des chariots face à face pour produise une collision élastique.



3. Placer le chariot 2 immobile $v_2= 0 m/s$ entre les deux cellules photoélectriques au milieu.
4. Lancer le chariot 1 avec une vitesse v_1 vers le chariot 2.
5. Mesurer les vitesses avant et après le choc par le compteur numérique.
7. Répéter l'expérience deux fois et remplir le tableau suivant :

	v_1 (m/s)	v_2 (m/s)	v'_1 (m/s)	v'_2 (m/s)	P_{TOT} (Kg.m/s) avant le choc	P'_{TOT} (Kg.m/s) après le choc	E_{TOT} (J) avant le choc	E'_{TOT} (J) après le choc
1								
2								
3								

Tableau 1

8. conclure

Expérience 2 les deux chariots de masses : $m_1=m_2=250g$.

1. Orienter les cotés aimants des chariots face à face pour produire une collision élastique.
2. Placer les deux chariots comme indique la figure.
3. Lancer les deux chariots l'un vers l'autre avec les vitesses v_1 et v_2 .
4. Mesurer les vitesses avant et après le choc par le compteur numérique.
5. Répéter l'expérience deux fois et remplir le tableau suivant :



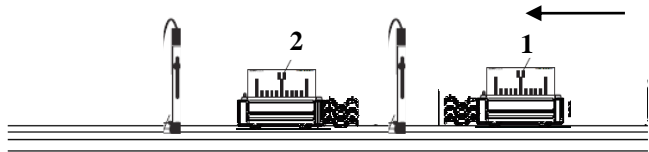
	v_1 (m/s)	v_2 (m/s)	v'_1 (m/s)	v'_2 (m/s)	P_{TOT} (Kg.m/s) avant le choc	P'_{TOT} (Kg.m/s) après le choc	E_{TOT} (J) avant le choc	E'_{TOT} (J) après le choc
1								
2								
3								

6. conclure

Tableau 2

Expérience 3 les deux chariots de masses : $m_1=250g, m_2=750g$

1. Orienter les chariots de sorte que les aimants reproduisent une collision élastique.
2. Placer les deux surcharge sur le chariot 2 immobile $v_2= 0$ m/s entre les deux cellules photoélectriques au milieu.
3. Lancer le chariot 1 avec une vitesse v_1 vers le chariot 2.
4. Mesurer les vitesses avant et après le choc par le compteur numérique.
5. Répéter l'expérience six fois en maintenant la même vitesse v_1 et remplir le tableau suivant :



	v_1 (m/s)	v_2 (m/s)	v'_1 (m/s)	v'_2 (m/s)	P_{TOT} (Kg.m/s) avant le choc	P'_{TOT} (Kg.m/s) après le choc	E_{TOT} (J) avant le choc	E'_{TOT} (J) après le choc
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								

7. conclure

Tableau 3

B. Choc inélastique (Choc mou) :

Expérience 1 les deux chariots de masses : $m_1=m_2=250g$.

1. Vérifier que le banc est parfaitement horizontal.

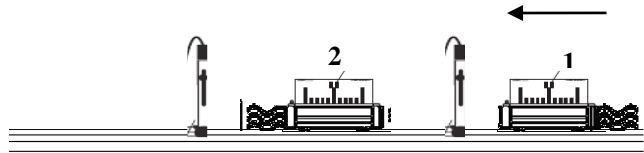
2. Orienter les cotés velcros des chariots face à face pour produire une collision inélastique.

3. Placer le chariot 2 immobile $v_2 = 0 \text{ m/s}$ entre les deux cellules photoélectriques au milieu.

4. Lancer le chariot 1 avec une vitesse v_1 vers le chariot 2.

5. Mesurer les vitesses avant et après le choc par le compteur numérique.

6. Répéter l'expérience quatre fois en maintenant la même vitesse v_1 et remplir le tableau suivant :



	v_1 (m/s)	v_2 (m/s)	v'_1 (m/s)	v'_2 (m/s)	P_{TOT} (Kg.m/s) avant le choc	P'_{TOT} (Kg.m/s) après le choc	E_{TOT} (J) avant le choc	E'_{TOT} (J) après le choc
1								
2								
3								
4								
5								

6. conclure

Tableau 4

Expérience 2 les deux chariots de masses : $m_1=250\text{g}$, $m_2=750\text{g}$

1. Orienter les cotés velcros des chariots face à face pour produire une collision inélastique.

2. Placer les deux surcharges sur le chariot 2 immobile $v_2 = 0 \text{ m/s}$ entre les deux cellules photoélectriques au milieu.

3. Lancer le chariot 1 avec une vitesse v_1 vers le chariot 2.

4. Mesurer les vitesses avant et après le choc par le compteur numérique.

5. Répéter l'expérience quatre fois en maintenant la même vitesse v_1 et remplir le tableau suivant :

	v_1 (m/s)	v_2 (m/s)	v'_1 (m/s)	v'_2 (m/s)	P_{TOT} (Kg.m/s) avant le choc	P'_{TOT} (Kg.m/s) après le choc	E_{TOT} (J) avant le choc	E'_{TOT} (J) après le choc
1								
2								
3								
4								
5								

6. conclure

Tableau 5

TRAVAUX PRATIQUES

ÉLECTRICITÉ ET MAGNÉTISME

TP N 01 : BALANCE DE COULOMB

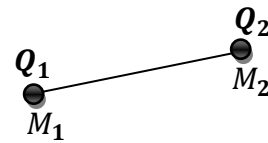
BUT DE L'EXPERIENCE :

Le but de cette expérience c'est la détermination de la constante de coulomb k

En 1780, le physicien français Charles-Augustin de Coulomb découvre expérimentalement l'expression décrivant le module de la force électrique exercée par une charge Q_1 située en un point M_1 sur une charge Q_2 située en un point M_2 , qui s'exprime par :

$$F_E = k \frac{|Q_1 Q_2|}{M_1 M_2^2}$$

Où $k \approx 9.10^9 N.m^2/C^2$ est la constante de Coulomb.



Pour mesurer cette force, Coulomb se sert d'une balance de torsion constitué d'une tige légère, isolante et suspendue en son milieu à un fil d'argent long et fin (figure1). Une boule a_2 est placée à l'une des extrémités et elle est couverte avec une feuille d'or. Pour équilibrer la boule un disque en papier est placé à l'autre extrémité de la tige. Derrière la boule suspendue, il y a une autre boule a_1 identique fixe et distante de r . Coulomb électrisa simultanément les boules en les touchant avec une tige chargée.

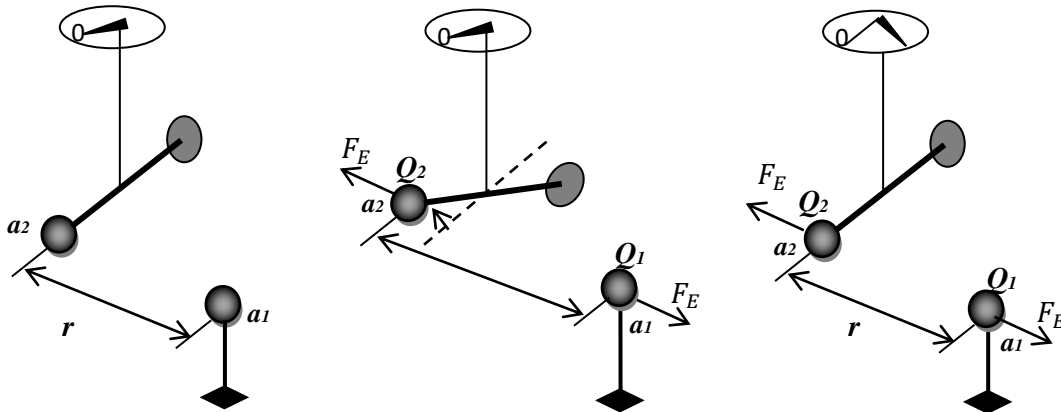


Fig 1 Balance de Coulomb

La force de la répulsion entre les deux boules provoque la rotation de la boule suspendue d'un angle θ tordant le fil d'argent. A l'équilibre, la force exercée par le fil tordu compense exactement la force électrique F_E existant entre les deux sphères. La mesure de l'angle de torsion permet dès lors de déduire la valeur de la force électrique.

$$F_E = F_T = h\theta$$

Où h est la constante de torsion du fil.

En faisant varier séparément la distance r et les charges Q_1 et Q_2 portées par les deux sphères, Coulomb a observé que la force électrique est proportionnelle à chacune des charges Q_1 et Q_2 et inversement proportionnelle au carré de la distance entre elles.

Matériel utilisé :

1. Balance de coulomb ($h = 8.2010^{-15} N/rad$)
2. Cage de faraday
3. Alimentation de haute tension
4. Electromètre

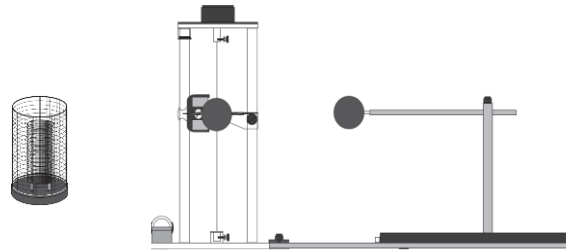


Fig 2

MANIPULATION

1. Vérifier que les sphères sont totalement déchargée (les toucher avec une sonde à la terre).
2. Déplacer la sphère glissante le plus loin possible de la sphère suspendue.
3. Régler la molette de torsion à $\theta = 0^\circ$.



ATTENTION

APPELER L'ENSEIGNANT

4. Charger les sphères à un potentiel de 6 kV, en utilisant la sonde de charge. (Une borne de l'alimentation électrique doit être mise à la terre). Immédiatement après le chargement des sphères, mettre l'appareil hors tension afin d'éviter les effets de fuite haute tension.
5. Positionner la sphère glissante à une position de $r = 20\text{ cm}$. Ajuster le bouton de torsion nécessaire pour équilibrer les forces et amener le pendule à la position zéro.
6. Mesurer l'angle de torsion. Répéter cette mesure à plusieurs reprises, jusqu'à ce que votre résultat soit reproductible à $\pm 1\text{ degré}$.
7. Faites varier r de 20 cm à 6 cm par pas de 2 cm et répéter les étapes. Compléter le tableau ce dessous

$r(\text{cm})$	20	18	16	14	12	10	8	6
$\theta(\text{degré})$								
$B = 1 - \frac{4a^3}{r^3}$								
$\theta_{\text{Corrigé}} = \frac{1}{B} \cdot \theta \text{ (rad)}$								
$\frac{1}{r^2} \text{ (m}^{-2}\text{)}$								
$F_E \text{ (N)}$								

Tableau 1

Où $a = 1.9\text{ cm}$ est e rayon de la sphère

8. Tracer le graphe $F_E = f\left(\frac{1}{r^2}\right)$ et conclure.

Mesures de charges

1^{ere} methode

La capacité d'une sphère conductrice isolée est donnée par l'équation:

$$C = 4 \cdot \pi \epsilon_0 \cdot a$$

Où $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N}\cdot\text{m}$ est la permittivité du vide et a est le rayon de la sphère. Pour un conducteur, la charge Q et potentiel de charge V sont reliés par la relation $Q = CV$.

1. Calculer la charge sur les sphères.

2^{ème} methode

La charge sur les sphères peut être mesurée à l'aide d'un électromètre et la cage de Faraday

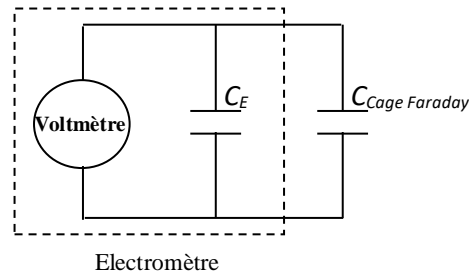
1. Définir la cage de Faraday

2. Réaliser le montage suivant

3. Calibrer le point zéro de l'électromètre.

4. Charger une troisième sphère identique aux deux premiers au même potentiel de 6 KV et la placer ensuite la sphère à l'intérieure de la cage de Faraday. Expliquer la répartition des charges sur les parois de la cage de Faraday

5. Calculer la charge en utilisant la relation entre la tension de lecture de l'électromètre et la charge déposée dans le système,



$$Q = 2C_{TOTALE} \cdot V_E$$

Où $C_{TOTALE} = 45 \text{ pF}$ est la capacité d'électromètre et la cage de Faraday.

6. Comparer les charges déterminées par les deux méthodes.

7. Compléter le tableau suivant en calculant la constante de Coulomb k pour chaque distance

$r(\text{Cm})$	20	18	16	14	12	10	8	6
$K(\text{Nm}^2)$								

Tableau 2

9. Donner la valeur moyenne de K .

10. Estimer l'incertitude sur K ; mis à part l'incertitude introduite par les appareils de mesures, expliquer l'origine de cette incertitude.

TP N02: CHAMP ELECTRIQUE DANS UN CONDENSATEUR A PLAQUES.

BUT DE L'EXPERIENCE :

Déterminer le champ électrique en fonction de l'écart entre les plaques d'un condensateur.

Un condensateur plan est constitué de deux plaques parallèles de charge $\pm Q$, de surfaces S séparées par une distance d faible par rapport aux dimensions des plaques. Dès lors on peut faire l'approximation que les plaques sont infinies et le champ électrique qui règne entre celles-ci vaut

$$E = \frac{Q}{\epsilon_0 \cdot S}$$

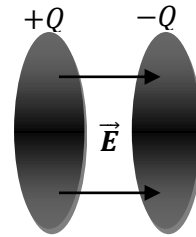


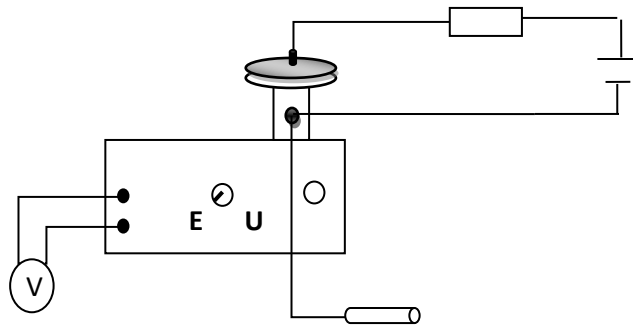
Fig 1 Condensateur à plaques

La présence du champ électrique E implique l'existence d'une différence de potentiel électrique entre les deux plaques. Elle peut être évaluée grâce à l'expression suivante :

$$V = E \cdot d$$

Matériel utilisé :

1. Condensateur à plaque de rayon 9 cm.
2. Alimentation haute tension .
3. Mesureur de champ électrique
4. Voltmètre.
5. Résistance de 300 K Ω .
6. Tige avec perforation.



MANIPULATION

Monter l'expérience comme le montre la figure.

1. Brancher le voltmètre à la sortie de tension du mesureur de champ électrique.
2. Placer la plaque de mesure de condensateur sur le cylindre de blindage et fixez-la au moyen de la vis moletée
3. Poser les rondelles d'écartement sur la plaque de mesure de condensateur et placer la plaque de condensateur par-dessus.
4. Relier le pôle positif de l'alimentation CC à la plaque de condensateur et le pôle négatif à la borne de masse du cylindre de blindage.
5. Régler le sélecteur de calibres en position « E » sur le calibre souhaité.



APPELER L'ENSEIGNANT

6. Allumer le mesureur de champ électrique et l'alimentation à 200V

7. Établir la liaison entre l'expérimentateur et la borne de masse du cylindre de blindage.
8. Mesurer le champ électrique et comparer avec la valeur théorique $E = \frac{U}{d+1mm}$
9. changer les écarts de plaques à l'aide des rondelles d'écartement et compléter le tableau suivant

NOTE changer les écarts de la plaques de condensateur lorsque l'appareil est éteint.

<i>D mm</i>	2	3	4	5	6
<i>U(V)</i>					
<i>E mesuré(V/cm)</i>					
<i>E calculé(V/cm)</i>					

Tableau 1

11. Tracer le graphe $E=f(d)$ et conclure.
12. Après l'expérience, décharger la plaque de condensateur. Pour cela, relier la plaque de condensateur au cylindre de blindage.

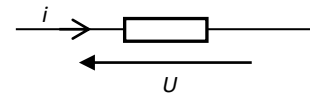
TP N 03: RESISTANCE ET RESISTIVITE.

BUT DE L'EXPERIENCE :

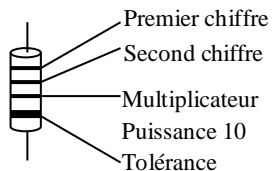
C'est la détermination de la résistance et de la résistivité de différents matériaux.

Une résistance est un dipôle constitué par un matériau conducteur qui satisfait à la loi d'Ohm, caractérisé par sa résistance R exprimée en Ohm (Ω).

$$U = +RI$$



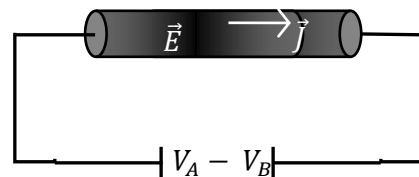
Bien que les résistances se présentent sous des formes variées, la forme la plus courante est un cylindre avec des bandes colorées donnant la valeur de la résistance suivant le code des couleurs



0 Noir 1 Marron 2 Rouge 3 Orange 4 Jaune 5 Vert 6 Bleu 7 Violet
8 Gris 9 Blanc Doré $\pm 5\%$ Argenté $\pm 10\%$

La valeur de la résistance change selon le matériau conducteur dont elle est faite et aussi la forme géométrique. Considérons un conducteur électrique de longueur L et de section S , on applique la différence de potentiel $V_A - V_B$ aux bornes du conducteur, sa résistance est donnée par

$$R = \frac{V_A - V_B}{I}$$



Le courant I circulant dans le conducteur est donné en fonction de la densité de courant J par la relation suivante $I = J \cdot S$. Le champ électrique le long du conducteur est

$$E = \frac{V_A - V_B}{L}$$

Nous pouvons écrire la loi d'Ohm sous la forme $E \cdot L = R \cdot J \cdot S$

La résistance s'écrit alors $R = \left(\frac{E}{J}\right) \cdot \frac{L}{S} = \rho \frac{L}{S}$

La quantité $\rho = \frac{E}{J}$ s'appelle la résistivité du matériau.

Matériel utilisé :

1. Alimentation continue.
2. Appareil de Résistance.
3. Voltmètre
4. Ampèremètre

MANIPULATION

1. Donner les valeurs des résistances et l'incertitude absolue à l'aide du code des couleurs.

R	$(R_1 \pm \Delta R_1)\Omega$	$(R_2 \pm \Delta R_2)\Omega$
Code des couleurs		

Tableau 1

2. Réalisez le montage ci-contre

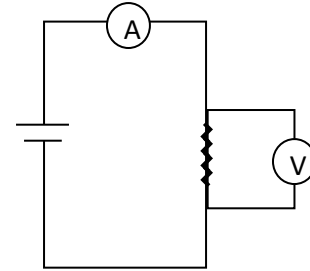
APPELER L'ENSEIGNANT POUR VERIFIER LE MONTAGE

3. Installer le fil de laiton de diamètre 0.081 cm dans l'appareil de résistance.

4. Placer la sonde de référence à la marque 0 cm et la sonde curseur à 24 cm .

5. Fixer le courant d'alimentation à 1 A .

6. Mesurer l'intensité du courant I et la tension U au borne de fil et compléter le tableau



ℓ (cm)	24	20	16	12	8	4
U (mV)						
I (A)						
R (m Ω)						

Tableau 2

7. Tracer le graphe $R = f(\ell)$ et conclure

8. Répétez la même expérience en utilisant les différents diamètres de fils de laiton en fixant ℓ à 24 cm . Déterminer la valeur de la résistivité ρ pour chaque fil.

