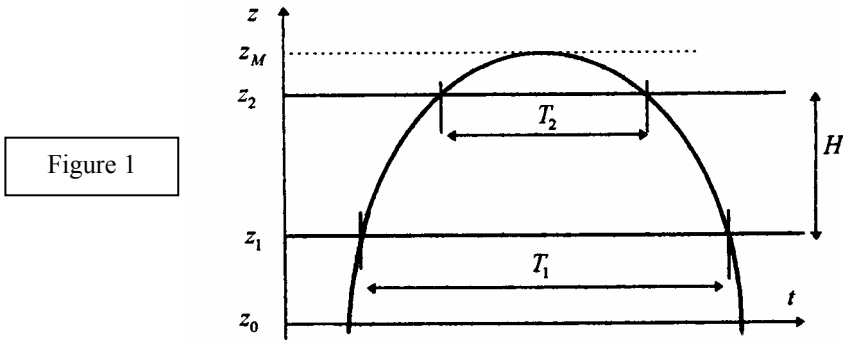


L'énoncé de cette épreuve propose de parcourir au travers du thème de la **MESURE** quelques domaines de la physique, couverts par les programmes de terminale S et des classes préparatoires scientifiques.

L'épreuve comporte sept parties **indépendantes** les unes des autres.

Première partie
Mesure de g : méthode de la "double chute" et des deux stations.

1.1. Etude mécanique

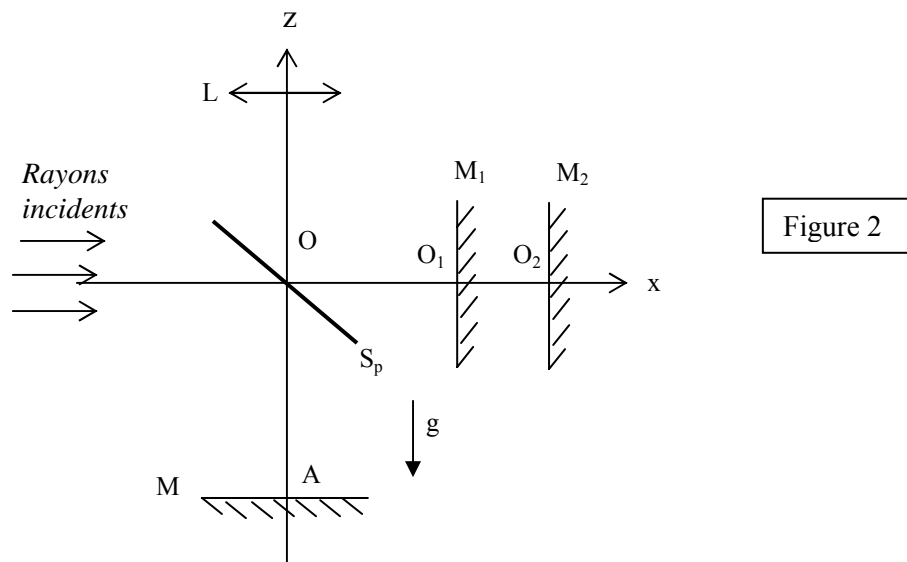


Un corps assimilable à un point matériel de masse m est lancé verticalement, vers le haut, dans un milieu assimilable au vide, à partir d'une altitude z_0 , avec une vitesse initiale v_0 . On appelle z son altitude à l'instant t et z_M l'altitude maximale atteinte à l'instant t_M .

- 1.1.1. Donner les expressions littérales de $\dot{z}(t) = \frac{dz}{dt}$ et $z(t)$.
- 1.1.2. Etablir la relation qui lie v_0 , g et t_M puis celle qui lie $(z_M - z)$ à $(t - t_M)^2$ et g .
- 1.1.3. Exprimer la durée T qui sépare les instants de passage du mobile à une même altitude z en fonction de z , z_M et g .
- 1.1.4. On mesure les durées T_1 et T_2 entre les passages à "deux stations" d'altitude z_1 et z_2 telles que $z_2 - z_1 = H$. Exprimer g en fonction de H , T_1 et T_2 .
- 1.1.5. Application numérique : $T_1 = 0,70$ s ; $T_2 = 0,30$ s ; $H = 0,49$ m. Calculer g .

1.2. Mesure expérimentale des durées T_1 et T_2

On se propose d'examiner maintenant de quelle manière on peut réaliser une mesure précise des durées T_1 et T_2 . On utilise pour cela une méthode optique, fondée sur l'utilisation de l'interféromètre de Michelson, selon le dispositif expérimental suivant :



L'interféromètre est éclairé en lumière parallèle suivant la direction Ox . La lame séparatrice S_p est traitée de façon à obtenir des coefficients de réflexion et de transmission en énergie égaux à 50%. On ne tiendra pas compte d'éventuelles différences de marche introduites par la lame et par les miroirs dans la suite de cette question.

Les miroirs M_1 et M_2 sont fixes, distants de H , et perpendiculaires à la direction Ox . On note O_1 et O_2 leurs centres respectifs, et x_1 la distance OO_1 ainsi que $x_2 = x_1 + H$ la distance OO_2 . Un dispositif non représenté permet d'utiliser soit l'un soit l'autre miroir pour la mesure. Le miroir M de centre A est mobile sur l'axe vertical Oz , et reste constamment perpendiculaire à cette direction.

Une cellule photoélectrique est placée au foyer image F' de la lentille convergente L , et on enregistre le signal électrique reçu, considéré comme proportionnel à l'intensité lumineuse reçue en F' .

L'expérience se déroule par la suite de la façon suivante : comme dans la question précédente, on lance le miroir mobile, de masse m , suivant l'axe vertical vers le haut avec une vitesse initiale $v_0 > 0$. Le miroir décrit une trajectoire de chute libre ; on note là encore z_M sa cote maximale, et t_M l'instant où il l'atteint.

1.2.1. Comment peut-on réaliser expérimentalement un faisceau de lumière parallèle ?
On décrira aussi précisément que possible la démarche suivie.

1.2.2. Utilisation de l'interféromètre en lumière monochromatique
Dans un premier temps, l'interféromètre est éclairé en lumière monochromatique de longueur d'onde λ .

1.2.2.1. Décrire la marche des rayons lumineux qui interfèrent et sont reçus en F' .

1.2.2.2. Calculer leur différence de marche δ , en notant $z(t)$ la cote verticale du miroir M ($z = \overline{OA}$) (on examinera deux cas, selon que le miroir M_1 ou M_2 est utilisé).

1.2.2.3. Montrer de quelle façon le repérage de la frange centrale d'interférence (définie comme le point de différence de marche nulle), permettrait d'accéder aux intervalles de temps T_1 et T_2 précédemment définis.

1.2.2.4. Donner l'expression de l'intensité $I(t)$ recueillie par la cellule photoélectrique, en fonction de $z(t)$. On notera I_0 l'intensité lumineuse émise par la source

monochromatique. Est-il effectivement possible de déterminer expérimentalement la position de la frange centrale, par simple lecture de $I(t)$?

1.2.3. Utilisation de l'interféromètre en lumière blanche : pour remédier au défaut précédent, on décide de procéder en lumière blanche. On assimile cette lumière à une répartition d'intensité uniforme sur tout le spectre visible, limité à la bande de fréquence $[\nu_1, \nu_2]$.

1.2.3.1. Donner les valeurs limites des longueurs d'onde du domaine visible dans le vide ; en déduire l'ordre de grandeur de ν_1 et ν_2 .

1.2.3.2. Des sources lumineuses de fréquences différentes sont-elles cohérentes ? Peuvent-elles interférer entre elles ? Expliquer cette notion et indiquer les conséquences.

1.2.3.3. La répartition spectrale de la source est représentée par le graphe de la figure 3 : l'intensité élémentaire émise par la source dans la bande de fréquence comprise entre ν et $\nu + d\nu$ est : $dI_0 = A d\nu$.

En utilisant la question 1.2.2.4., déterminer l'expression de l'intensité $I(\delta)$, où δ est la différence de marche entre les deux rayons qui interfèrent, recueillie par la cellule en F' .

On donne :

$$\int_{\nu_1}^{\nu_2} \cos(2\alpha\nu) d\nu = (\nu_2 - \nu_1) \cdot \text{sinc}[\alpha(\nu_2 - \nu_1)] \cdot \cos[\alpha(\nu_2 + \nu_1)],$$

avec $\text{sinc}(x) = \frac{\sin(x)}{x}$. On rappelle de plus le graphe de cette fonction (figure 4).