Compléter le tableau

D (cm)	0.051	0.081	0.10	0.13
U (mV)				
I (A)				
R (m Ω)				
ρ ($\mu\Omega \cdot \text{cm}$)				

Tableau 3

9. Comment varie la résistivité en fonction de diamètre.

10. Tracer le graphe $R = f(D)$ et conclure.

11. Répétez la procédure pour trouver les résistivités du cuivre, de l'aluminium et l'acier inoxydable.

matériau	cuivre	Aluminium	Acier inoxydable	laiton
D (cm)	0.10	0.10	0.10	0.10
U (mV)				
I (A)	1	1	1	1
R (m Ω)				
ρ ($\mu\Omega \cdot \text{cm}$)				

Tableau 4

12. Conclure

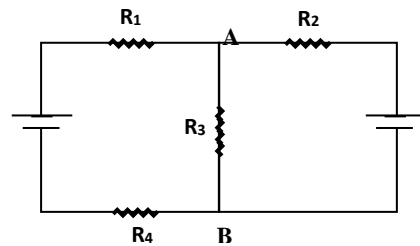
TP N 04 LOIS DE KIRCHHOFF

BUT DE L'EXPERIENCE :

Vérifier la loi des nœuds et la loi des mailles.

Un dipôle électrique possède deux bornes, une d'entrée et une de sortie du courant. La tension à ses bornes est la différence de potentiel entre ses bornes, les dipôles sont reliés entre eux pour former un circuit électrique.

On appelle nœud un point du circuit auquel sont connectées au moins 3 branches. Une branche c'est le tronçon de circuit inséré entre deux nœuds consécutifs. Une maille est un circuit fermé constitué de branches successives.



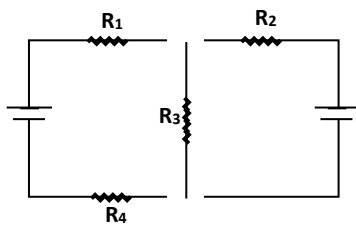
Circuit électrique

Le circuit ci-contre comprend

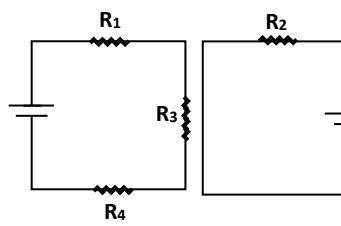
Deux nœuds A et B.

Trois branches

Trois mailles



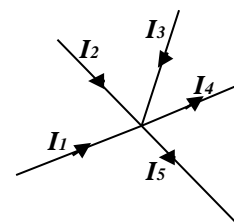
Branches



Mailles

Loi des nœuds

La loi des nœuds est équivalente à la loi de la conservation de la charge (la charge n'est ni créée ni détruite au nœud, et elle ne s'y accumule pas) la somme de tous les courants, qui arrivent à un nœud d'un circuit est égale à la somme de tous les courants qui le quittent.



$\sum I_K = 0$ avec $I_K > 0$ si le courant arrive au nœud et $I_K < 0$ s'il en repart.

$$I_1 + I_2 + I_3 = I_4 + I_5$$

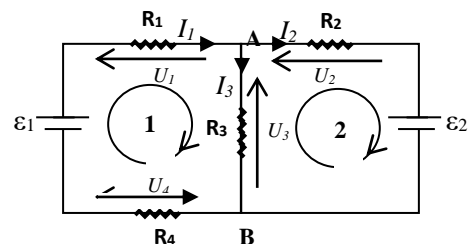
Loi des mailles

La loi des mailles exprime que la somme des tensions aux bornes des branches successives d'une maille est nulle.

$\sum U_K = 0$ avec $U_K > 0$ si la tension est dans le sens positif choisi pour la maille et $U_K < 0$ dans le sens négatif.

Maille 1

$$\varepsilon_1 - U_1 - U_3 - U_4 = 0$$



Maille 2

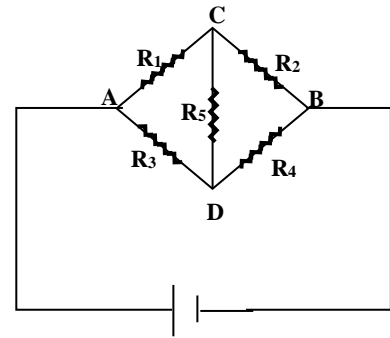
$$-\varepsilon_2 + U_3 - U_2 = 0$$

Matériel utilisé :

1. Des résistances.
2. Des Piles.
3. Voltmètre numérique

MANIPULATION

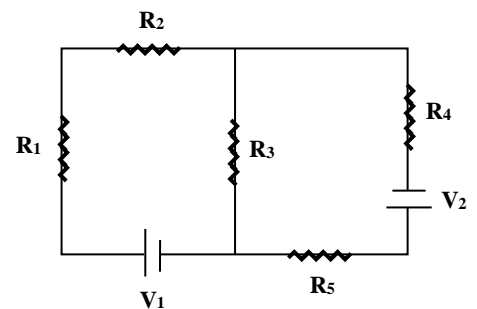
1. En utilisant le code des couleurs donner les valeurs des résistances.
2. Réaliser le montage suivant
3. Déterminer le courant à l'aide d'un voltmètre sachant que $V=RI$ et V est la tension aux bornes de chaque résistance.
4. Compléter le tableau suivant



$R (\Omega)$	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_{TOTALE}
$U (V)$						
$I (mA)$						

Tableau 1

5. Vérifier la loi des nœuds pour chacun des nœuds du circuit
6. Combien y a-t-il de mailles ?
7. Vérifier la loi des mailles
8. Répétez le processus pour le montage suivant et compléter le tableau suivant



$R (\Omega)$	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_{TOTALE}
$V (V)$						
$I (mA)$						

Tableau 2

9. Combien y a-t-il de nœuds ?
10. Vérifier la loi des nœuds pour chacun des nœuds du circuit.
11. Combien y a-t-il de mailles ?
12. Vérifier la loi des mailles.
13. Conclure.

TP N 05 : CHARGE ET DECHARGE D'UN CONDENSATEUR.

BUT DE L'EXPERIENCE :

Etudier l'évolution de la charge et la décharge d'un condensateur de capacité C à travers une résistance R .

Un condensateur permet d'emmagasiner des charges électriques. Il est composé de deux surfaces conductrices parallèles, appelées armatures séparées par un isolant (diélectrique). Les armatures portent des charges opposées $+q$ et $-q$.

1. CHARGE D'UN CONDENSATEUR

Le circuit de la figure montre un condensateur, initialement sans charge, en série avec une résistance et une pile. Quand on ferme l'interrupteur, la charge commence à s'écouler et un courant d'intensité variable avec le temps apparaît

$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt}$$

La tension entre les bornes du condensateur à tout instant t est

$$u_C = \frac{q(t)}{C}$$

L'application de la loi des mailles permet de décrire

$$E = u_R + u_C$$

D'où l'équation différentielle $E = \frac{du_C}{dt} + \frac{1}{RC}u_C$

La solution de cette équation différentielle est de la forme

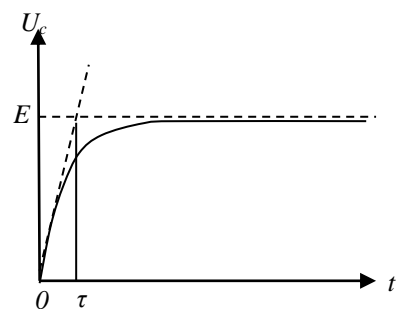
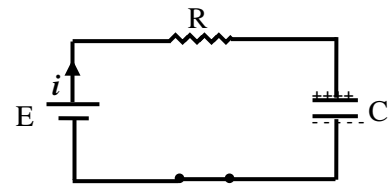
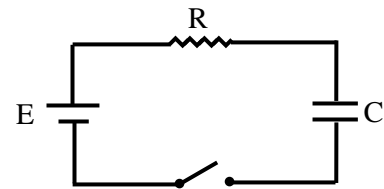
$$u_C(t) = E \left(1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) \right) \quad \text{et} \quad \tau = RC$$

L'intensité du courant et la charge du condensateur sont données par les relations suivantes

$$q(t) = CE \left(1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) \right)$$

$$i(t) = \frac{E}{R} \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$$

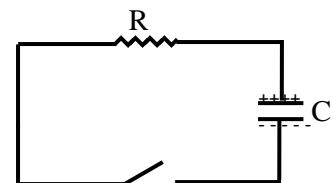
On constate que la tension du condensateur u_C augmente jusqu'à atteindre E , le condensateur se charge pour atteindre la tension de la pile. La tangente à l'origine coupe l'asymptote $u_C = E$ pour $t = \tau = RC$, et à cet instant la tension aux bornes du condensateur a atteint 63 % de sa valeur.



2. DÉCHARGE D'UN CONDENSATEUR

Le condensateur étant totalement chargé avec une charge $q = CE$, on bascule l'interrupteur pour permettre la décharge du condensateur dans la résistance R . L'utilisation de la loi des mailles conduit à

$$u_R + u_C = 0$$



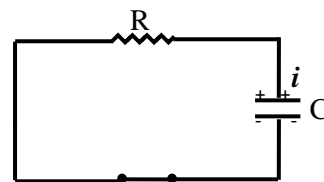
Avec $i(t) = -\frac{dq(t)}{dt}$ et $u_c = \frac{q(t)}{C}$

D'où l'équation différentielle

$$\frac{du_c}{dt} + \frac{1}{RC}u_c = 0$$

la résolution de cette équation permet d'écrire

$$u_c(t) = E \left(\exp\left(-\frac{t}{RC}\right) \right)$$



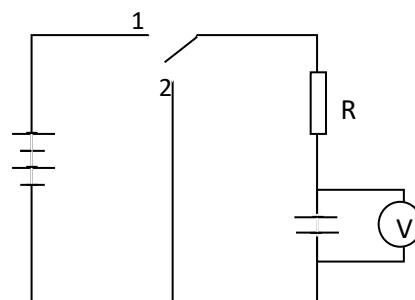
Matériel utilisé :

1. Deux piles.
2. Condensateur de capacité 1Farad.
3. Deux résistances.
4. Voltmètre numérique.
5. Chronomètre.

MANIPULATION

A. Charge et décharge d'un condensateur à travers une résistance 100Ω

1. Réaliser le montage suivant.
2. Avant de fermer l'interrupteur décharger complètement le condensateur.
3. Fermer l'interrupteur en position 1 et mesurer à différents instants la tension du condensateur u_c indiquée sur le voltmètre.
4. Compléter le tableau suivant.



$t(s)$	10	15	20	25	30	35	40	55	70	85	100	115	130
$U_c(t)$													
$t(s)$	145	160	175	190	210	225	240	260	280	300	320	340	360
$U_c(t)$													

Tableau 1

5. Pour décharger le condensateur placer l'interrupteur sur la position 2 et mesurer à différentes instants la tension du condensateur u_c indiquée sur le voltmètre.
6. Compléter le tableau suivant.

$t(s)$	10	15	20	25	30	35	40	55	70	85	100	115	130
$U_c(t)$													
$t(s)$	145	160	175	190	210	225	240	260	280	300	320	340	360
$U_c(t)$													

Tableau 2

7. Tracer le graphe U_c en fonction de temps de la charge et de la décharge du condensateur sur le même papier.
8. Déduire la valeur de $\tau=RC$ à partir du graphe $U_c = f(t)$ par deux méthodes lors de la charge et la décharge du condensateur
9. Conclure.

B. Charge et décharge d'un condensateur à travers une résistance 33Ω

1. Répéter la même procédure précédente pour charger le condensateur et compléter les deux tableaux ;

Charge du condensateur

$t(s)$	10	15	20	25	30	35	40	55	70	85	100	115	130
$U_C(t)$													
$t(s)$	145	160	175	190	210	225	240	260	280	300	320	340	360
$U_C(t)$													

Tableau 3

Décharge du condensateur

$t(s)$	10	15	20	25	30	35	40	55	70	85	100	115	130
$U_C(t)$													
$t(s)$	145	160	175	190	210	225	240	260	280	300	320	340	360
$U_C(t)$													

Tableau 4

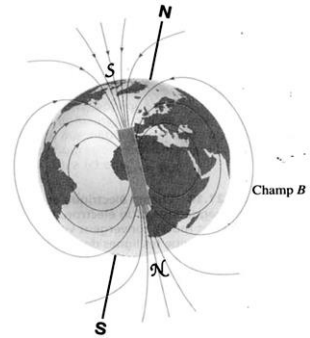
2. Tracer le graphe U_C en fonction de temps de la charge et de la décharge du condensateur sur le même papier.
3. Dédire la valeur de $\tau=RC$ à partir du graphe $U_C = f(t)$ par deux méthodes lors de la charge et la décharge du condensateur
4. Conclure.

TP N 06 CHAMP MAGNETIQUE

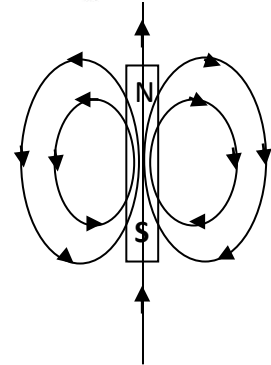
BUT DE L'EXPERIENCE :

Etudier le champ magnétique créée par une bobine, bobines de Helmholtz et solénoïde.

Certains objets appelés aimants génèrent des champs magnétiques, la terre elle-même est un aimant géant. L'aiguille d'une boussole est un aimant, sous l'effet du champ magnétique terrestre, elle s'oriente vers la ligne nord-sud. L'extrémité de l'aiguille qui pointe vers le nord est appelée pôle nord, l'autre extrémité est le pôle sud. lorsqu'on place une boussole dans un champ magnétique, le pôle nord de l'aiguille indique l'orientation du champ magnétique.



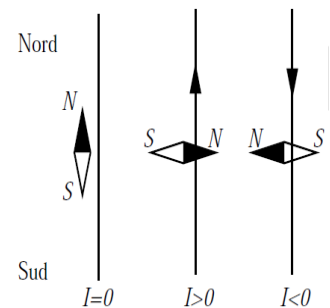
Les lignes de champ magnétique se referment toujours sur elles mêmes. À l'extérieur d'un aimant, les lignes de champ magnétique sortent par le pôle nord et entrent par le pôle sud. Toutefois à l'intérieur de l'aimant, le champ magnétique est orienté du pôle sud vers le pôle nord.



En 1820, le physicien Hans Oersted remarqua qu'un courant électrique circulant dans un fil fait bouger l'aiguille d'une boussole placée sous le fil et s'oriente perpendiculaire à ce dernier. La découverte d'Oersted montre que des particules chargées en mouvement (courant électrique) génèrent un champ magnétique, on dit que le circuit est un électroaimant

D'après la loi de Biot Savart Le champ d'induction magnétique $d\vec{B}$ généré au point M par élément $I d\vec{\ell}$ de courant électrique est

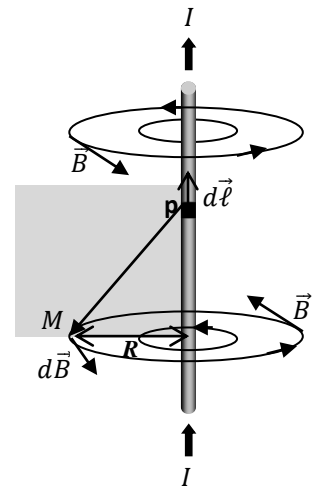
$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{d\vec{\ell} \wedge \vec{PM}}{PM^3}$$



Avec $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} T \cdot m/A$ est la perméabilité magnétique du vide. Dans le cas d'un fil long et rectiligne parcouru par un courant I, le champ \vec{B} est donc égal à la somme des inductions élémentaires $d\vec{B}$

Le champ d'induction magnétique est

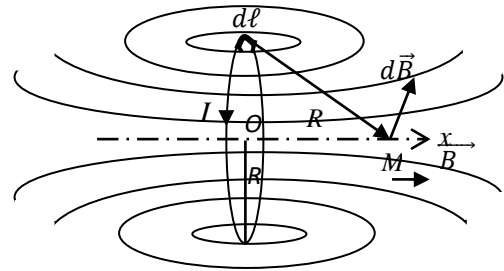
$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2\pi R} \cdot \vec{u}$$



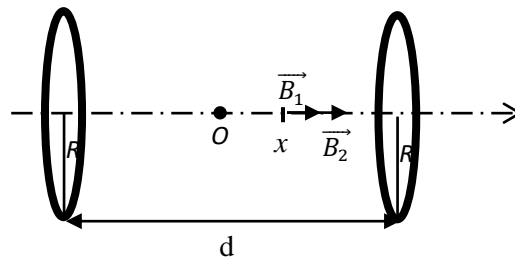
Soit une spire circulaire, de centre O , de rayon a , parcourue par un courant d'intensité I . En un point M de son axe situé à la distance R de O , elle crée une induction \vec{B} , colinéaire à l'axe, et égale à

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2} \frac{R^2}{(R^2 + x^2)^{3/2}} \cdot \vec{u}_x$$

Si on place plusieurs spires identiques coaxiales l'une à côté de l'autre, on obtient une bobine contenant N spires qui transportent le même courant I . le champ magnétique de la bobine est la superposition des champs des spires.



$$\vec{B} = \frac{\mu_0 IN}{2} \frac{R^2}{(R^2 + x^2)^{3/2}} \cdot \vec{u}_x$$



Pour deux bobines plates semblables, coaxiales, séparées d'une distance d le champ magnétique total est la somme des champs magnétiques provenant de chacune des bobines.

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 = \frac{\mu_0 N I R^2}{\left(\left[\frac{d}{2} - x\right]^2 + R^2\right)^{3/2}} \vec{u}_x + \frac{\mu_0 N I R^2}{\left(\left[\frac{d}{2} + x\right]^2 + R^2\right)^{3/2}} \vec{u}_x$$

Dans le cas des bobines de Helmholtz, la séparation entre les bobines d est égal au rayon R des bobines. Cette séparation donne un champ magnétique uniforme entre les bobines. Le champ magnétique en un point sur l'axe des x centré entre les deux bobines:

$$\vec{B} = \frac{8\mu_0 IN}{\sqrt{125}R} \vec{u}_x$$

Un solénoïde est une bobine formée de spires circulaires colée l'une à l'autre; lorsqu'un courant I circule dans un solénoïde, le module du champ magnétique à l'intérieur est

$$B = \mu_0 n I \quad \text{avec} \quad n = \frac{N}{l} \quad N \text{ est le nombre de spires et } l \text{ est longueur du solénoïde}$$

Matériel utilisé :

1. Aimants.
2. cube de limaille de fer.
3. Alimentation.

4. Deux bobines identiques (rayon 10 cm, 200 spires).
5. Solénoïde (longueur 11 cm, 2920 spires).
6. Ampèremètre numérique.
7. Capteur de champ magnétique.

MANIPULATION

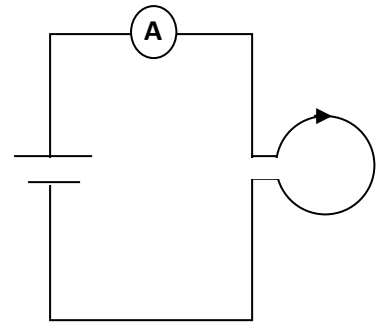
Champ magnétique à trois dimensions

1. Agiter le cube de limaille de fer et placer à l'intérieure un aimant.
2. Dessiner le spectre magnétique de l'aimant.
3. Placer deux aimants dans les positions suivantes et dessiner le spectre magnétique.