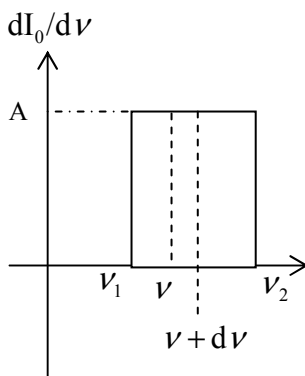


Figure 3

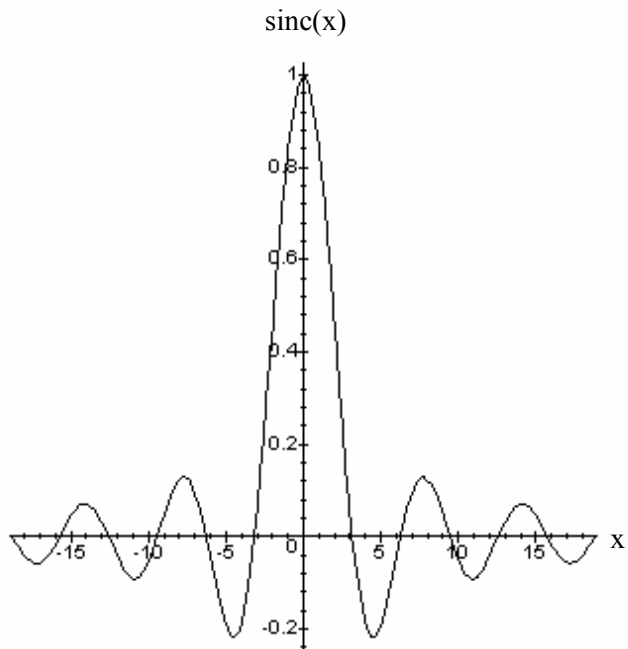


Figure 4

Tracer alors l'allure de la fonction $I(\delta)$ et montrer de quelle façon on peut repérer la position de la frange centrale. Conclure.

Deuxième partie
Mesure de la constante de la gravitation G ;
expérience de Cavendish (1731 – 1810)

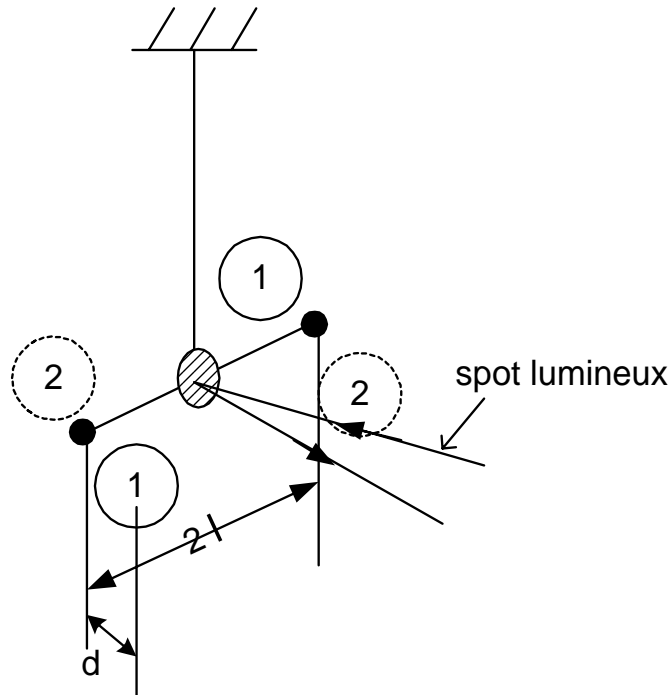


Figure 5

On suspend au bout d'un fil de torsion de constante de torsion C un fléau de longueur $2l$ portant sur chacune de ses extrémités une petite sphère de masse m . On approche de chacune des petites sphères une grosse sphère de masse M d'une part dans les positions 1 puis d'autre part dans les positions 2 comme indiqué sur la figure 5.

Les données numériques sont les suivantes :

- Constante de torsion du fil de suspension : $C = 5,0 \cdot 10^{-7} \text{ N.m.rad}^{-1}$
- Longueur du fléau $2l = 20 \text{ cm}$
- Masse d'une petite sphère : $m = 50 \text{ g}$
- Masse d'une grosse sphère : $M = 30 \text{ kg}$
- Distance entre le centre d'une grosse sphère et celui de la petite sphère la plus proche : $d = 15 \text{ cm}$

Pour chaque grosse sphère, on ne tiendra compte que de son action sur la petite sphère, la plus proche, portée par le fléau. Les deux droites, définies par les deux couples (1,2), sont prises orthogonales par rapport au fléau. La masse de ce dernier est négligeable devant la masse des petites sphères.

Lorsque l'on fait passer les grosses sphères de la position 1 à la position 2, le fléau tourne d'un angle 2θ . La mesure angulaire est réalisée par un miroir fixé sur le fléau. La mesure de la déviation du spot lumineux sur une échelle placée à une distance $b = 5,0 \text{ m}$ est égale à $a = 3,5 \text{ cm}$. L'angle θ étant très faible, on considère que $\cos \theta \approx 1$.

- 2.1.** Ecrire le bilan des moments (moments par rapport à l'axe portant le fil de suspension) des forces appliquées au système {fléau + petites masses}. Ecrire la condition d'équilibre du système dans la position 1 en fonction de C , G , m , M , d , l et de l'angle θ que fait le fléau par rapport à sa position initiale en l'absence des grosses sphères.
- 2.2.** Montrer que si le miroir tourne d'un angle 2θ alors le spot lumineux réfléchi par le miroir est dévié d'un angle 4θ .
- 2.3.** Exprimer θ en fonction de a et b .
- 2.4.** Dédurre de ces données les valeurs littérale et numérique de la constante de gravitation G . Quelle est la dimension de G ? Préciser alors son unité.

Troisième partie
Mesure des masses d'une étoile double

De nombreuses étoiles sont associées en couple (doublet). Les étoiles doubles occupent une place de choix dans l'astronomie d'observation, car elles offrent un moyen direct de mesurer des masses stellaires.

On se propose d'étudier dans cette partie un doublet dans un référentiel R supposé galiléen. Pour cela, on assimile les deux étoiles formant le doublet à deux points matériels M_1 et M_2 de masses respectives m_1 et m_2 . Chacun des deux éléments n'est soumis qu'à la force de gravitation exercée par l'autre. On note G le centre d'inertie des deux masses.

- 3.1.** Rappeler la définition du référentiel barycentrique R^* . Est-il en règle générale galiléen ? Est-il galiléen dans cette partie avec les hypothèses énoncées plus haut ? Justifier proprement.
- 3.2.** Lois de Kepler
- 3.2.1.** Enoncer sans les démontrer les trois lois de Kepler décrivant le mouvement des planètes autour du Soleil.
- 3.2.2.** Dans le cas d'une orbite circulaire, démontrer la troisième loi de Kepler reliant la période T au rayon a de l'orbite.
- 3.3.** Rappeler brièvement le principe et l'intérêt de la réduction canonique du problème à deux corps. On introduira un point P de masse $\mu = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$ tel que $\overline{GP} = \overline{M_1 M_2}$.
- 3.4.** Décrire le mouvement de P dans R^* .

3.5. Décrire le mouvement des deux étoiles M_1 et M_2 dans R^* . On fera un schéma (en prenant $m_1 = 3 m_2$, uniquement pour ce schéma). On précisera :

3.5.1. la période de révolution T de M_1 et M_2 autour de G en fonction de G , m_1 , m_2 et a où G est la constante universelle de gravitation et a le demi-grand axe de l'ellipse décrite par P dans R^* .

3.5.2. les demi-grands axes a_1 et a_2 des ellipses décrites respectivement par M_1 et M_2 en fonction de a , m_1 et m_2 .

3.6. Des mesures permettent de donner le rapport des demi-grands axes a_1 et a_2 , $\alpha = \frac{a_1}{a_2}$, les distances extrêmes entre les deux étoiles d_{\min} et d_{\max} et la période de révolution T du système. Déterminer les masses des deux étoiles en fonction de α , T , d_{\min} , d_{\max} et G .