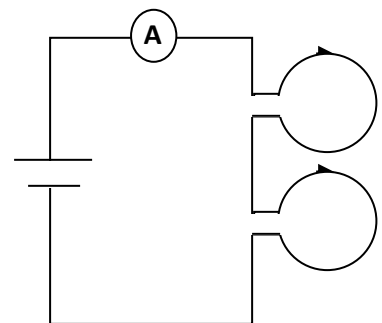
Champ magnétique d'une Bobine

1. Fixer une seule bobine sur la base de Helmholtz.
2. Connecter l'alimentation en courant continu directement à travers la bobine (pas à travers la résistance interne de la bobine) et compléter le montage suivant.
3. Fixer le courant de l'alimentation à 1 A.
4. Régler le commutateur du capteur de champ magnétique axial et le gain sur x10 avec l'alimentation hors tension, réglez le capteur de champ magnétique au milieu de la piste à environ 15 cm de la bobine. Appuyez sur le bouton de tare.
5. Allumer l'alimentation. Cliquer sur START dans DataStudio et déplacer lentement la sonde de champ magnétique le long de l'axe (ox), en maintenant la sonde parallèle à la piste, jusqu'à l'extrémité de la sonde à 15 cm au-delà de la bobine. Cliquez ensuite sur STOP
6. Tracer le graphe $B = f(x)$; quelle est l'allure de B en fonction de x .
7. Déduire à partir du graphe la valeur du champ B pour $x = 0$ et comparer avec la valeur théorique



Champ magnétique des Bobines de Helmholtz

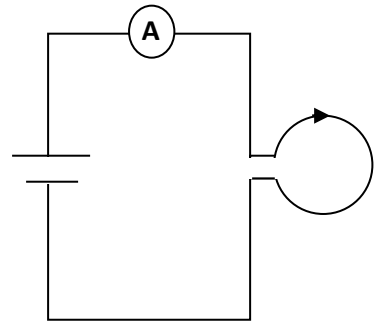
1. Placer la seconde bobine à une distance d'égale à celle du rayon R , pour obtenir les bobines de Helmholtz et vérifier que les bobines sont parallèles.
2. Compléter le montage suivant.
3. Régler le commutateur du capteur du champ magnétique axial et le gain sur x10 avec l'alimentation hors tension, réglez le capteur de champ magnétique au milieu de la piste à 5 cm de la première bobine. Appuyez sur le bouton Tare.
4. Allumez l'alimentation. Cliquer sur START dans DataStudio et déplacer lentement la sonde de champ magnétique le long de l'axe en maintenant la sonde parallèle à la piste, jusqu'à l'extrémité de la sonde à 5 cm au-delà de la deuxième bobine. Cliquez ensuite sur STOP.
5. Tracer le graphe $B = f(x)$, quelle est l'allure de B en fonction de x



6. Dédurre à partir du graphe la valeur du champ B entre les deux bobines et comparer avec la valeur théorique.
7. Répéter la même expérience en changeant la distance entre les bobines $d= 1.5 R$ et $d=0.5 R$
8. Conclure

Champ magnétique d'un solénoïde

1. Connecter l'alimentation en série avec l'ampèremètre numérique et le solénoïde.
2. Allumer l'alimentation et fixer le courant à 100 mA.
3. Cliquez sur START et mesurer le champ magnétique en différents points à l'intérieur du solénoïde.
4. Tracez le graphe $B = f(x)$, quelle est l'allure de B en fonction de x
5. Comparer la valeur de B avec la valeur théorique.
6. Conclure.



TP N 07 : FORCE DE LAPLACE

BUT DE L'EXPERIENCE :

Déterminer le champ magnétique par la force de Laplace.

Une particule de charge q , animée d'une vitesse \vec{v} dans un champ magnétique \vec{B} subit une force appelée force de Lorentz ;

$$\vec{f}_{\text{Lorentz}} = q \vec{v} \wedge \vec{B}$$

On considère un conducteur rectiligne de longueur ℓ parcouru par un courant électrique d'intensité I . Les N électrons contenus dans ce conducteur et constituant le courant subissent une force de Lorentz, dont la résultante est la force électromagnétique de Laplace s'exerçant sur le conducteur tout entier.

$$\vec{F}_{\text{Laplace}} = i \vec{l} \wedge \vec{B}$$

1. Trouver l'expression de la force de Laplace à partir de la force de Lorentz ?

Partie I Balance de Cotton

La balance de Cotton est l'ancêtre du teslamètre, elle permet de mesurer la valeur d'un champ magnétique. Cette balance est constituée de deux fléaux (barres qui supportent les plateaux d'une balance). A l'extrémité de l'un des fléaux est accroché un plateau sur lequel on peut placer des masses marquées, le second fléau est entouré d'un fil conducteur.

Le principe de cette mesure est d'équilibrer par le poids mg la force de Laplace qui s'exerce sur une portion de ce fil conducteur parcouru par un courant I situé dans le champ magnétique

2. En utilisant les moments des forces à l'équilibre de la balance, exprimer de champ magnétique en fonction des longueurs a , b , BC et le poids mg ?

3. Montrer pour $a = b$ le champ magnétique B s'écrit sous la forme suivante $B = \frac{mg}{I BC}$

Le Matériel:

1. Générateur de courant.
2. Six aimants de forme U.
3. Fil conducteur.
4. Balance.

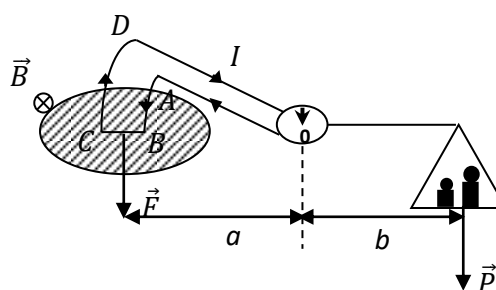
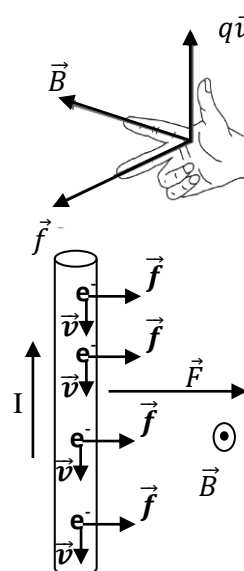
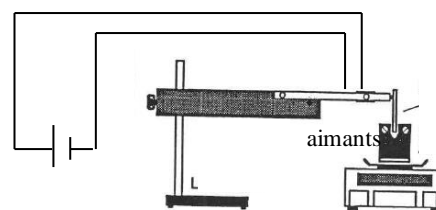


Fig 1 Balance de Cotton



MANIPULATION

1. Réaliser le montage suivant.
2. Poser les aimants sur la balance et équilibrer la balance à zéro. Noter cette valeur de masse.
3. Placer le panneau du conducteur sur la balance de manière à ce qu'il soit aligné avec l'espace étroit au centre des aimants.

ATTENTION !! APPELER L'ENSEIGNANT AVANT DE BRANCHER

3. Allumer et régler le générateur de courant à 0.5 A
4. Rééquilibrer de nouveau la balance à zéro et noter cette la valeur de la masse
5. Augmenter le courant par sauts de 0.50 et noter ces lectures de la balance au Tableau 1.
6. Calculez la Masse de la Force magnétique M en lui soustrayant la lecture de la balance à 0.00 A.

Courant I (A)	Masse (Kg)	Masse de FM(Kg)	poids mg (N)
0.0			
0.5			
1.0			
1.5			
2.0			
2.5			
3.0			

Tableau 1

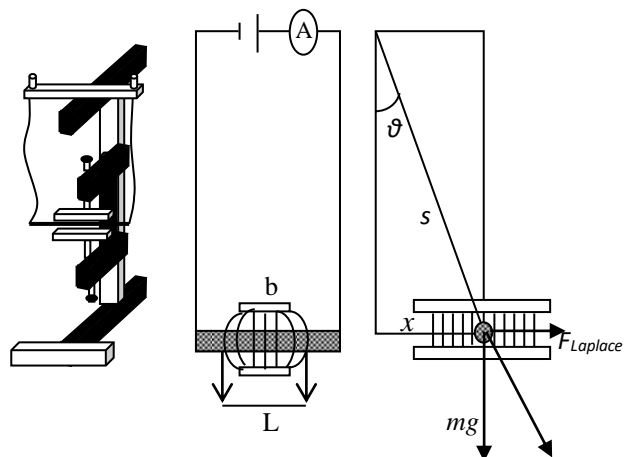
7. Tracer le graphe le poids mg en fonction de courant I en représentant les incertitudes.
8. Déterminer à partir du graphe la valeur de champ magnétique B

Partie II

La force de Laplace est mesurée sur une barre de cuivre conductrice suspendue à l'horizontale, comme une bascule, à deux lignes d'alimentation verticales dans un champ magnétique. Après mise en circuit du courant, la bascule est déviée de la verticale à un angle θ par la force de laplace $F_{Laplace} = m g \tan \theta$ et $\tan \theta = \frac{x}{\sqrt{S^2 - x^2}}$.

Le Matériel:

1. Générateur de courant.
2. Appareil d'expérimentation électromagnétique.
3. Deux aimant avec écart de pôles réglable.



MANIPULATION

A. Longueur efficace du conducteur dans le champ magnétique L = 60 mm

1. Réaliser le montage

ATTENTION !! APPELER L'ENSEIGNANT AVANT DE BRANCHER

2. Allumer et régler le générateur de courant à 1 A.
3. Donner un schéma en expliquant l'orientation de la force de Laplace.
4. Mesurer la déviation de la barre x et compléter le tableau suivant

Courant I (A)	1	2	3
Force de Laplace N			

Tableau 1

On donne $S = 20 \text{ Cm}$

B. Longueur efficace du conducteur dans le champ magnétique $L = 30 \text{ mm}$

1. Changer la position des aimants pour obtenir une longueur efficace de 30 mm.
2. Mesurer la déviation de la barre x pour différentes valeurs de courant I et compléter le tableau suivant

Courant I (A)	1	2	3
Force de Laplace N			

Tableau 2

3. Donner une conclusion.

TRAVAUX PRATIQUES

OPTIQUE PHYSIQUE

TP N 01 : TRAITEMENT OPTIQUE DES IMAGES ET DES LENTILLES

BUT DE L'EXPERIENCE :

Vérifier les lois de Snell Descartes.

Déterminer les distances focales des miroirs et des lentilles.

Etudier la construction de l'image par une lentille convergente.

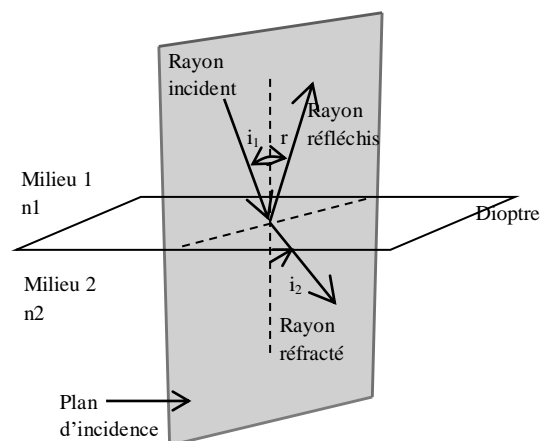
En optique géométrique, on considère que la lumière est constituée de rayons qui se propagent en ligne droite Dans le vide selon toutes les directions de l'espace à la vitesse $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$. Lorsque la lumière se propage dans un milieu transparent homogène et isotrope, elle se déplace à une vitesse v donnée par $v = c/n$

Où n est l'indice de réfraction du milieu dépend de la nature du milieu et La longueur d'onde de la lumière considérée.

PARTIE I

Les lois de Snell-Descartes

La lumière se propage donc en ligne droite dans un milieu homogène, lorsqu'elle rencontre un deuxième milieu homogène, elle change de direction et donne généralement lieu à un rayon réfléchi et à un rayon réfracté. La surface de séparation entre deux milieux transparents est appelée dioptre.



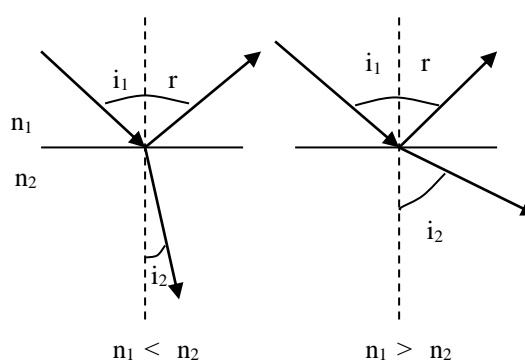
1. Les rayons réfléchi et réfracté sont dans le plan d'incidence (plan défini par la normale à la surface et le rayon incident).

2. les angles de réflexion et d'incidence sont égaux $i_1 = r$

3. l'angle d'incidence i_1 et l'angle de réfraction i_2 vérifient $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$

Si $n_1 < n_2$ le milieu 2 est plus réfringent le rayon réfracté se rapproche de la normale

Si $n_1 > n_2$ le milieu 2 est moins réfringent le rayon réfracté s'écarte de la normale



Le Matériel:

1. Une source lumineuse monochromatique Laser.
2. un plateau tournant gradué.
3. un miroir plan.
4. un demi-cylindre de plexiglas.

MANIPULATION

1. Placer le miroir plan sur le plateau gradué.
2. Régler la direction du faisceau laser suivent le centre O.
3. Tourner le plateau d'un angle incidence i_1 et mesurer l'angle de réflexion r , conclure.

i_1	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
r									

4. Remplacer le miroir plan par le demi-cylindre sur le plateau gradué.
5. Varier l'angle d'incidence i_1 et mesurer les angles de réflexion et réfraction.
6. Compléter le tableau suivant

i_1	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
r									
i_2									
$\frac{\sin i_1}{\sin i_2}$									

7. Déterminer l'indice de réfraction de demi-cylindre.
8. Déterminer la valeur de l'angle de réfraction limite.
9. Changer la position du demi-cylindre et répéter la même expérience précédente et compléter le tableau suivant

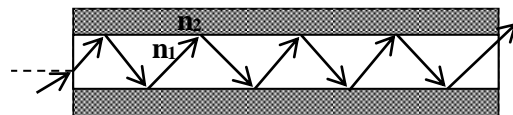
i_1	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
r									
i_2									

11. Conclure

APPLICATION DE LA RÉFLEXION TOTALE FIBRE OPTIQUE

Une fibre optique est un guide d'onde optique qui permet de conduire la lumière sur un trajet avec une perte minime.

Une fibre optique comprend deux milieux transparents le cœur et la gaine dont l'indice de réfraction est plus faible donc, la lumière se propage dans une fibre optique par la réflexion totale.



1. Réaliser l'expérience et expliquer

PARTIE II

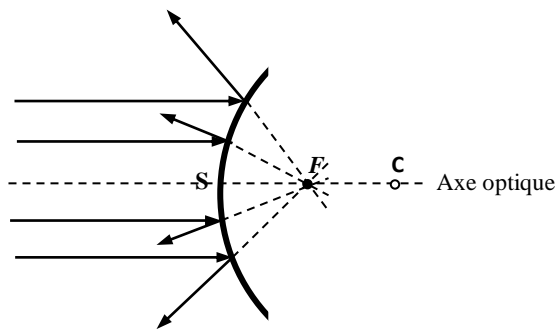
Instruments Optiques

1 .Miroirs sphérique

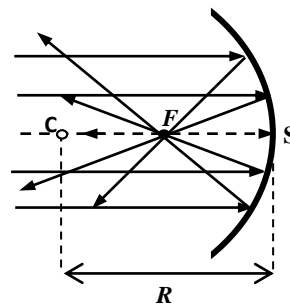
Un miroir sphérique (*portion de sphère*) peut être concave (*creux*) ou convexe (*bombé*). Les rayons paraxiaux parallèles à l'axe optique qui se réfléchissent sur un miroir concave passent tous par le **foyer**.

Le foyer d'un miroir sphérique concave est *un foyer réel*.

Le foyer d'un miroir sphérique convexe est *un foyer virtuel*. (les prolongements des rayons réfléchis se croisent au foyer)



Miroir convexe



Miroir concave

Le rayon de courbure R est la distance entre le centre de courbure C et le miroir.

L'axe optique est perpendiculaire à la surface et il passe par le centre C .

La distance focale f (la distance entre le foyer F et le sommet S) est égale à la moitié du rayon de courbure $R = 2f$.

Le Matériel:

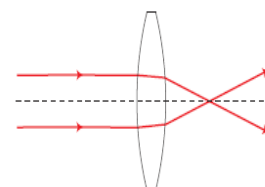
1. laser à plusieurs faisceaux.
2. Tableau magnétique.
3. Miroir sphériques.

MANIPULATION

1. Placer le miroir concave sur le tableau magnétique comme indique la figure précédente et mesurer la distance focale.
2. Remplacer le miroir concave par le miroir convexe et mesurer la distance focale.
3. Déduire la valeur de rayon de courbure R .

2 .Lentilles

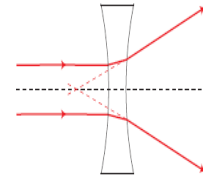
Une lentille est un système optique où le milieu transparent et homogène est limité par deux surfaces dioptriques en général sphériques.



Lentille convergente

Une lentille convergente est une lentille dont les bords est plus mince que la partie centrale. Un faisceau de rayons parallèles se transforme en un faisceau convergent après avoir traversé une telle lentille

Une lentille divergente est une lentille dont les bords sont plus épais que son centre. Le rôle d'une lentille divergente est de faire diverger les rayons lumineux. Un faisceau de rayons parallèles devient divergent après avoir traversé une telle lentille.



Lentille divergente

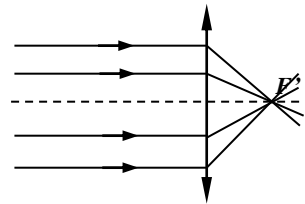
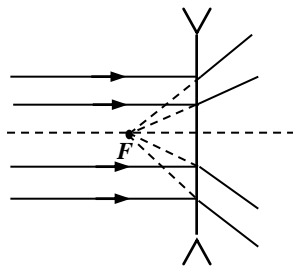
Foyer

Une lentille possède toujours deux points focaux que l'on appelle les foyers de la lentille.

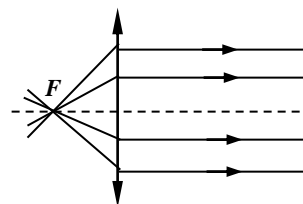
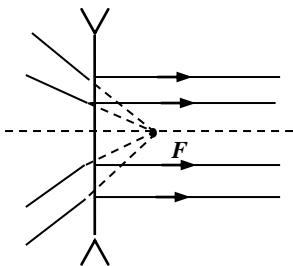
Le foyer Objet F : C'est l'objet dont l'image par la lentille est à l'infini.

Le foyer image F' : C'est l'image, par la lentille, d'un objet situé à l'infini.

- 1/ Le foyer objet F est du coté des rayons incidents pour la lentille convergente et du coté des rayons émergents pour la lentille divergente
- 2/Le foyer image F' est du coté des rayons émergents pour la lentille convergente et du coté des rayons incidents pour la lentille divergente.
- 3/ Ces foyers F et F' sont symétriques par rapport à la lentille et situés sur son axe optique.



Le foyer image F'



Le foyer Objet F

La distance focale f est la distance qui sépare le centre optique O de chacun des foyers de la lentille

Le Matériel:

- 1. laser à plusieurs faisceaux.
- 2. Tableau magnétique.
- 3. Lentilles

MANIPULATION

Le foyer de la lentille convergente

1. Poser la lentille convergente 3 sur le tableau magnétique de manière que son axe soit confondu avec le faisceau de laser.
2. Trouver le foyer image de la lentille et mesure la distance focale.
3. Placer la lentille convergente 2 devant la lentille 3.
4. Positionner la lentille 3 après le foyer image de la lentille 2.
5. Translater lentement la lentille 2 jusqu'à ce que les faisceaux émergents de la lentille 2 soit parallèles.
6. Déterminer le foyer objet et la distance focale.
7. Comparer entre les deux distances focales déterminer par les deux foyers (*foyer objet et foyer image*)

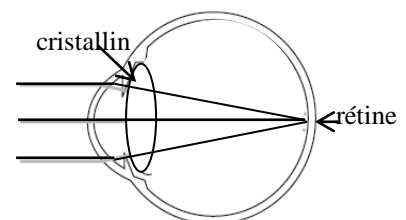
Le foyer de la lentille divergente

1. Poser la lentille divergente sur le tableau magnétique de manière que son axe soit confondu avec le faisceau laser.
2. Déplacer la lentille le de l'axe optique en cherchant le foyer image ensuite mesurer la distance focale.

APPLICATION INSTRUMENT OPTIQUE L'ŒIL

L'œil est un système complexe convergent permettant de former sur une membrane photosensible la rétine, une image réelle renversée des objets vus par l'observateur.

L'œil est un système optique composé d'une lentille mince convergente le cristallin, et d'un écran la rétine. Pour qu'un objet soit vu nettement, il faut que l'image se forme sur la rétine.

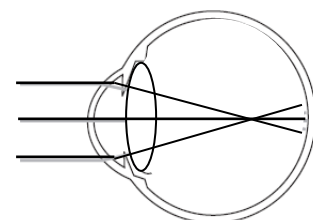


L'œil

La myopie et L'hypermétropie

La myopie est un défaut d'un œil trop convergent (distance focale au repos trop courte), les objets à l'infini formant une image en avant de la rétine et ne peuvent jamais être vus distancement.