3.7. Application numérique : deux étoiles Alpha et Bêta décrivent des orbites circulaires de rayons respectifs $r_1 = 1,00 \cdot 10^9$ km et $r_2 = 5,0 \cdot 10^8$ km avec une période orbitale $T = 44,5$ années. Déterminer les masses m_1 et m_2 de ces deux étoiles.

Quatrième partie
**Mesure de la charge élémentaire e ;
 expérience de Millikan (1868 – 1953)**

On considère deux plaques métalliques A et B horizontales, parallèles, distantes de $d=2,0$ cm entre lesquelles on peut appliquer une différence de potentiel $U = V_A - V_B > 0$. Dans l'espace limité par ces plaques règne une atmosphère gazeuse de masse volumique $\rho_0 = 1,3$ kg.m⁻³. On y pulvérise de la glycérine sous forme de gouttelettes sphériques de rayon r et de masse volumique $\rho = 1,25 \cdot 10^3$ kg.m⁻³. La force de frottement visqueux qui s'exerce sur une gouttelette de glycérine M est donnée par $\vec{F}_f = -6\pi\mu r \vec{v}$, où $\mu = 1,8 \cdot 10^{-5}$ USI est le coefficient de viscosité de l'air et \vec{v} le vecteur vitesse de M .

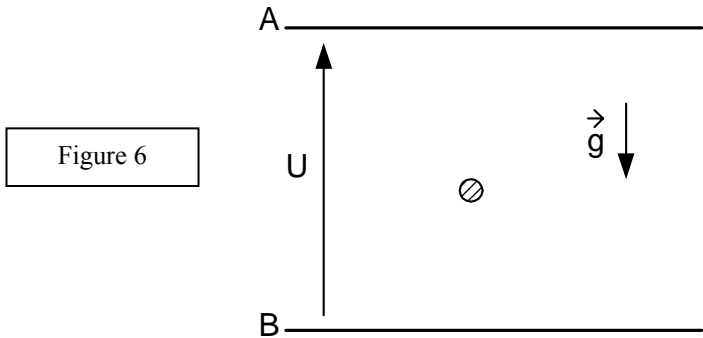


Figure 6

On prendra $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ pour l'accélération de la pesanteur.

Un faisceau de rayons X ionise l'atmosphère ce qui provoque des transferts de charges sur les gouttelettes de glycérine. Le mouvement de celles-ci est observé avec un microscope muni d'un micromètre.

4.1. Etablir le bilan des forces appliquées à une gouttelette de glycérine.

4.2. La tension U est tout d'abord nulle. Montrer que la vitesse des gouttelettes de glycérine tend vers une vitesse limite verticale v_0 que l'on exprimera en fonction de ρ , ρ_0 , r , g et μ .

4.3. On applique à présent une tension U_1 telle qu'un certain nombre de gouttelettes sont alors immobiles. En déduire la charge q_0 portée par celles-ci en fonction de μ , v_0 , U_1 , d , ρ , ρ_0 et g .

4.4. Une observation prolongée montre qu'une proportion non négligeable des gouttelettes a un mouvement vertical ascendant uniforme de vitesse v_1 . Interpréter et calculer la charge q_1 de chacune de ces gouttelettes en fonction de μ , v_0 , v_1 , U_1 , d , ρ , ρ_0 et g .

4.5. On mesure $v_0 = 4,91 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ et $v_1 = 4,90 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Calculer numériquement q_0 et q_1 sachant que $U_1 = 37\,440 \text{ V}$.

Millikan a pu calculer d'autres valeurs de la charge q des gouttelettes de glycérine par cette expérience. Quelle conclusion a-t-il pu tirer de ces mesures ?