L'hypermétropie est un défaut d'un œil trop peu convergent (distance focale au repos trop grande) les objets à l'infini formant une image en arrière de la rétine.



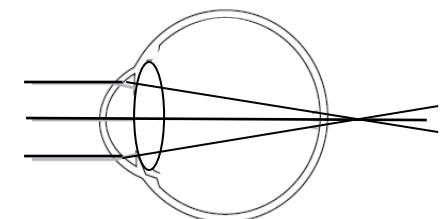
La myopie

1. Placer la lentille oculaire 1 directement derrière la ligne O_2 et commenter

2. Placer la lentille oculaire 2 directement derrière la ligne O_2

3. Quelle type de lentille de correction doit être placée devant la lentille pour corriger la myopie ? donner une explication .

4. Placer la lentille oculaire 3 directement derrière la ligne O_2



L'hypermétropie

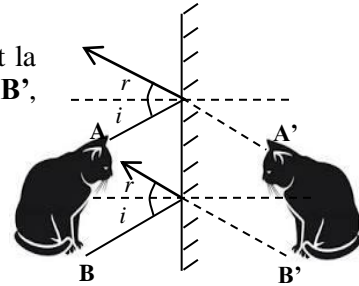
5. Quelle type de lentille de correction doit être placée devant la lentille 3 pour corriger l'hypermétropie ? donner une explication.

PARTIE III

Focométrie La focométrie est la mesure de distance focale par différentes méthodes

1. Construction de l'image d'un objet par miroir plan

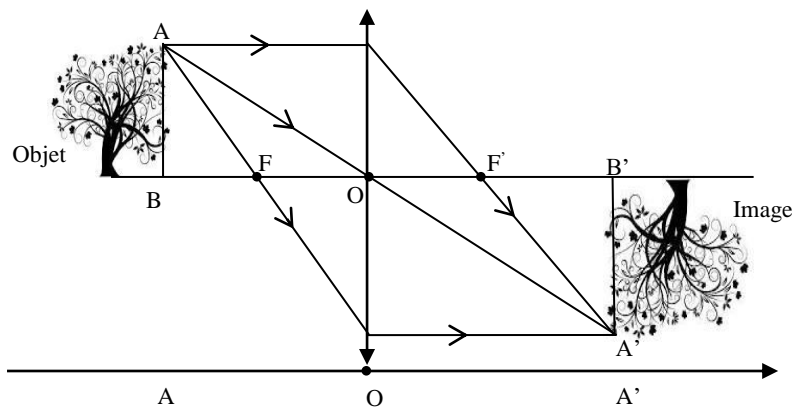
Tous les rayons issus d'un objet réel **AB** se réfléchissent en suivant la deuxième loi de Snell-Descartes et semblent provenir de **A'B'**, symétrique de **AB** par rapport au miroir. C'est une image virtuelle.



2. Construction de l'image d'un objet par une lentille convergente

La construction géométrique de l'image d'un objet par la lentille est réalisée à l'aide des rayons issus de chaque point de l'objet; l'image du point est située au point d'intersection de ces rayons après leur passage à travers la lentille ou au point d'intersection des prolongements de ces rayons après le passage de la lentille. On utilise trois rayons principaux suivants

1. Le rayon passant sans déviation par le centre optique de la lentille.
2. Le rayon tombant sur la lentille parallèlement à son axe optique. (Après réfraction par la lentille, ce rayon ou son prolongement passe par le foyer image F' de la lentille).
3. Le rayon ou son prolongement qui passe par le foyer objet F de la lentille. (Après réfraction dans la lentille, ce rayon est dirigé parallèlement à l'axe optique).

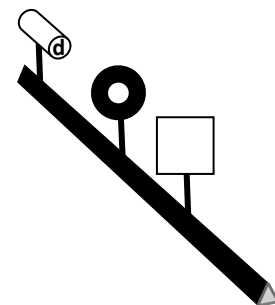


La distance focale est déterminée par la relation suivante

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA}$$

1 METHODE DE CONJUGAISON

1. Positionner la source à l'extrémité du banc
2. Placer un objet dans l'emplacement prévu sur la lanterne. Rajouter la lentille (sur un cavalier simple) ; l'écran sera placé après la lentille.



3. Fixer l'objet sur une position connue à la graduation 30 du banc
4. Positionner lentille à la graduation 50 du banc ; chercher alors l'image de l'objet par la lentille. (en déplaçant l'écran). Noter les position OA et OA'.
5. Changer la position de la lentille de 10 cm et chercher la nouvelle image
6. compléter le tableau suivant

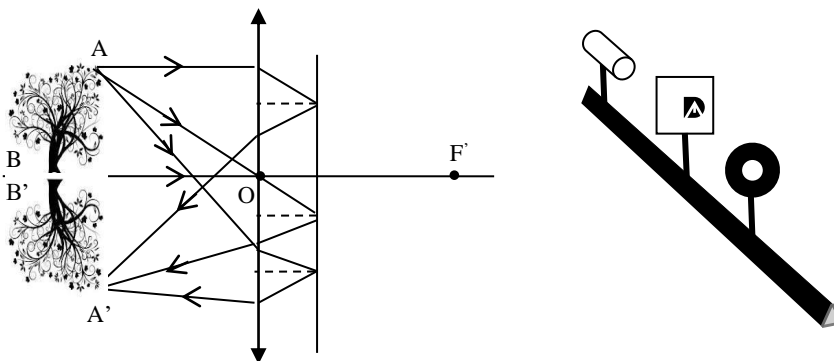
Position de lentille	OA	OA'	La distance focale f'
50			
60			
70			
80			

7. Estimer l'incertitude sur la distance focale f'

2 METHODE D'AUTOCOLLIMATION

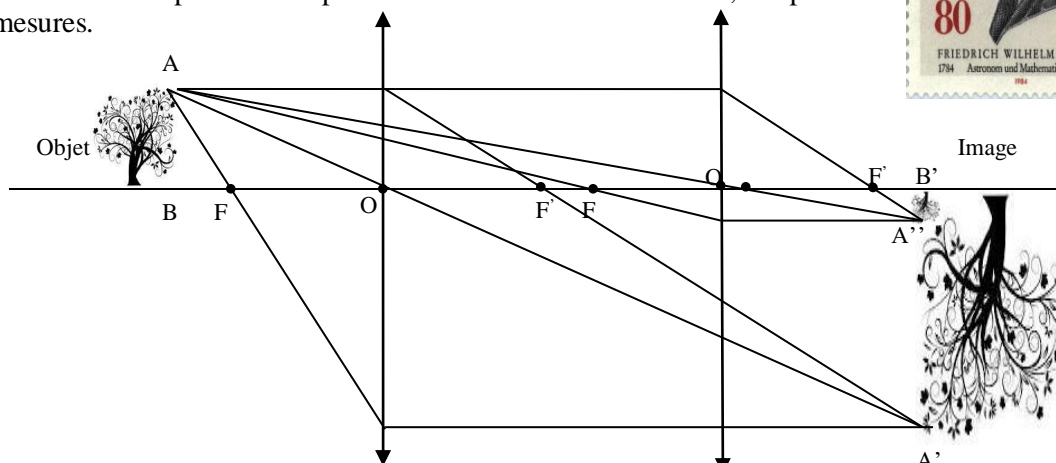
La méthode auto collimation est une des méthodes les plus directe pour déterminer la distance focale on obtient une image nette de même taille mais renversées.

1. Placer en bout de banc la lanterne (source de lumière) et l'écran d'autocollimation ; l'objet sera fixé sur l'écran.
2. Placer la lentille convergente dans le support porte lentille ; ensuite fixer le miroir plan juste derrière la lentille.
3. Déplacer la lentille de façon à obtenir l'image nette de l'objet sur l'écran.
4. Déterminer la valeur de la distance focale et comparer avec la valeur de la méthode de conjugaison.



3 METHODE DE BESSEL

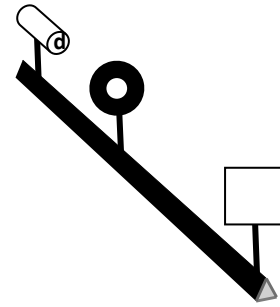
La méthode de Bessel (1784-1846), est intéressante quand la focale est environ cinq fois plus courte que la longueur du banc optique. Elle est aussi plus précise que la méthode par auto collimation. En revanche, elle demandera un petit calcul pour obtenir le résultat recherché, en plus de mesures.



Comme montre la figure, pour une position fixe de l'écran il existe deux positions de la lentille pour laquelle on obtient une image nette ; la formule de Bessel est $f' = \frac{D^2 - d^2}{4D}$

$$f' = \frac{D^2 - d^2}{4D}$$

Avec d est distance entre les deux positions de la lentille et D distance objet image.



1. Positionner la source à une extrémité du banc ensuite placer l'objet dépoli sur la lanterne.
2. Fixée l'écran à l'autre extrémité du banc ; la lentille sera fixée sur un support porte lentille simple
3. Rapprocher la lentille de manière obtenir une première image nette, éloigner la lentille afin obtenir la deuxième image.
4. Avancer l'écran de quelques centimètres et chercher à nouveaux les deux positions de la lentille.
5. Relever dans le tableau suivant pour chaque mesure la distance d_1 et d_2

d_1	d_2	d	D	La distance focale f'

6. Estimer l'incertitude sur la distance focale f'

4 METHODE DE SILBERMANN

La méthode de Silbermann est un cas particulier de la méthode de Bessel ; en effet correspond au $d=0$ C'est-à-dire aune certaine position de l'écran il n'y a plus qu'une seule image possible nette et de même taille et renversée. La formule de Bessel est alors $f' = \frac{D}{4}$.

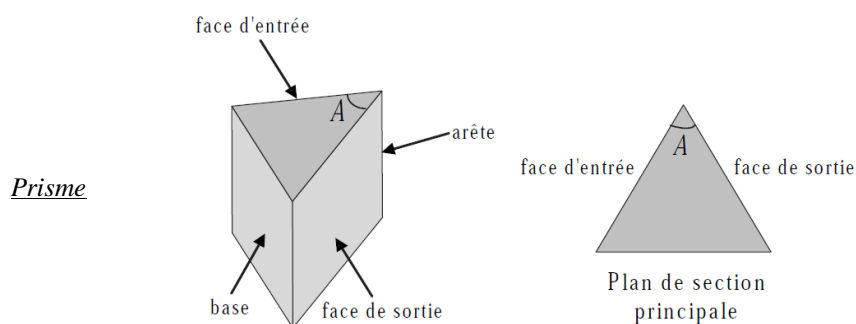
1. Tout en conservant le montage précédent ; chercher en déplaçant simultanément l'écran et la lentille de façon obtenir qu'une seule image
2. Déterminer la distance focale f' .
3. Donner une conclusion générale.

TP N 02 : PRISME ET SPECTROGONIOMETRE

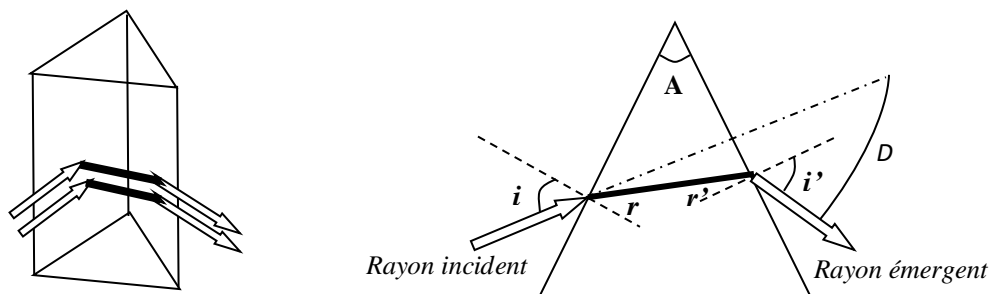
BUT DE L'EXPERIENCE :

*Etudier lumière polychromatique, la dispersion de la lumière par un prisme.
Etudier loi de variation de l'indice de réfraction du verre constituant le prisme en fonction de la longueur d'onde (loi de Cauchy).*

On appelle prisme, en optique, un milieu transparent limité par deux faces planes non parallèles. Ces deux faces, appelées faces utiles du prisme, forment un dièdre d'angle A ; A est l'angle du prisme ; l'arête du dièdre est l'arête du prisme. La base du prisme est la face opposée à l'arête. Un plan de coupe perpendiculaire à l'arête du prisme est appelé plan de section principale



On considère un prisme droit de base triangulaire, transparent d'indice de réfraction n . On s'intéresse aux rayons lumineux se propageant dans un plan de section principal (perpendiculaire à l'arête du prisme). On note A l'angle du sommet qui fait face à la base du triangle

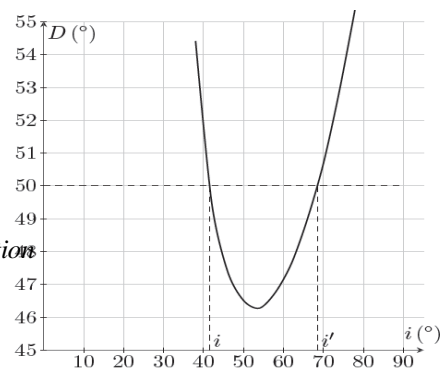


Définition des angles du prisme

1. En utilisant les lois de Snell Descartes établir les formules du prisme

- $\sin i = n \sin r$
- $\sin i' = n \sin r'$
- $r + r' = A$
- $D = i + i' - A$

Variation de la déviation D en fonction de l'angle incident i ($A = 60^\circ; n = 1,6$)



2. Montrer pour un minimum de déviation entre le rayon incident et le rayon émergent D_m on a

$$i_m = i'_m = \frac{D_m + A}{2} \quad \text{et} \quad r_m = r'_m = \frac{A}{2}$$

3. Dédire l'indice de réfraction du prisme $n = \frac{\sin\left(\frac{D_m + A}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)}$

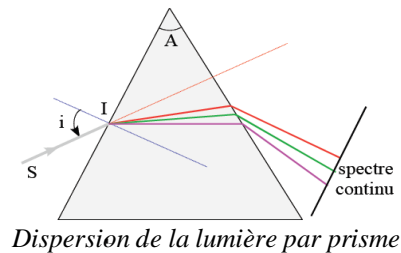
Dispersion de la lumière par le prisme

Lorsque la lumière est polychromatique, chacune des radiations monochromatiques qui la composent est déviée d'un angle D qui dépend de l'indice du milieu n et donc de la longueur d'onde λ.

La dépendance de n en fonction de λ est donnée, en première approximation, par la relation de **Cauchy** :

$$n = a + \frac{b}{\lambda^2}$$

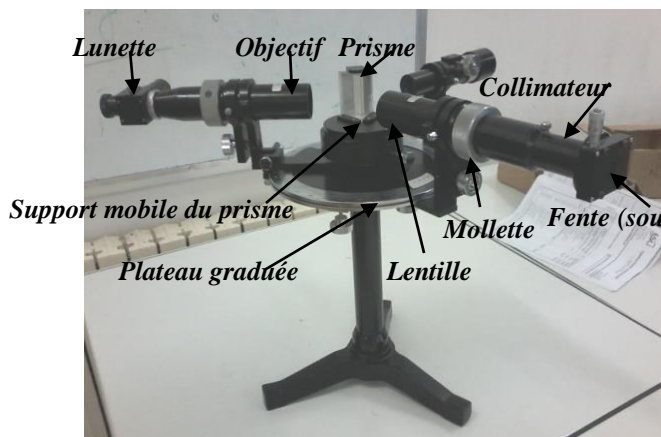
Ainsi lorsqu'on fait tomber sur le prisme, un faisceau parallèle de lumière blanche on obtient à la sortie sur un écran une tache présentant diverses colorations provenant des diverses radiations monochromatiques composant cette lumière. Ces radiations sont inégalement déviées, la rouge étant moins déviée que la violette.



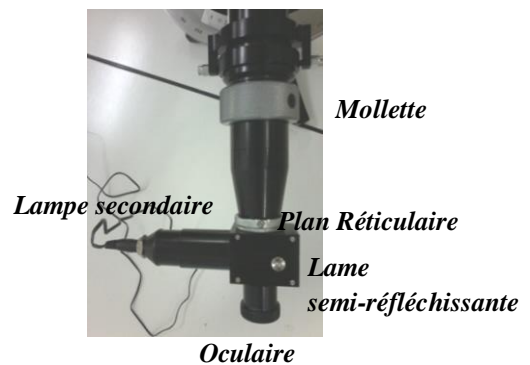
MANIPULATION

Le septrogoniomètre

Un septrogoniomètre est essentiellement constitué d'un plateau horizontal circulaire gradué autour duquel peuvent se déplacer un collimateur muni d'une fente réglable et une lunette. Les rayons issus du collimateur traversent le prisme, placé au centre avant d'être recueillis par la lunette.



Spectrogoniomètre



Lunette

La lunette

Elle est destinée à observer l'image d'objets à l'infini se formant dans le plan du réticule. Le premier réglage à effectuer est le tirage de l'oculaire qui doit donner du réticule une image à l'infini visible sans accommodation par un œil normal ou bien corrigé. On ajuste ensuite le tirage de l'objectif pour pouvoir observer à l'infini : ici, par auto-collimation, puisque la lunette est pourvue de ce dispositif

Le collimateur

Il est essentiellement constitué d'une fente de largeur réglable, éclairée par la source étudiée, et d'une lentille destinée à en donner une image à l'infini. On utilise la lunette déjà réglée pour ajuster le tirage du collimateur (de façon à voir l'image de la fente dans le plan du réticule). On règle l'inclinaison de l'axe de la lunette si l'image n'est pas au centre du réticule.

Prisme

Il est monté sur un plateau tournant et l'ensemble est à manipuler avec précaution, sans toucher le prisme avec les doigts.

ATTENTION !! ATTENTION !! ATTENTION !! ATTENTION !! ATTENTION !!

Le goniomètre est un instrument assez fragile qu'il convient d'utiliser avec soin

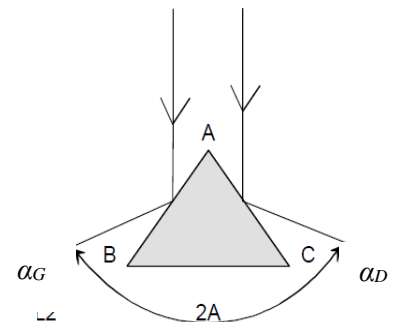
1. Les surfaces optiques ne doivent pas être touchées (surtout pas avec un crayon !) ; ne pas essayer d'essuyer sans précaution une trace.
2. Le prisme utilisé est en verre fragile et . . . coûteux : ne plus le toucher une fois posé sur la plate-forme tournante ; faire très attention, lorsqu'on manipule dans la pénombre et que l'on tâtonne pour accéder à une vis de réglage, à ne pas le faire tomber.
3. Les axes mécaniques peuvent être bloqués en position par des vis (vis du collimateur ou de la lunette afocale sous le plateau gradué, vis du support du prisme) : il ne faut alors jamais forcer
4. La lampe spectrale utilise une ampoule à vapeur mercure coûteuse et fragile. Ces lampes sont longues à se mettre en température (10 *min*) et ne doivent pas être rallumées juste après avoir été éteintes.

1. Réglage optique

1. Allumer l'éclairage latéral du réticule de la lunette autocollimatrice (ampoule 6 V) et mettre en place la lame semi-réfléchissante de la lunette.
2. Régler la position de l'oculaire de la lunette pour que le réticule (croix) apparaisse net.
3. Faire la mise au point de la lunette sur l'infini grâce à la molette en utilisant la méthode d'auto-collimation ; on utilisera un petit miroir aligné sur le plateau.
4. Placer la lampe à vapeur de mercure en face et proche de la fente en réglant sa hauteur avant de l'allumer. (Attention la fente reste fermée !!!!!)
5. Placer la lunette devant le collimateur et ouvrir légèrement la largeur de la fente pour obtenir une source lumineuse ensuite régler le réticule avec la source ne plus modifier ces réglages pendant tout le T.P.

2. Mesure de l'angle au sommet A du prisme

1. Placer le prisme sans son capot et éclairer le prisme comme indique la figure
2. Amener le réticule de la lunette de visée en coïncidence avec l'image de réflexion à gauche sur la face AB du prisme.
3. Mesurer la position angulaire α_G de lunette (graduation à gauche par réflexion).
4. Répéter la même mesure pour l'image par réflexion à droite sur la face AC, noter la valeur de α_D .



5. Démontrer que $|\alpha_G - \alpha_D| = 2A$ et estimer l'incertitude ΔA .
6. Présenter le résultat sous la forme $A = (\pm)$ en degrés et minute d'angles.

3. Dispersion de la lumière par le prisme (Mesure de minimum déviation)

Pour mesurer la déviation minimale, procédez comme suit

1. Eteignez le réticule et tournez le plateau de façon à ce que le faisceau entrant ne subisse pas de réflexion totale à l'intérieur du prisme.
2. Visualisez le spectre discontinu à l'aide de la lunette.
3. En utilisant le spectromètre déterminer les différentes longueurs d'onde du spectre discontinu.
4. En tournant le plateau (et donc en modifiant l'angle d'incidence), remarquez que le faisceau émergent tourne d'un côté puis rebrousse chemin ; à ce moment précis, la déviation est minimum.
5. Lisez l'angle D_m correspondant à ce minimum pour chacune des raies du spectre du mercure. La précision de la mesure dépend –entre autre– de la finesse des raies et donc de l'ouverture de la fente.
6. Compléter le tableau suivant en déterminant l'indice de réfraction n du prisme pour chaque longueur d'onde

Couleur de la raie						
$\lambda(nm)$						
$1/\lambda^2(nm^2)^{-1}$						
D_m						
n						

7. Tracer la courbe $n = f(1/\lambda^2)$ en représentant les incertitudes et vérifier que la variation de l'indice de réfraction en fonction de la longueur d'onde est assez bien représentée par la formule de Cauchy
8. Déterminez les coefficients a et b du verre du prisme. Que représente a et b

TP N 03 : DIFFRACTION ET INTERFERENCE

BUT DE L'EXPERIENCE :

Etudier le phénomène de diffraction et interférence des ondes lumineuses

La *diffraction* est une déviation des rayons lumineux lorsque la lumière rencontre un obstacle, une ouverture ou un bord d'écran et qui ne peut s'expliquer ni par une réflexion ni par une réfraction.

Considérons un faisceau de lumière monochromatique (en phase) passe à travers une fente étroite et longue de largeur D , et on place un écran de visualisation à grande distance. Selon le principe de Huygens Les ondes qui visualisation à grande distance passent par cette fente se propageront dans toutes les directions. Considérons seulement les rayons qui passent en ligne droite. Comme ils sont en phase, ils forment un point brillant au centre de l'écran.

Considérons les rayons qui sont dirigés selon un angle θ_1 tels que la distance parcourue par le plus bas rayon de la fente est exactement une longueur d'onde de plus que celle parcourue par le plus haut rayon de la fente. La distance parcourue par le rayon passant par le centre est supérieure de $\lambda/2$ à celle parcourue par le plus haut rayon de la fente: ces deux rayons sont déphasés de $\lambda/2$ et interfèrent destructivement.

Tous les rayons interfèrent donc destructivement un à un et aucune lumière dirigée selon cet angle n'atteint l'écran. L'angle auquel ces interférences destructives se produisent est donné par: $D \sin \theta_1 = \lambda$.

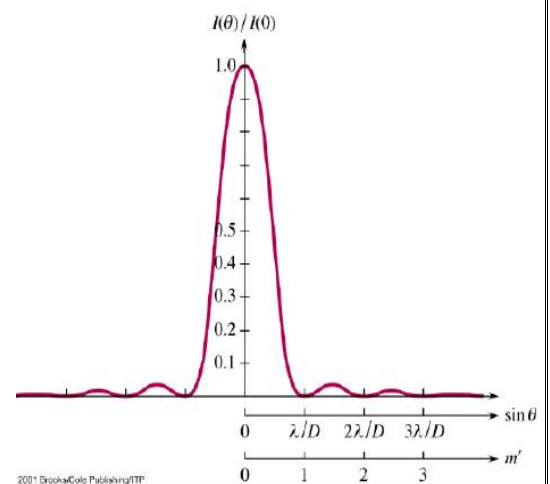
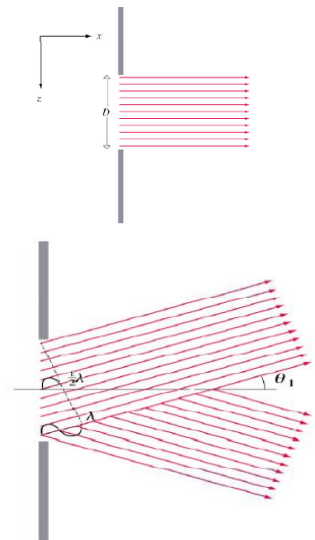
Quand l'angle augmente, on aura dans un premier temps moins d'interférences destructives, mais en augmentant encore l'angle on trouve un second minimum quand $D \sin \theta_2 = \lambda$. En générale on a une intensité nulle si $D \sin \theta_m = m\lambda$ avec $m = \pm 1; \pm 2; \pm 3;$

Et des maximum d'intensité pour $\theta = 0$, $D \sin \theta_m = (m + \frac{1}{2})\lambda$ avec $m = \pm 1; \pm 2; \pm 3;$

MANIPULATION

Le Matériel:

1. Un Laser de longueur d'onde λ .
2. Banc optique.
3. Fente réglable.
4. Des objets de diffraction et interférence.

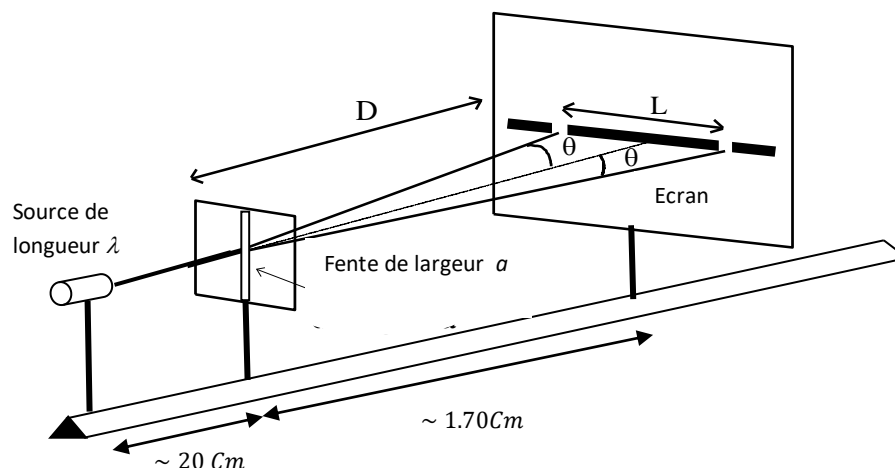


Principe de la diffraction

Sécurité : Il ne faut jamais regarder directement la sortie d'un laser ou placer les yeux sur le trajet d'un faisceau laser direct ou réfléchi par une surface brillante. Le faisceau laser est très intense : s'il pénètre dans l'œil il peut gravement endommager la rétine.

I. Diffraction par fente

1. Réaliser l'expérience ci-dessous.

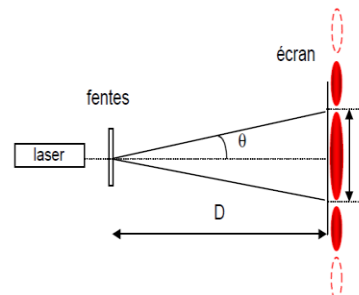


- Dessiner l'image obtenue sur l'écran dans les trois cas: la largeur de la fente est large, moyen et plus fine.
- Qu'observez-vous ? Dans quel cas le phénomène de diffraction apparaît-il ? (Comparer la longueur d'onde λ avec la largeur de la fente)
- Vérifier que la largeur L de la tache centrale est le double de celles des autres taches.
- Comment varie la largeur L de la tache centrale en fonction de la largeur a de la fente ou en fonction de la distance D entre la fente et l'écran.
- Relever la longueur d'onde λ de la lumière du laser.
- Pour chaque fente de largeur a , relever la largeur L de la tache centrale. Compléter le tableau suivant :

$a(\mu m)$	60	80	100	140	180	220	240
$1/a(m^{-1})$							
$L(m)$							

- Tracer le graphique L en fonction de $1/a$ et conclure.
- Exprimer l'écart angulaire de diffraction θ en fonction de L et D .
- Compléter alors le tableau ci-dessous:

$a(\mu m)$	60	80	100	140	180	220	240
$\theta = \lambda/a$							
$\theta = L/2D$							



11. Comparer alors θ et λ/a , déduire alors la relation générale entre D , L , λ et a .

II. Diffraction par différents objets

1. Réaliser la même expérience mais avec différents objets diffractant et dessiner les images obtenues dans les cas suivants :

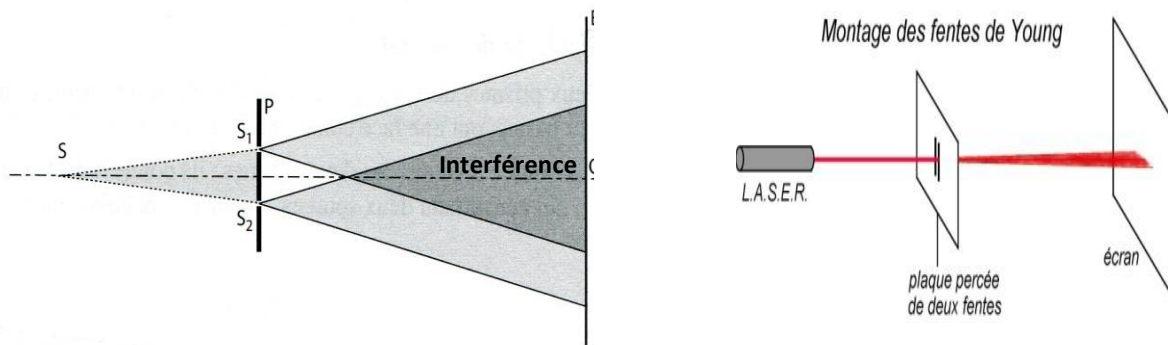
- A. Diffraction par une fente.
- B. Diffraction par un fil.
- C. Diffraction par un trou.

- 2. Qu'observez-vous entre la géométrie de l'objet diffractant et de l'image obtenue ?
- 3. Quelle remarque pouvez-vous faire pour la fente et le fil ?
- 4. Déterminer le diamètre d'un de vos cheveux.

III .Interférence de la lumière par différents objets

On utilise le même dispositif que précédemment, mais dans cette partie les fentes utilisées sont doubles on les appelle fentes d'*Young*

Les fentes de Young ou interférences de Young désignent une expérience qui consiste à faire interférer deux faisceaux lumière issus d'une même source, en les faisant passer par deux fentes.



1. Observer l'écran et Décrire la figure observée.

On appelle interfrange i la distance séparant les milieux de deux franges brillantes ou deux franges sombres consécutives.

- 2. Représenter la figure d'interférence observée sur l'écran et repérer l'interfrange i sur le schéma.
- 3. Pour chaque distance b , relever l'interfrange i (mesurer 5 interfranges et diviser par 5).
- 4. Compléter le tableau situe ci-dessous.

Distance entre les fentes $b(\mu\text{m})$	200	400	500
Interfrange $i(\text{m})$			

5. Répéter la même expérience pour une distance entre les fentes fixe en changeant :

A. la distance D

$D(\text{m})$		
Interfrange $i(\text{m})$		

B. Longueur d'onde de la source

<i>Longueur d'onde de la source λ(nm)</i>	<i>rouge</i>	<i>vert</i>
<i>Interfrange i(m)</i>		

6. Déduire la relation entre D , b , λ et i .

7. Remplacer les deux fentes de Young par réseau de N fente et décrire l'image observée sur l'écran.

TP N 04 : POLARISATION DE LA LUMIERE

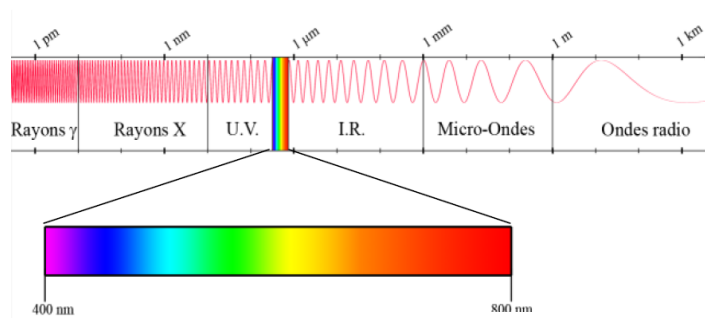
BUT DE L'EXPERIENCE :

Vérification de la loi de Malus.

Etude de l'effet de la lame retard sur une onde lumineuse polarisée.

I. POLARISATION DE LA LUMIERE

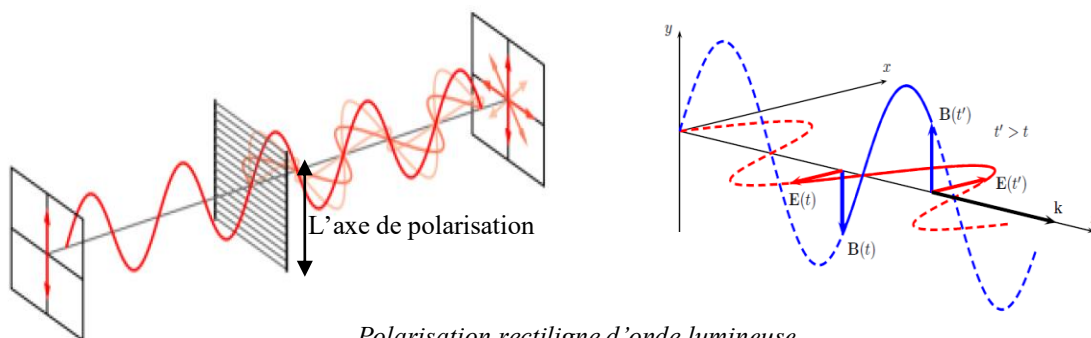
Les ondes lumineuses sont des ondes électromagnétiques qui se caractérisent chacune par une longueur d'onde λ . Le schéma ci-dessous décrit la répartition des ondes électromagnétiques en fonction de la longueur d'onde. On remarquera que la lumière visible ne couvre qu'une petite plage du spectre des ondes électromagnétiques.



Le spectre électromagnétique et sa portion visible

L'onde lumineuse est une onde électromagnétique transverse ; le champ électrique \vec{E} et le champ magnétique \vec{B} oscillent perpendiculairement à la direction de la propagation de l'onde ; défini par le vecteur d'onde \vec{K} .

La polarisation de l'onde lumineuse correspond à la direction selon laquelle oscille son champ électrique



Polarisation rectiligne d'onde lumineuse

Un polariseur est un dispositif qui transforme la lumière naturelle (non polarisée) en lumière polarisée rectilignement, il ne transmet que la composante de E parallèle à un axe privilégié appelé axe du polariseur

$$\vec{E}(x, t) = E_0 \cos(\omega t - kz) \vec{u}_x$$

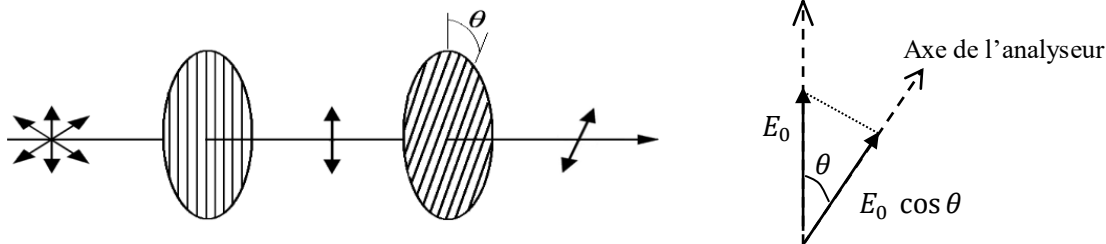
Considérons une onde polarisée rectilignement arrivant sur un polariseur parfait (analyseur) et dont l'analyseur fait un angle θ avec l'axe de ce polariseur. Si l'amplitude du champ électrique de la lumière polarisée à la sortie du polariseur est E_0 , l'amplitude à la sortie de l'analyseur sera

$$E = E_0 \cos \theta$$

Comme l'intensité de l'onde lumineuse est proportionnelle au carré de l'amplitude du champ $I = C\langle E^2 \rangle$, l'intensité I de l'onde lumineuse à la sortie de l'analyseur sera :

$$I = I_0(\cos \theta)^2 \quad \text{Loi de Malus}$$

où I_0 est l'intensité à la sortie du polariseur.



II. POLARISATION PAR BIREFRINGENCE

La biréfringence est la propriété physique d'un matériau dans lequel la lumière se propage de façon anisotrope. Dans un milieu biréfringent, l'indice de réfraction n'est pas unique, il dépend des directions de propagation et de la polarisation du rayon lumineux.

Lame à retard (lame déphasante)

Une lame à retard est un crystal uniaxial biréfringent taillé en forme de lame à faces parallèles, l'axe optique étant parallèle aux faces. Elle a deux indices de réfraction n_x et n_y dépendant de la direction de polarisation du champ électrique les axes Ox et Oy sont les lignes neutres de la lame. Si $n_x > n_y$ Les vitesses de phase suivant les lignes neutres sont $v_x = \frac{c}{n_x}$ et $v_y = \frac{c}{n_y}$ avec $v_y > v_x$ donc l'axe Ox est lent et Oy est l'axe rapide.