Cinquième partie

Mesures de distances focales d'une lentille convergente

5.1. Préliminaires

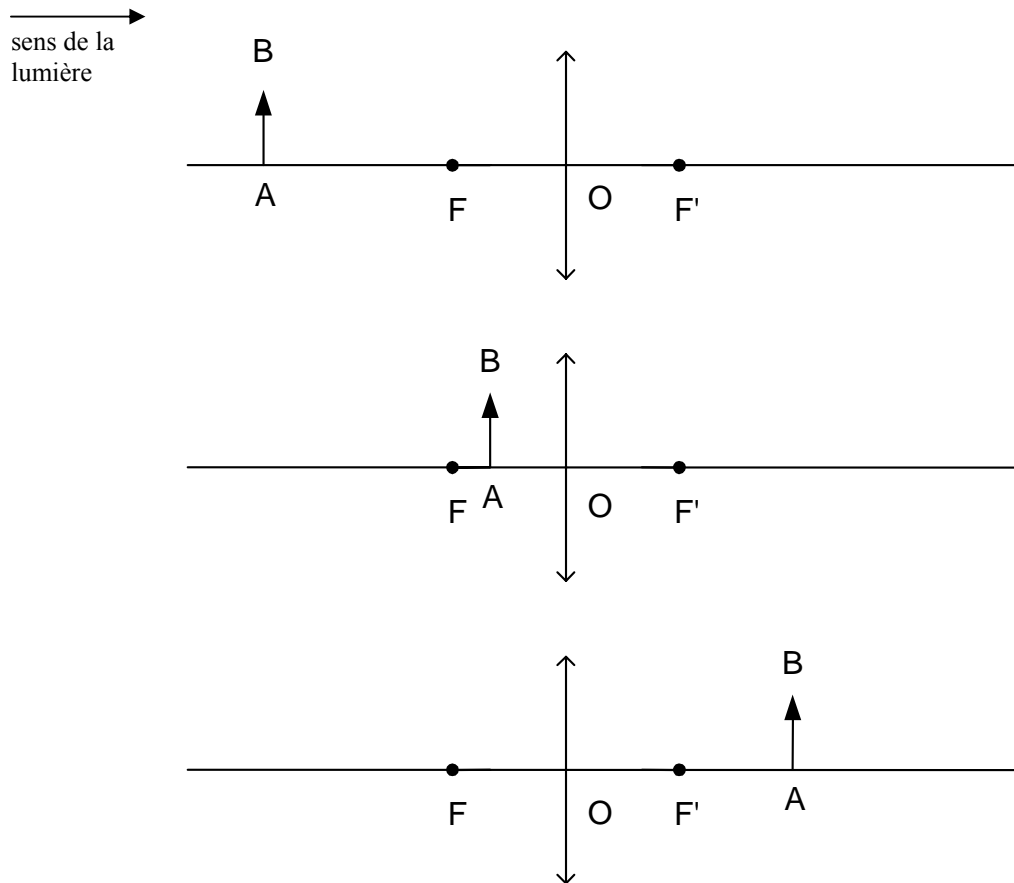
On considère une lentille L mince convergente, de distances focales objet f et image f' . On note O le centre de la lentille, F et F' les foyers respectivement objet et image. O , F et F' sont sur l'axe optique de L . On se place dans les conditions de Gauss.

5.1.1. Quelle est la relation qui lie $f = \overline{OF}$ et $f' = \overline{OF'}$ pour une lentille mince ?

5.1.2. Expliquer comment on construit l'image $A'B'$ d'un objet AB orthogonal à l'axe optique par la lentille L . Précisez les rayons lumineux utiles.

5.1.3. On place un objet AB sur un banc d'optique. La lumière va de la gauche vers la droite. Construire l'image $A'B'$ de AB par la lentille dans chacun des trois cas suivants. Le candidat complétera la feuille annexe qui reproduit ces schémas.

Cette feuille annexe devra être rendue avec la copie.



Donner la nature de l'objet et de l'image obtenue (réelle ou virtuelle) dans chaque cas.

Où se trouve l'image de AB si A est confondu avec le foyer objet F ?

5.1.4. Où se trouve l'image A'B' d'un objet réel AB donné par un miroir plan ? Quelle est sa nature ? Construire un schéma.

5.2. Mesures directes des distances focales f et f'

On dispose d'un banc d'optique gradué, d'un collimateur, d'une lunette de visée réglée à l'infini, de la lentille L dont on veut mesurer les distances focales objet f et image f' , et d'un écran.