Une onde plane polarisée rectilignement de longueur d'onde λ traverse la lame de retard d'épaisseur d ; elle introduit un déphasage ϕ entre les deux composantes du champ électrique :

$$\phi = \frac{2\pi}{\lambda}(n_y - n_x)d = \frac{2\pi}{\lambda} \delta$$

δ représente la différence de marche

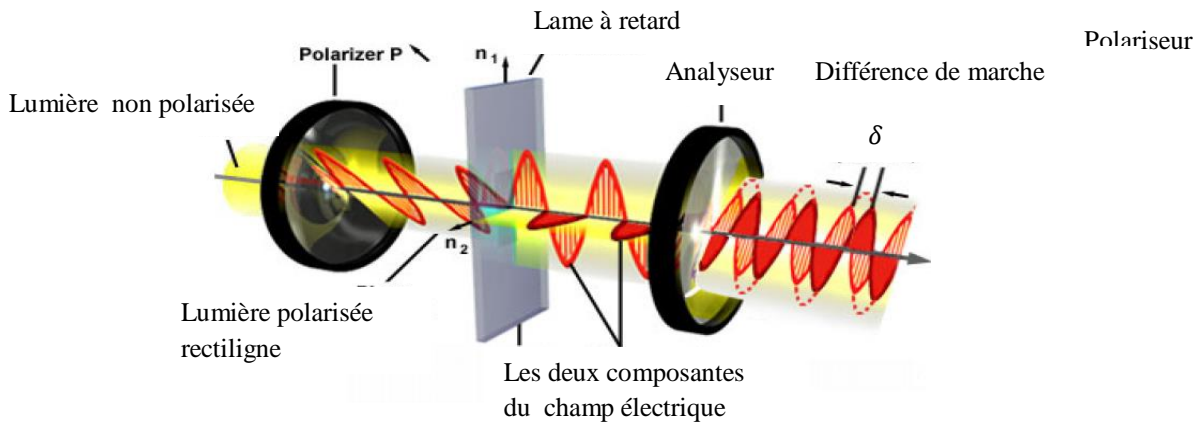
Les composantes du champ électrique sont :

$$\vec{E} \begin{cases} E_x = E_0 \cos(\omega t - kz - \phi) \\ E_y = E_0 \cos(\omega t - kz) \end{cases}$$

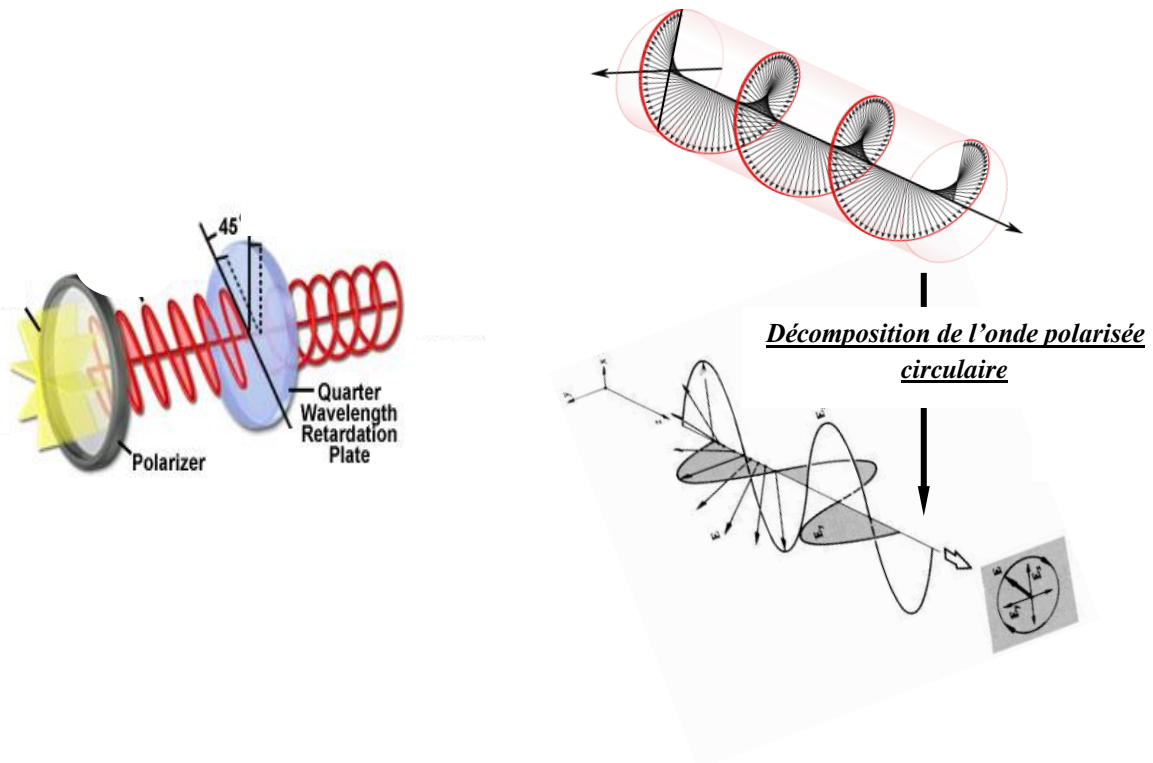
Il existe plusieurs types de lame à retard caractérisées par le déphasage qu'elles produisent entre les deux composantes du champ électrique de la polarisation:

Une lame demi-onde, également notée lame $\lambda/2$, crée un déphasage valant 180° , c'est-à-dire un retard d'une moitié de longueur d'onde. L'onde sortant d'une telle lame présente une polarisation symétrique de l'onde entrante par rapport à l'axe optique

Une lame quart d'onde, également notée lame $\lambda/4$, crée un déphasage de 90° , c'est-à-dire un retard d'un quart de longueur d'onde. Elle permet de passer d'une polarisation rectiligne à une polarisation elliptique ou circulaire, et vice-versa.



Montage polariseur ; lame de retard et analyseur



Polarisation circulaire par une lame quart onde

MANIPULATION

Le Matériel:

1. Un Laser rouge de longueur d'onde $\lambda = 633 \text{ nm}$.
2. Banc optique.
3. Polariseur.
4. Analyseur.
5. Des lames à retard $\frac{\lambda}{2}$ et $\frac{\lambda}{4}$.
6. Multimètre.

I. Vérification de la loi de Malus (polarisation rectiligne)

1. Placer le laser à une extrémité du banc, ajouter ensuite à l'autre l'extrémité un écran.
2. Placer ensuite le polariseur entre le laser et l'écran.
3. Rajouter un deuxième polariseur (analyseur)
4. Faire tourner l'axe du polariseur qu'observez-vous ?
5. Remplacer l'écran par la photodiode et center le faisceau laser sur le détecteur comme .
6. Fixer l'axe de polariseur à 0° et tourner l'axe de l'analyseur de -90° à $+90^\circ$ de pas 10° (dans les deux sens).
7. Relever les valeurs de l'intensité I du multimètre pour chaque angle θ et compléter le tableau suivant

θ	-90°	-80°	-70°	-60°	-50°	-40°	-30°	-20°	-10°	0
I										
θ	$+10^\circ$	$+20^\circ$	$+30^\circ$	$+40^\circ$	$+50^\circ$	$+60^\circ$	$+70^\circ$	$+80^\circ$	$+90^\circ$	
I										

8. Représenter la courbe $I = f(\cos^2\theta)$ et expliquer.

II. L'effet de lame quart d'onde et lame demi d'onde sur la polarisation

1. Insérer au montage précédent une lame demi d'onde entre le polariseur et l'analyseur.
2. Vérifier l'alignement du faisceau laser sur la photodiode.
3. Positionner la lame demi onde à 45° et tourner l'axe de l'analyseur (l'axe de polariseur est toujours à 0°).
4. Relever les valeurs de l'intensité I lues sur un multimètre pour chaque position de l'angle θ dans un tableau.
5. Que pouvez vous déduire de l'influence de la lame demi onde ? Comparer avec la polarisation sans la lame demi-onde ?
6. Remplacer la lame demi onde avec la lame quart onde à un angle différent de 45° et répéter la même manipulation pour la lame demi onde.
7. Que pouvez vous déduire de l'influence de la lame quart onde ? Comparer avec la polarisation avec la lame demi-onde ?
8. Changer l'axe de lame quart onde à un angle à 45° et tourner l'axe de l'analyseur Comment appelle t'on cette polarisation. **!!! Note Donner des schémas pour expliquer les états de polarisation**

III. Polarisation de la lumière blanche

1. Placer à une des extrémités du banc, la source de la lumière blanche.
2. Fixer un polariseur ; ensuite rajouter un analyseur et la photodiode.
3. Qu'observez-vous lorsque vous tourner l'axe de l'analyseur ? Quel type de polarisation de cette source ?
4. Remplacer la photodiode par un écran métallique.
5. Découper 14 bouts de scotch ; essayer de superposer en faisant des différences d'épaisseurs.
6. Placer le scotch sur une porte lentille ; positionner le scotch entre le polariseur et l'analyseur.
7. Chercher en déplaçant l'écran l'image du scotch (utiliser une lentille convergente). Décrire l'image observée ? Donner une explication.

TRAVAUX PRATIQUES

VIBRATION ET ONDE MÉCANIQUE

TP N 01 : PENDULE DE POHL

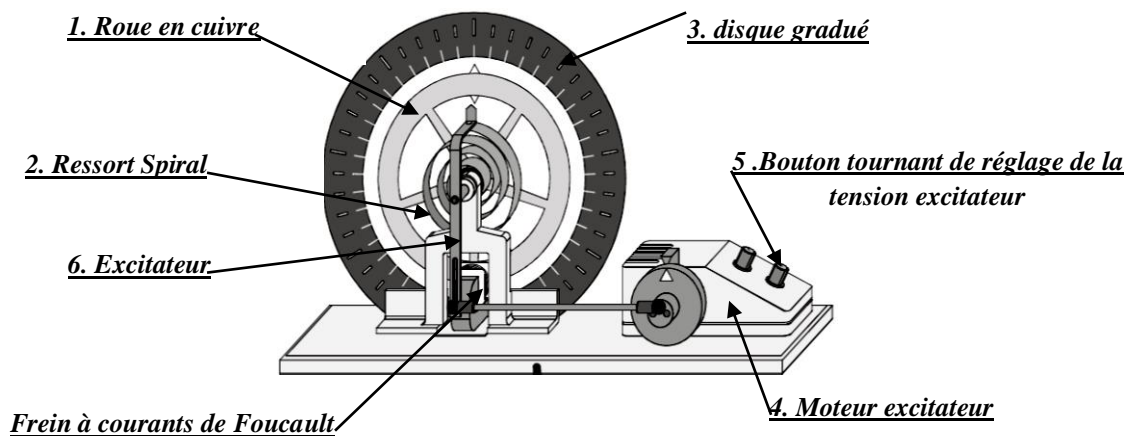
BUT DE L'EXPERIENCE :

Détermination de la fréquence propre du pendule de torsion.

Étude des oscillations amorties forcées.

I. ETUDE THEORIQUE :

Le pendule de Pohl est un pendule de torsion permet d'étudier des oscillations libres et des oscillations forcées à basse fréquence, plus ou moins amorties par un frein électromagnétique à courants de Foucault. Le pendule de torsion est constitué d'une roue en cuivre montée sur une plaque de base en bois qui est reliée à la barre de l'excitateur par un ressort spiral fournissant le couple de rappel. Pour la génération d'oscillations forcées, un moteur électrique intégré dans le dispositif entraîne un excitateur relié à une extrémité du ressort spiral ; la tension d'excitation est proportionnelle à la vitesse de rotation du moteur.



Pendule de Pohl

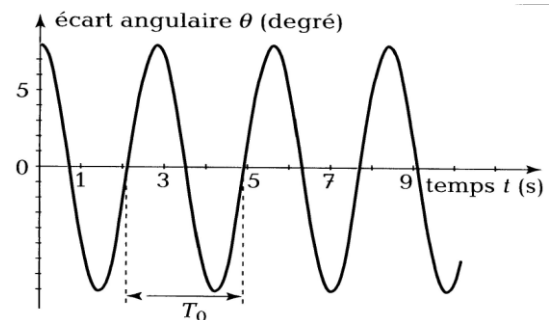
1 Oscillation libre

On considère une roue de moment d'inertie J oscille librement autour de son axe vertical ; le ressort spiral exerce une force de rappel sur la roue est $M = -C. \theta(t)$ Avec C est la constante de torsion du ressort (équivalent constante de raideur K pour le ressort à boudin) et θ est l'angle de déviation ; l'équation du mouvement est alors

$\ddot{\theta} + \frac{C}{J} \theta = 0$ Cette équation différentielle du deuxième ordre admet une solution sinusoïdale pour toute valeur initiale de l'angle de déviation. La période propre du mouvement est

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{J}{C}}$$

2 Oscillation libre amortie :



Pour amortir le mouvement d'oscillation libre on applique une force électromagnétique (force d'amortissement) à la roue est $F = -\alpha\dot{\theta}$ avec α est le coefficient d'amortissement ; l'équation différentielle du système s'écrit sous la forme suivante

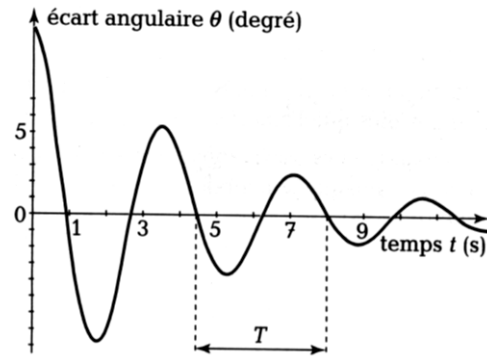
$$\ddot{\theta} + 2\lambda\dot{\theta} + \omega_0^2\theta = 0$$

$\lambda = \frac{\alpha}{2J}$ est le facteur d'amortissement et $\omega_0 = \sqrt{\frac{c}{J}}$ est la pulsation propre (non amortie) La solution de cette l'équation différentielle dépend le signe de discriminant $\Delta = \lambda^2 - \omega_0^2$ on trouve trois cas

3 Régime pseudopériodique

Si l'amortissement est faible alors $\lambda^2 < \omega_0^2$ $\Delta < 0$ la solution est

$$\theta(t) = \theta_0 e^{-\lambda t} \cos(\omega t + \phi) \text{ et la pulsation } \omega = \sqrt{\omega_0^2 - \lambda^2};$$



La période des oscillations peut exprimer

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\omega_0^2 - \frac{1}{\tau^2}}}$$

On note la constante de temps τ (ou constante de relaxation) du système définie par $\tau = \frac{1}{\lambda}$ Le décroissement de l'amplitude est décrit par le décrément logarithmique δ avec n est le nombre de période T

$$\delta = \frac{1}{n} \ln \left(\frac{\theta(t)}{\theta(t + nT)} \right)$$

Le décrément logarithmique permet de calculer le facteur d'amortissement et le facteur de qualité Q on donne

$$\delta = \lambda T = \frac{\pi}{\sqrt{Q^2 - \frac{1}{4}}}$$

4.Régime critique

Lorsque $\lambda^2 = \omega_0^2$ l'amortissement est important, le pendule retourne dans un minimum de temps à sa position d'équilibre sans osciller dans ce cas, la solution de l'équation différentielle est

$$\theta = \theta_0 e^{-\lambda t} (A + Bt)$$

5.Régime apériodique Si $\lambda^2 > \omega_0^2$, $\Delta > 0$ Le retour à l'équilibre du pendule se fait lentement et de manière asymptotique. Dans ce cas précis, la solution de l'équation est de la forme la solution est

$$\theta = e^{-\lambda t} \left(A e^{\sqrt{(\lambda^2 - \omega_0^2)} t} + B e^{-\sqrt{(\lambda^2 - \omega_0^2)} t} \right)$$

6.Les oscillations forcées

On applique au pendule une force extérieure $F = F_0 \cos(\Omega t)$ de pulsation Ω l'équation différentielle devient $\ddot{\theta} + 2\lambda\dot{\theta} + \omega_0^2\theta = A \cos(\Omega t)$

La solution de cette équation différentielle du second est égale à la somme de la solution de l'équation sans second membre $H(t)$ régime transitoire et d'une solution particulière de l'équation avec second membre $P(t)$ régime permanent.

$$\theta(t) = H(t) + P(t)$$

$$\theta(t) = \theta_0 e^{-\lambda t} \sin(\omega t + \phi) + C(\omega) \sin(\Omega t + \psi)$$

Pour t suffisamment grand $t \gg \tau$ le régime transitoire s'est atténué, seul le régime permanent subsistera alors la solution est la forme

$$\theta(t) \approx C(\Omega) \sin(\Omega t + \psi) \quad \text{Avec} \quad C(\Omega) = \frac{A}{\sqrt{(\omega_0^2 - \Omega^2)^2 + 4\lambda\Omega}} \quad \text{et} \quad \psi = \arctan \frac{(2\lambda\Omega)}{(\omega_0^2 - \Omega^2)}$$

En étudiant la variation de l'amplitude C et la phase ψ en fonction de la de la pulsation de l'excitation on trouve ;

Le maximum d'amplitude obtenue pour une valeur de Ω qui s'annule $\frac{dC}{d\Omega} = 0$; il existe un maximum pour la valeur $\Omega_R = \sqrt{\omega_0^2 - 2\lambda^2}$ si l'amortissement suffisamment faible pour $\omega_0 < 2\lambda$, cette pulsation est appelé pulsation de résonance pour amplitude

$$C = \frac{A}{2\lambda\sqrt{\omega_0^2 - \lambda^2}}$$

II. ETUDE EXPERIMENTALE

1. Oscillations libre

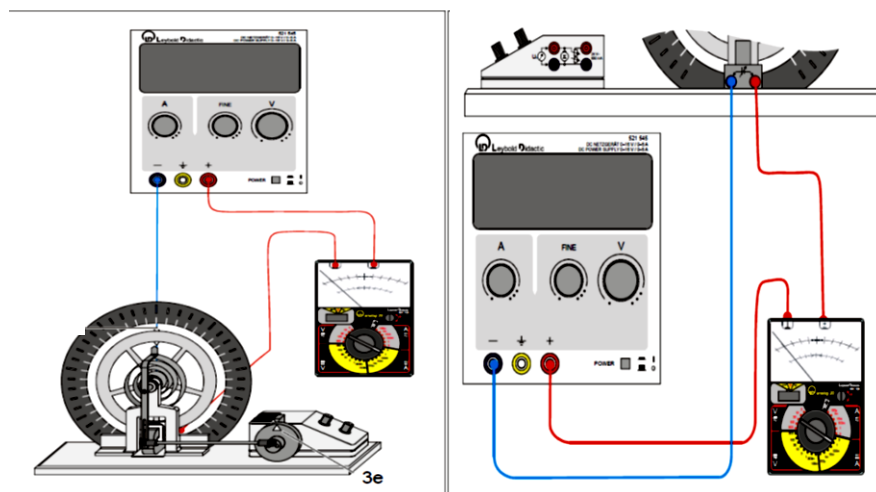
1. Écarter le corps oscillant (**roue**) jusqu'à la butée. Veiller à ce que le pointeur pour la déviation ne touche pas le ressort.
2. Lâchez la roue sans vitesse initiale et mesurez le temps de 3 tours en utilisant le chronomètre.
3. Détermine la pulsation propre du système.

2. Oscillations amorties

1. Réaliser le montage conformément à la figure suivante

A Relier le frein à courants de Foucault à la sortie de tension réglable de l'alimentation du pendule tournant.

B Connecter l'ampèremètre au circuit électrique.





Remarque de sécurité
Tenir compte du courant maximum admissible par l'électro-aimant du frein à courants de Foucault : $I_{max} = 1 \text{ A}$

2. Mettre l'alimentation en marche en réglant le courant I à 0.25 A
3. Ecarter le pendule jusqu'à la butée et lâchez sans vitesse initiale de coté positive.
4. Mesurer le temps de 6 oscillations et lire l'amplitude φ .
5. Répéter la même mesure pour 8, 10, 12, 14 oscillations.

Le nombre d'oscillations	6	8	10	12	14	16
L'amplitude θ_n (Scd)						
Le temps $t(s)$						
La période $T(s)$						
Décroissement δ						

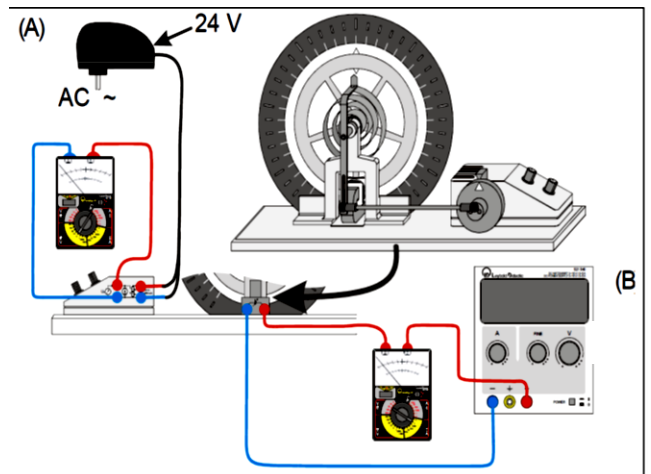
6. Calculer à partir du Tableau la période moyenne T et le décroissement logarithmique moyen δ .
7. Donner une conclusion sur le type de régime.

3. Oscillations amorties forcées

Pour étudier les oscillations forcées brancher le moteur d'excitateur au montage précédent.

A / L'intensité de courant aux bornes de frein de Foucault reste fixe $I = 0.25 \text{ A}$

1. Relier les douilles de connexion du moteur excitateur à la sortie de tension fixe de l'alimentation du pendule tournant.
2. Relier le voltmètre aux douilles de connexion du moteur excitateur.
3. A l'aide du bouton réglage de la tension du moteur fixez la tension l'excitateur de 3 V (indiqué sur voltmètre).
4. Vous laissez la roue oscille jusqu'à le système se stabilise à une amplitude fixe.
5. Déterminer l'amplitude maximale φ et la période T de l'oscillation.



REMARQUE IMPORTANTE
Pour varier la tension tourner délicatement le bouton de réglage sans dépasser la valeur

6. Déterminer la variation de l'amplitude et la période Pour différents valeurs de tension de l'excitateur de 3 V à 10 V en répétant les mêmes étapes.

<i>Tension (V)</i>	3	4	5	6	6.5	7	7.6	8	9	10
<i>Amplitude θ(Scd)</i>										
<i>Période T(s)</i>										
<i>Fréquence f (Hz)</i>										

7. Tracer la courbe de l'amplitude θ en fonction la fréquence f .

8. Déduire la fréquence et la pulsation de résonance.

9. Donner une conclusion.

B / L'intensité de courant aux bornes de frein de Foucault est I = 0.5A

Répéter la même expérience en changeant uniquement la valeur de l'intensité de courant de l'alimentation à 0.5 A

TP N 02 : PENDULES COUPLÉS

BUT DE L'EXPERIENCE :

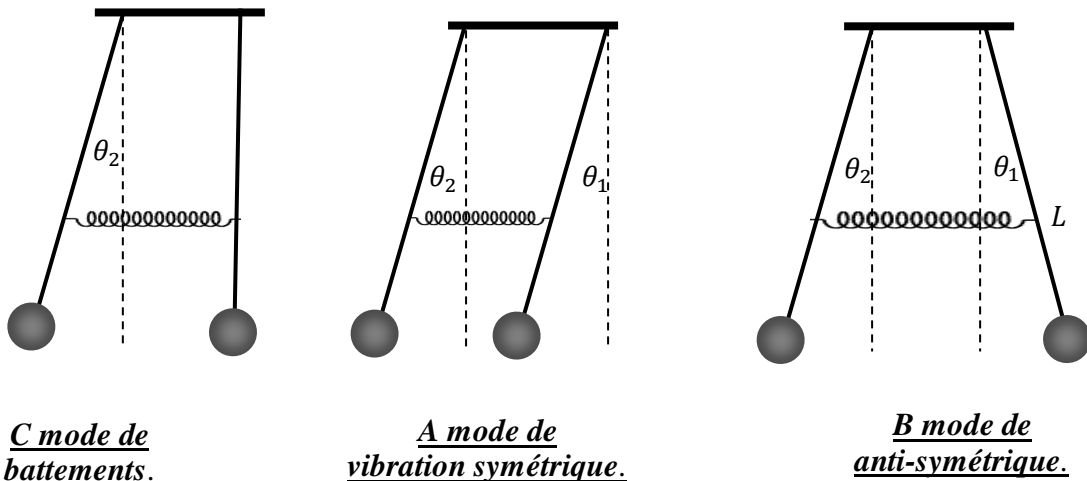
Etudier les oscillations couplées.
Déterminer la période de battement.

I. ETUDE THEORIQUE :

Les oscillations couplées sont un phénomène général : un dispositif mécanique qui vibre entraîne des oscillations dans les pièces avec lesquelles il est en contact. La roue fait vibrer le moteur et la carrosserie, par exemple. Ces oscillations sont exceptionnellement sur une seule fréquence, en phase ou en opposition de phase. En général les oscillations couplées font intervenir une superposition de plusieurs fréquences.

Lorsque deux pendules mécaniques sont reliés entre eux par un ressort horizontal de constante de rappel k à une distance a , de nouveaux mouvements particuliers apparaissent par rapport au mouvement unique du pendule individuel. Parmi les différents mouvements possibles, trois cas sont particulièrement intéressants à observer

- 1 Les deux pendules ont le même mouvement (ils oscillent en phase). On parle d'un mode de vibration symétrique.
- 2 Les deux pendules ont à l'origine des positions opposées et oscillent à la même fréquence en opposition de phase. On parle d'un mode de vibration anti-symétrique.
- 3 L'un des deux pendules est initialement au repos. L'autre pendule en mouvement voit alors ses oscillations s'amortir, au profit du premier, jusqu'à son arrêt total, le premier atteignant alors son maximum. Puis l'effet inverse se produit, et ainsi de suite, l'énergie mécanique étant alternativement transférée d'un pendule à l'autre. On observe un phénomène de battements.



En appliquant le formalisme de lagrangien au système pendule couplées (système à deux degrés de liberté), on trouve les équations aux mouvements suivante avec

$$\begin{cases} \ddot{\theta}_1 + \frac{MgL}{I} \sin \theta_1 + \frac{ka^2}{I} (\theta_1 - \theta_2) = 0 \\ \ddot{\theta}_2 + \frac{MgL}{I} \sin \theta_2 - \frac{ka^2}{I} (\theta_1 - \theta_2) = 0 \end{cases}$$

Dans l'approximation des petits angles $\theta_1, \theta_2 \ll 0$ les équations du mouvement suivantes sont obtenues:

$$\begin{cases} \ddot{\theta}_1 + \frac{MgL}{I}\theta_1 + \frac{ka^2}{I}(\theta_1 - \theta_2) = 0 \\ \ddot{\theta}_2 + \frac{MgL}{I}\theta_2 - \frac{ka^2}{I}(\theta_1 - \theta_2) = 0 \end{cases}$$

Ces équations sont dites couplées: le mouvement du pendule 1 a un effet sur le pendule 2 et vice versa. Il est possible de résoudre ce système d'équations en posant:

$$\begin{cases} \phi_1 = \theta_1 + \theta_2 \\ \phi_2 = \theta_1 - \theta_2 \end{cases}$$

Dont les solutions des équations sont donnés par :

$$\begin{cases} \theta_1(t) = A \cos(\omega_1 t + \varphi_1) + B \cos(\omega_2 t + \varphi_2) \\ \theta_2(t) = A \cos(\omega_1 t + \varphi_1) - B \cos(\omega_2 t + \varphi_2) \end{cases}$$

Avec

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{MgL}{I}}$$

et

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{MgL + 2ka^2}{I}}$$

1. Oscillations symétriques (en phase)

Les deux pendules sont lâchés simultanément avec le même angle de départ θ_0 , sans vitesse initiale. Les solutions des équations du mouvement (Eq. 13) deviennent alors

$$\theta_1(t) = \theta_2(t) = \theta_0 \cos(\omega_1 t)$$

2. Oscillations antisymétriques

Cette situation correspond au cas où les deux pendules sont lâchés simultanément avec un même angle de départ, mais en direction opposée, et sans vitesse initiale:

$$\theta_1(t) = -\theta_2(t) = \theta_0 \cos(\omega_2 t)$$

3. Battements

Cette situation correspond au cas où un des pendules est lâché d'un angle donné sans vitesse initiale, alors que le deuxième pendule est laissé à l'équilibre:

$$\begin{cases} \theta_1(t) = \theta_0 \cos\left(\frac{\omega_2 - \omega_1}{2} t\right) \times \cos\left(\frac{\omega_2 + \omega_1}{2} t\right) \\ \theta_2(t) = \theta_0 \sin\left(\frac{\omega_2 - \omega_1}{2} t\right) \times \sin\left(\frac{\omega_2 + \omega_1}{2} t\right) \end{cases}$$

Le déphasage de $\pi/2$ entre le sinus et le cosinus traduit le phénomène de **battements** entre les deux pendules: lorsqu'un pendule est à son amplitude maximale, l'autre est à l'arrêt. L'énergie mécanique est progressivement transférée à chaque oscillation d'un pendule à l'autre par l'intermédiaire du ressort de couplage. La période d'oscillation rapide vaut:

$$\tau = \frac{2 T_1 T_2}{T_1 + T_2}$$

et la période de battements

$$T_b = \frac{T_1 T_2}{T_1 - T_2}$$

II. ETUDE EXPERIMENTALE

1 Oscillation d'un seul pendule : (sans considérer le couplage)

Mesurer le temps pour 5 oscillations pour avoir une valeur moyenne de la période mesurée.

2. Oscillations symétriques

1. Accrocher le ressort à boudin de raideur $k = 1.5 \text{ N/m}^2$ dans les trous situés sur les barres de pendule qui se trouve à 75 cm.
2. Faire dévier les deux pendules dans la même direction et avec une même amplitude (environ de 10°) comme indiqué sur la **Figure A** puis relâchez les deux pendules simultanément.
3. Mesurer le temps requis pour que le système réalise 5 oscillations pour avoir une valeur moyenne de la période mesurée.

<i>Nombre de mesures</i>	$5T$	T	ΔT
1			
2			
3			

3. Oscillations antisymétriques

1. Faire dévier les deux pendules dans des directions opposées et avec une même amplitude (environ de 10°) comme indiqué sur la **Figure B**, puis relâcher les deux pendules simultanément.
2. Mesurer le temps requis pour que le système réalise 5 oscillations pour avoir une valeur moyenne de la période mesurée.

<i>Nombre de mesures</i>	$5T$	T	ΔT
1			
2			
3			

3. Déterminer la période d'oscillations des battements T_b en utilisant la formule théorique.

4. Oscillations avec battement :

1. Faire dévier le premier pendule tout en maintenant le second en un état stationnaire bien à la verticale comme indiquée sur la **Figure C** , puis relâcher les deux pendules simultanément.
2. Mesurer le période de battement en notant le temps requis au premier pendule pour faire 3 arrêts d'oscillations successifs plusieurs fois (3 fois) à fin d'avoir une valeur moyenne sur la période de battement.

<i>Nombre de mesures</i>	$3T$	T	ΔT
1			
2			
3			

3. Comparer les résultats de mesures obtenus $T_{b,théo}$ et $T_{b,exp}$

Enregistrement Oscillations avec battement :

1. Lancer le programme informatique capstone et ouvrir le fichier graphe.
2. Sélectionner les paramètres de mesures Axe Y (y(tension A)) ;puis ajouter la mesure (y(tension B)).
3. Tirer sur une barre de pendule et maintenir l'autre en position 0, puis relâcher.
4. Sélectionner enregistrement.
5. Lire la période de battement.
6. Changer la position du ressort à 25 Cm et répéter la même procédure pour le battement.
7. Lire la période de battement.
8. Changer le ressort de raideur $k = 1.5 \text{ N/m}^2$ par un ressort de raideur $k = 3 \text{ N/m}^2$ à 75 Cm.
9. Déterminer la période de battement.
10. Compléter le tableau suivant en regroupant les valeurs des périodes de battement mesuré par logiciel

<i>Ressort</i>	$K = 1.5 \text{ N/m}^2$ <i>75 Cm</i>	$K = 3 \text{ N/m}^2$ <i>75 Cm</i>	$K = 3 \text{ N/m}^2$ <i>25 Cm</i>
<i>Période de battement</i> $T(s)$			

TP N 03 : MOMENT D'INERTIE

BUT DE L'EXPERIENCE :

Déterminer la constante de torsion du ressort et moment d'inertie.

Etudier le théorème de Huygens.

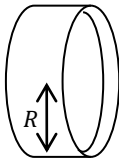
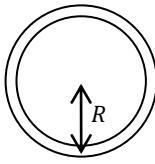
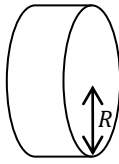
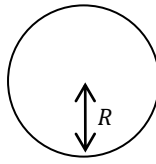
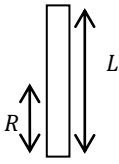
I. ETUDE THEORIQUE :

L'inertie d'un corps rigide par rapport à une modification de son mouvement de rotation sur un axe fixe est exprimée par le moment d'inertie I . Il dépend de la répartition des masses dans le corps par rapport à l'axe de rotation.

En serrant ses bras le long du corps, cette patineuse diminue son moment d'inertie, augmentant sa vitesse de rotation



Fig.1

Anneau	Coquille	Cylindre plein	Sphère pleine	Tige mince
				
$I_{CM} = mR^2$	$I_{CM} = \frac{2}{3} mR^2$	$I_{CM} = \frac{1}{2} mR^2$	$I_{CM} = \frac{2}{5} mR^2$	$I_{CM} = \frac{1}{3} mR^2$

Le moment d'inertie pour un axe passant par le centre de gravité pour des solides

Le pendule de torsion

Le pendule de torsion est constitué d'une barre porte-poids, sur laquelle sont disposées symétriquement deux masses m dans un écart r avec l'axe de rotation.

La barre est fixée 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

La période T de ce mouvement oscillatoire est donc

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{C}} \quad \text{d'où} \quad I = C \frac{T^2}{4\pi^2}$$

I est le moment d'inertie donner par la relation suivante

$I = I_0 + 2mr^2$ I_0 moment d'inertie de la barre sans masse. D'après les deux équations précédentes on peut déduire la relation entre la période et la constante de torsion

$$T^2 = T_0^2 + 8\pi^2 \frac{m}{C} r^2$$

Soit un objet en rotation autour d'un axe Δ_c passant par son centre de masse. Si Δ est un axe parallèle à Δ_c , distant de d , **le théorème de Huygens** permet d'en déduire le moment d'inertie de l'objet par rapport à Δ_c ,

$$I = I_c + md^2$$

II. ETUDE EXPERIMENTALE

La constante de torsion du ressort

1. Accrocher les deux masses supplémentaires sur la barre porte-poids à $r = 25 \text{ Cm}$ de l'axe de rotation comme indique la figure suivante.
2. Ecarter la barre avec un angle α et mesurer la période T
3. Répéter la même mesure en changeant la position des masses et remplir le tableau suivant

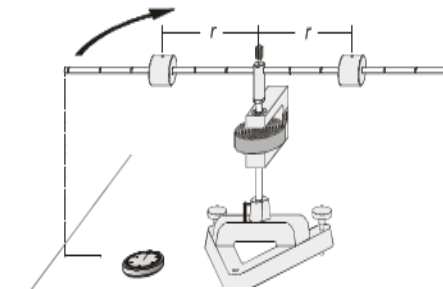


Fig.2

Position r (m)	r^2 (m^2)	T (s)	T^2 (s^2)
0.25			
0.2			
0.15			
0.1			
0.05			

4. Tracer le graphe $T^2 = f(r^2)$.
5. Déterminer la constante de torsion du ressort hélicoïdal ($m = 0.262 \text{ Kg}$).

Moment inertie pour différents corps géométriques

1. Remplacer la barre par le disque
2. Ecarter le disque d'un angle et mesurer la période T
3. Répéter la même procédure pour la sphère et le cylindre creux

solides	Masse (Kg)	Rayon R(m)	Période T(s)	I ($kg.m^2$)mesuré	I ($kg.m^2$)théorie
disque	0.410	0.1100			
sphère	1.113	0.0730			
Cylindre creux	0.408	0.0440			

4. Comparer les valeurs obtenues et conclure.

Théorème de Huygens

1. Réaliser le montage de la figure suivante en remplaçant le cylindre par le disque bleu
2. Viser le disque au centre et écarter le disque d'un angle
3. Mesurer la période T
4. Changer la position de l'axe de rotation du disque et mesurer la période
5. Suivre la procédure expérimentale et compléter le tableau suivant

($m = 0.497 \text{ Kg}$, $R = 0.160 \text{ m}$)

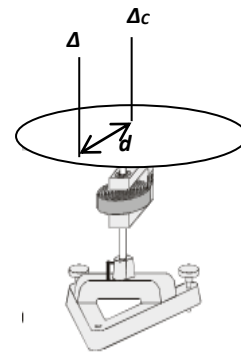


Fig.3

$d(m)$	$T(s)$	$I(kg.m^2)$ mesuré	$I(kg.m^2)$ théorie
0			
0.02			
0.04			
0.06			

6. Comparer les valeurs obtenues et conclure.

TP N 04 : ONDE STATIONNAIRE TRANSVERSALE

CORDE DE MELDE.

BUT DE L'EXPERIENCE :

L'étude des ondes stationnaires transversales le long d'une corde en fonction des fréquences d'excitation f

Déterminer de la vitesse de propagation des ondes.

I. ETUDE THEORIQUE :

Une onde mécanique progressive est le phénomène de propagation d'une perturbation locale dans un milieu matériel. Dans une onde mécanique, il n'y a pas de déplacement de matière mais un transport d'énergie. La caractéristique principale de l'onde progressive est que la perturbation se retrouve identique à elle-même après une durée T (Période temporelle de propagation) et à une distance de λ (période spatiale de propagation ou longueur d'onde)

I- Ondes Stationnaires Transversales

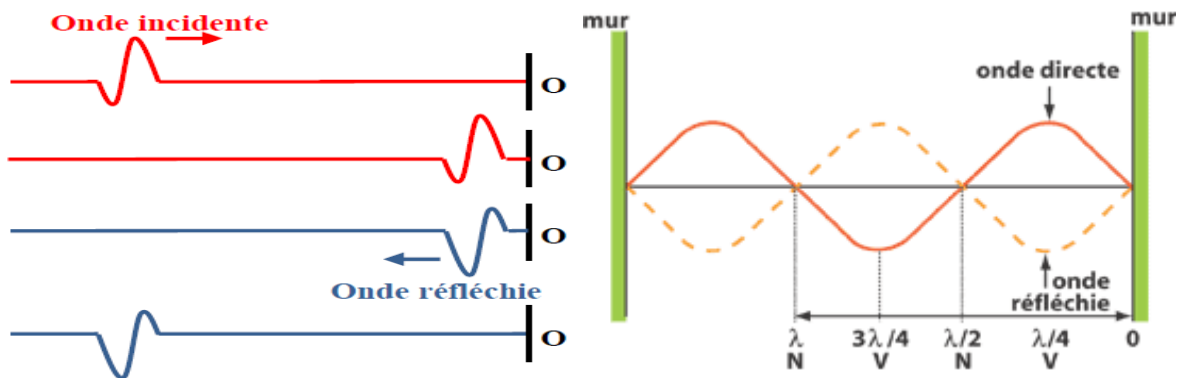


Fig 1: Ondes Stationnaires Transversales.

Réflexion d'une onde progressive sur un obstacle fixe

On génère *une onde progressive transversale* (direction de propagation horizontale et direction de la perturbation verticale) qui se propage à la célérité V . C'est onde est appelée *onde incidente*.

Lorsqu'elle arrive au niveau d'un obstacle fixe (point O), il se crée une *onde progressive transversale réfléchie de forme semblable* à l'onde incidente mais *inversée*.

Cas d'une onde progressive sinusoïdale

Considérons maintenant une onde incidente progressive sinusoïdale de fréquence f , se propageant à la célérité V et de longueur d'onde λ . Lorsque cette onde incidente rencontre un obstacle fixe (point O) il

se crée une onde progressive sinusoïdale réfléchi de même fréquence f , de même célérité V et de même longueur d'onde λ que l'onde incidente. **L'onde résultante** est appelé **onde stationnaire**. **Correspond à la superposition des ondes incidentes et réfléchies.**

- Les points stationnaires sont **des nœuds**. Deux nœuds successifs sont séparés d'une distance $\lambda/2$
- Les points où l'amplitude est maximale s'appellent **ventres** (voir figure1).

Ondes Stationnaires Transversales le long d'une Corde

Considérons une corde tendue, rectiligne selon la coordonnée x , et de longueur infinie. Nous allons étudier la propagation d'une faible perturbation le long de la corde. Supposons que la perturbation se produise suivant l'axe Oy .

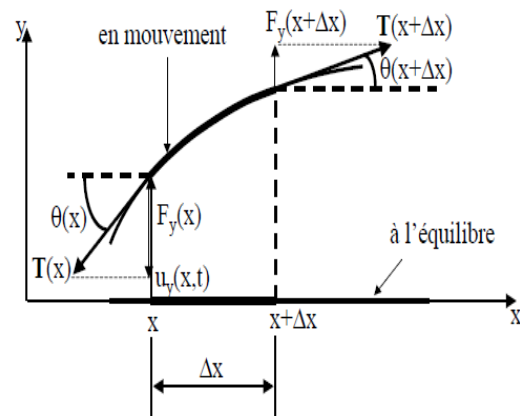
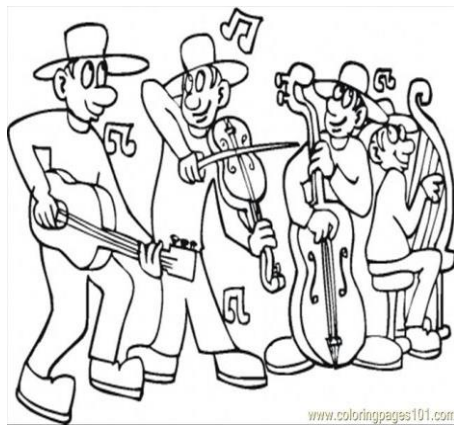


Fig2: Ondes Stationnaires Transversales.

On négligera le déplacement de la corde suivant l'axe des x , tant et si bien que un point de la corde situé en $(x; 0)$ à l'équilibre se retrouve en $(x; y(x; t))$ lors de la vibration de la corde.

On supposera le déplacement de la corde faible de manière à ce que l'angle $\theta(x; t)$ de la corde avec l'horizontal est faible et donc on se limite à l'ordre 1

En appliquant le principe fondamental de la dynamique à un élément infinitésimal dx de la corde et d'une masse linéique μ pour une tension T de la corde on a

$$\mu dx \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} \vec{u}_y = \vec{T}(dx + x, t) - \vec{T}(x, t)$$

En projetant sur les axes on trouve l'équation d'Alembert

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} - \frac{1}{V} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = 0$$

Avec V est la vitesse de propagation de l'onde est

$$V = \sqrt{T/\mu}$$

En utilisant les conditions aux limites de la corde la solution est de la forme suivante

$$y(x, t) = 2a \sin(\omega t + \phi) \sin(kx)$$

Quelques soit la pulsation ω on arrive à construire une onde qui s'annule au point $x = 0$. Pour l'autre extrémité $x = L$, on devrait avoir également la condition $y(L, t) = 0$ et donc $\sin(kL) = 0$ qui s'annulerait pour des nombres d'ondes appelées des nœuds de vibration sont des points qui restent immobile

$$k_n = \frac{\pi}{L}, \frac{2\pi}{L}, \dots, \frac{n\pi}{L}$$

et ainsi de fréquences

$$f_n = \frac{v}{2L} n$$

Un ventre de vibration est un point pour lequel l'amplitude de vibration est maximale, l'aspect de la corde pour les premiers modes propres est le suivant :

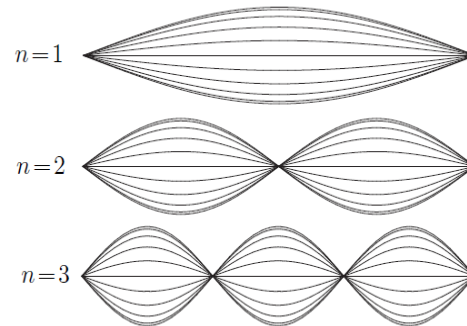


Fig 3: Modes propres de L'onde stationnaire.

II. ETUDE EXPERIMENTALE

CORDE DE MELDE

On étudie le dispositif expérimental de Melde. Cette corde est supposée inextensible, de longueur L , de masse linéique μ . Elle est tendue à l'aide d'une masse M accrochée à la corde via une poulie et excitée par un vibreur à son autre extrémité

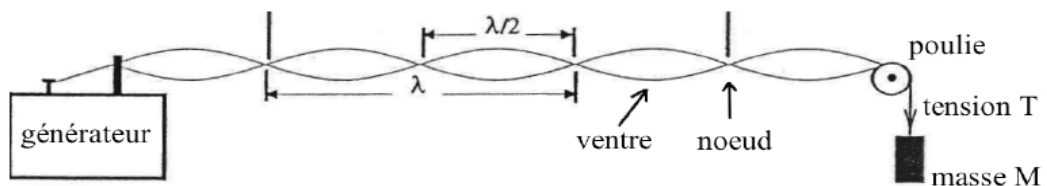


Fig 4: Corde de Melde.

A Corde blanche

1. Mesurer la longueur L de la corde élastique blanche.
2. Donner la valeur de la longueur L de la corde et la masse M suspendue à la corde.
3. Régler sur le générateur de fonctions une tension de sortie $U = 5V$.
4. Régler la fréquence sur le générateur de fonctions de manière obtenir une onde stationnaire.
5. Régler le stroboscope de façon à observer la corde vibrant au ralenti.

6. Lentement augmenter la fréquence f tout en cherchant les fréquences pour lesquelles des ondes stationnaires en complétant le tableau.

<i>Nombre de ventres</i>	<i>Fréquence f(Hz)</i>
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	

7. Tracer le graphe représentant la fréquence f (Hz) en fonction des nombre de ventre obtenus.

8. Calculer à partir du graphe la vitesse de propagation de l'onde le long de la corde.

9. Déduire la masse linéique de la corde μ

B Corde jaune

Utiliser le deuxième vibreur avec la corde jaune

1. Mesurer la longueur L de la corde élastique jaune.

2. Régler sur le générateur de fonctions une tension de sortie $U = 7V$.

3. Lentement augmenter la fréquence f tout en cherchant avec soin les fréquences pour lesquelles des ondes stationnaires de $n = 4$ Ventres.

4. Varier la masse suspendue à la poulie jusqu' a obtenir $n = 3$ Ventres.

5. Donner la valeur de la masse M suspendue à la corde jaune pour former 3 ventres.

TP N 05 : ONDE STATIONNAIRE LONGITUDINALE

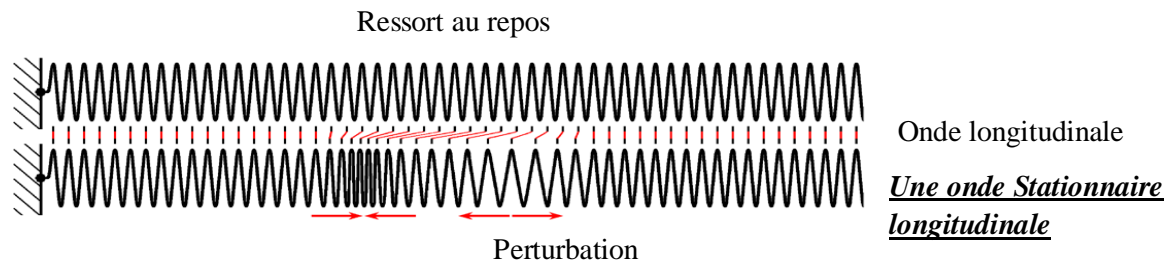
BUT DE L'EXPERIENCE :

L'étude des ondes stationnaires longitudinale le long d'un ressort fonction des fréquences d'excitation f
Déterminer de la vitesse de propagation des ondes.

I. ETUDE THEORIQUE :

On appelle *onde mécanique progressive*, le phénomène de propagation d'une perturbation dans un milieu matériel élastique sans transport de matière.

Une onde est longitudinale quand la direction du mouvement des éléments du milieu de propagation est parallèle à la direction de propagation. Onde le long d'un ressort, onde de compression dans un solide un liquide ou un gaz (son), ondes sismiques.



Si l'on soumet la corde ou le ressort à une perturbation sinusoïdale, l'amplitude de la perturbation $p(x, t)$ est donnée par

$$p(x, t) = A \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}(x - vt)\right)$$

où λ est la longueur d'onde et V la vitesse de propagation de l'onde est données par:

$$V = \lambda \cdot f$$

Lorsque deux ondes sinusoïdales de même amplitude A et de même longueur d'onde λ se propagent en sens inverse, leur superposition crée une onde stationnaire on trouve onde résultante est

$$P(x, t) = 2A \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}x\right) \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}vt\right)$$

Nous voyons apparaître des points de l'espace pour lesquels l'amplitude est toujours nulle : ce sont **les nœuds** de vibrations. Le maximum de l'amplitude apparaît également en des points déterminés appelés **ventres** de vibrations.

Pour ressort de longueur L fixé entre deux extrémités la relation entre la longueur d'onde λ des ondes stationnaires possibles et la longueur L de la corde est

$$\sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}L\right) = 0 \Rightarrow \lambda = \frac{2L}{n}$$

Donc on peut écrire $f_n = \frac{v}{2L}n$

II.ETUDE EXPERIMENTALE

1. Accrocher l'extrémité du premier ressort à boudin dans le trou du levier oscillant, fixer l'autre extrémité au crochet de suspension.
2. Etirer le ressort à environs de longueur **50 Cm** en déplaçant le crochet.
3. Régler sur le générateur de fonctions une tension de sorti **$U = 7V$**
4. Après fixation du ressort, on cherchera avec soins les fréquences pour lesquelles des ondes stationnaires devraient se former. Pour ce faire, on commencera dans la gamme de fréquence **f** inférieur pour l'augmenter progressivement à l'aide du bouton du générateur de fréquence.
5. Relevez les fréquences pour lesquelles on obtient ces ondes stationnaires.

<i>Nombre de ventres</i>	<i>Fréquence f (Hz)</i>
10	
12	
13	
14	
15	
16	
17	

6. Régler sur le générateur de fonctions une tension de sorti **$U = 1.5V$**
7. Changer la longueur de ressort à **45 Cm**
8. Déterminer la fréquence pour obtenir **4** ventres et mesurer la Longueur d'onde.
9. Changer la longueur de ressort à **40 Cm**
10. Déterminer la fréquence pour obtenir **4** ventres et mesurer la Longueur d'onde.
11. Donner une conclusion.

TP N 06 : ONDE SONORE

BUT DE L'EXPERIENCE :

Etudier les ondes Stationnaire (Tube de Kundt).

Déterminer de la vitesse de propagation des ondes ultrasonores.

I. ETUDE THEORIQUE :

L'oreille humaine perçoit des ondes sonores dont les fréquences sont comprises entre 20 Hz et 20 kHz. Les ondes sonores de fréquences inférieures à 20 Hz sont appelées infrasons ; celles de fréquences supérieures à 20 kHz sont appelées ultrasons. Certains animaux utilisent les ultrasons : les chauves-souris, les dauphins émettent et perçoivent des ultrasons dont fréquence peut être supérieure à 100 kHz pour explorer leur environnement ; les éléphants et les baleines émettent et perçoivent des infrasons pour communiquer.

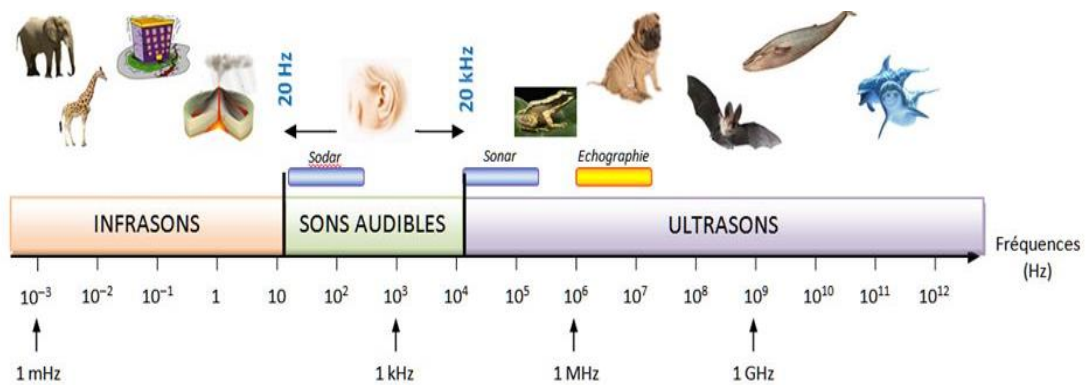


Fig 1 : Domaine des ondes sonores

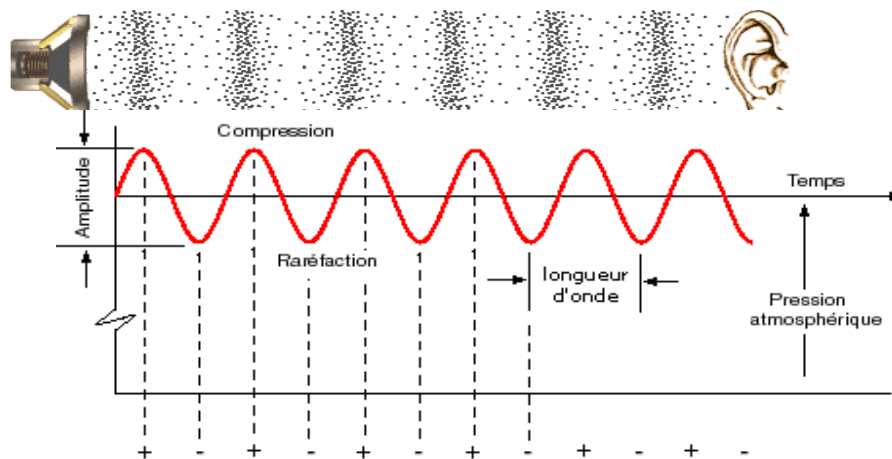


Fig 2 : Onde Acoustique

Les vibrations de la membrane du haut parleur provoquent des vibrations (*perturbations*) de l'air qui se propagent dans tout l'espace environnant et atteignent les tympans des oreilles. Les molécules

constituant l'air subissent ; au passage de l'onde sonore, des mouvements de va et vient longitudinaux. Ces mouvements d'ensemble s'accompagnent de compressions suivies de dépression ; ***l'onde sonore est une onde acoustique.***

Une onde acoustique est une perturbation de **la pression** locale qui se propage au sein d'un Milieu matériel. Cette perturbation s'accompagne d'une variation de densité se propageant à la même vitesse. Il s'agit donc **d'une onde scalaire et longitudinale.**

On peut écrire si l'on considère une propagation suivant l'axe des x :

$$P(x, t) = P_0 + p(x, t)$$

où $P(x, t)$ est la pression locale, P_0 la pression moyenne et $p(x, t)$ la perturbation de pression. On montre que $p(x, t)$ vérifie **l'équation d'onde**

$$\frac{\partial^2 P}{\partial x^2} - \frac{1}{V} \frac{\partial^2 P}{\partial t^2} = 0$$

Avec V est la vitesse de propagation de l'onde (vitesse de son), par définition la relation entre la vitesse V , la longueur d'onde λ et la période T est

$$V = \frac{\lambda}{T}$$

Ondes stationnaires

Lorsque l'on envoie une onde progressive sur un obstacle en incidence normale, celui-ci la renvoie dans l'autre sens. Cette onde réfléchie interfère avec l'onde incidente pour former Une onde qui sera dite stationnaire si l'obstacle est parfaitement réfléchissant.

Pour un tube de longueur L fermé aux deux extrémités, les ondes stationnaires vérifient

$$\sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}L\right) = 0 \Rightarrow \lambda_n = \frac{2L}{n}$$

La figure 3 montre la fondamentale et les deux premières harmoniques des ondes stationnaires dans un tube fermé aux deux extrémités. On constate que **les nœuds** de déplacements correspondent à **des ventres** de pressions.

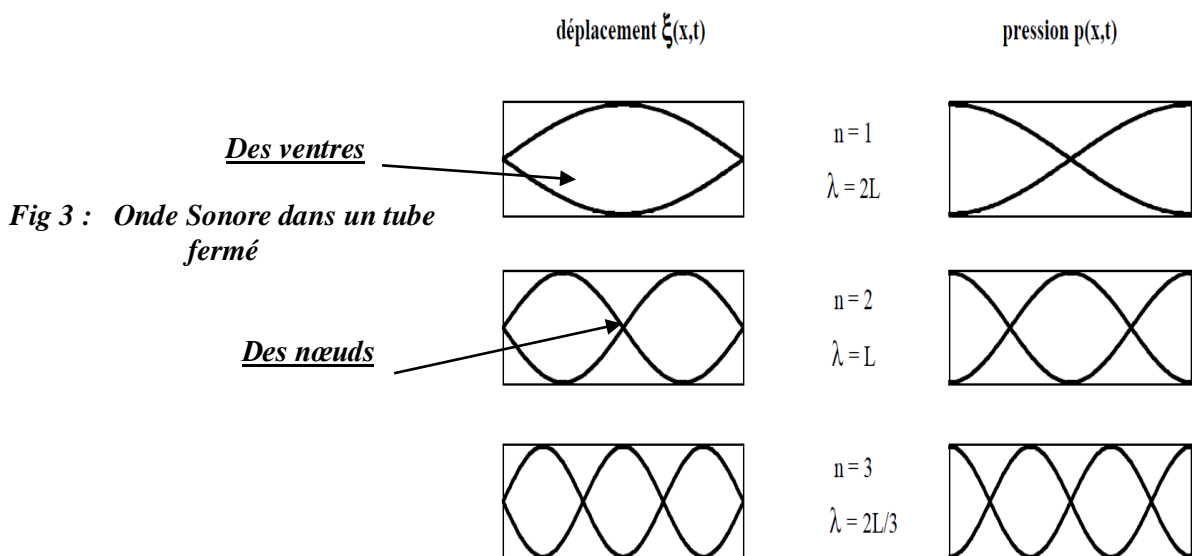


Fig 3 : Onde Sonore dans un tube fermé

II. ETUDE EXPERIMENTALE

1. Tube de Kundt

Le tube de Kundt est un dispositif inventé en 1866 par August Adolph Kundt qui permet de mesurer la vitesse du son dans les gaz à partir des ondes acoustiques stationnaires qui y règnent. Notre dispositif est constitué de

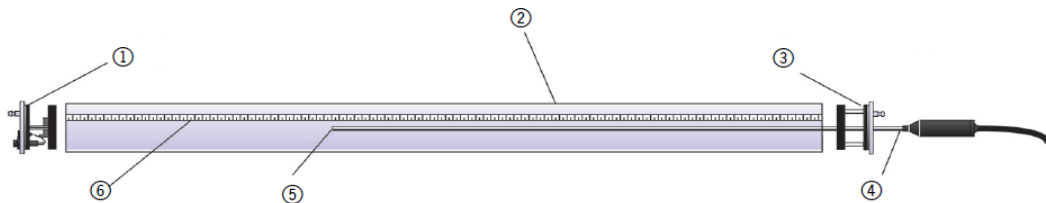


Fig 4 : Tube de Kundt

1. Plaque finale avec haut-parleur.
2. Tube de résonance.
3. Plaque finale avec perforation et guidage pour le logement du piston ou de la sonde du microphone.
4. Sonde de microphone.
5. Microphone.
6. Graduation.

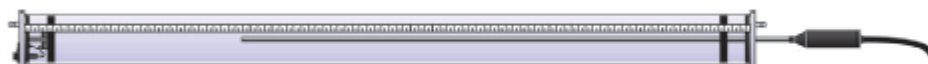
Le haut parleur est alimenté par un générateur de fréquence en mode sinus. Le microphone est un transducteur qui produit une tension proportionnelle à l'onde de pression. Il peut coulisser dans la cavité pour enregistrer le signal acoustique en un point donné. Le signal sortant du microphone est amplifié puis envoyé soit sur un oscilloscope soit sur un voltmètre.

1. Ondes stationnaires dans un tube avec une extrémité ouverte



1. Fixer la tension de générateur de fréquence à **0.25 Volt** pour une fréquence de **240 Hz**.
2. Visualiser la tension (**forme sinusoïdale**) de signal acoustique sur l'oscilloscope. **En fixant le calibre de la tension à 1 V**
3. Placer la sonde de microphone au centre de l'extrémité de tube .
4. Déplacer la sonde délicatement en déterminant les positions des nœuds à l'aide de l'oscilloscope.
5. Déterminer la longueur d'onde et la vitesse de propagation de l'onde
6. Schématiser l'onde

2. Ondes stationnaires dans un tube fermé



1. Fixer la tension de générateur de fréquence à **0.5 Volt** pour une fréquence de **2.7 KHz**.
2. Visualiser la tension (**forme sinusoïdale**) de signal acoustique sur l'oscilloscope. **En fixant le calibre de la tension à 500 mV**
3. Placer la sonde de microphone au centre de l'extrémité de tube.
4. Déplacer la sonde délicatement en déterminant les positions des nœuds à l'aide de l'oscilloscope.
5. Déterminer la longueur d'onde et la vitesse de propagation de l'onde
6. Schématiser l'onde

3. Les ondes ultrasonores

Les ultrasons sont émis par un émetteur E et détectés par un (ou plusieurs) récepteur R, qui délivre une tension proportionnelle au déplacement des tranches d'air mises en mouvement lors de la propagation de l'onde.

1. Brancher l'alimentation de la plaque électronique (par le transformateur).
2. Brancher les deux émetteur à l'oscilloscope (voie chaîne 1 Jaune et voie chaîne 2 Blue).
3. Positionner les récepteur tel que les signaux reçu soient *en phase*, c'est-à-dire que les signaux observés soient maximum et minimum simultanément.
4. Quelle est la fréquence utilisée dans cette expérience
5. Marquer sur la feuille millimètre la position de l'émetteur et les deux récepteurs.
6. Déplacer un récepteur Verticale en maintenant le deuxième à sa position initiale une période T et observer le signal.
7. Déterminer la longueur d'onde et la vitesse de propagation de l'onde ultrason
8. Expliquer la différence entre onde de tube de Kundt et l'onde ultrasonore de la deuxième expérience.

Fig 5 : le montage pour mesurer de la vitesse de propagation d'onde ultrasonore