5.2.1. Définir les foyers objet F et image F'.

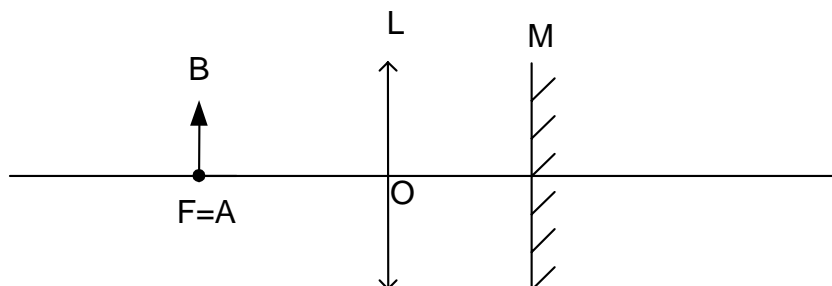
5.2.2. Qu'est-ce qu'un collimateur ? Comment le régler correctement ?

5.2.3. Proposer un montage permettant de mesurer f' . Préciser le mode opératoire.

5.2.4. Proposer un montage permettant de mesurer f . Préciser le mode opératoire.

5.3. Mesure de la distance focale f par autocollimation

5.3.1. Où se trouve l'image $A'B'$ de AB à travers la lentille L puis le miroir plan M puis la lentille L si A est confondu avec F sur la figure suivante ? Justifier à l'aide d'une construction claire à faire sur la feuille annexe.



5.3.2. Le résultat dépend-il de la distance entre la lentille et le miroir plan ? Justifier votre réponse.

5.3.3. Expliquer comment on peut mesurer la distance focale de la lentille L en séance de travaux pratiques avec des élèves ? (Matériel utilisé, mode opératoire)

5.4. Mesure de la distance focale image f' par la méthode de Bessel et Silbermann

A l'aide de la lentille L de centre O , située entre un objet réel A et un écran placé à une distance D de l'objet, on forme l'image A' de l'objet sur l'écran. On rappelle la formule de conjugaison des lentilles minces : $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'}$.

5.4.1. Montrer qu'il existe deux positions de L , repérées par O_1 et O_2 , distantes de $O_1O_2 = d$, qui permettent d'obtenir une image nette, à condition de choisir $D > 4f'$. Exprimer la distance focale f' de L en fonction de D et d (méthode de Bessel).

5.4.2. Etudier le cas particulier où les deux positions de L sont confondues (méthode de Silbermann). Présenter une construction géométrique.

5.4.3. Application numérique : $D = 1$ m et $d = 20$ cm. Calculer f' .
Les incertitudes sur D et d étant $\Delta D = 2$ mm et $\Delta d = 4$ cm, calculer l'incertitude $\Delta f'$ sur f' .

On rappelle que la différentielle d'une fonction $f(x,y)$ est $df = \frac{\partial f}{\partial x} dx + \frac{\partial f}{\partial y} dy$.

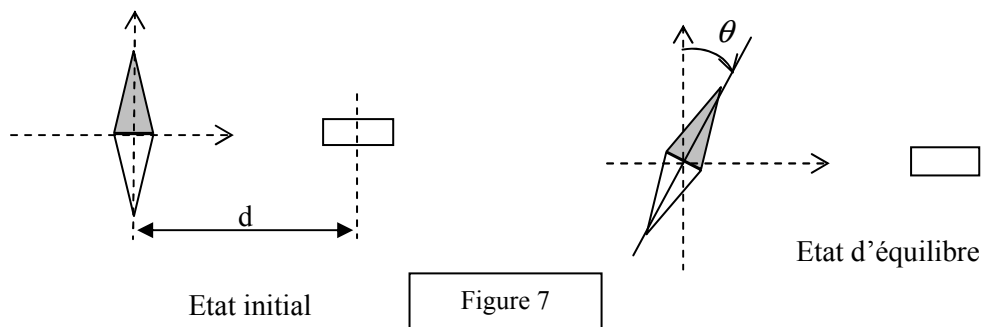
5.4.4. Comment peut-on utiliser cette méthode pour calculer la distance focale $f' < 0$ d'une lentille divergente sachant que l'on dispose d'un jeu de lentilles convergentes étalonnées ?

Sixième partie
Mesure de champs magnétiques

6.1. Mesure de la composante horizontale du champ magnétique terrestre

On se propose d'étudier le principe d'une mesure simple, réalisable en classe.

6.1.1. Première expérience : On place un aimant droit fixe à une distance d d'une boussole, perpendiculairement à la direction Nord-Sud que prend l'aiguille aimantée au repos en l'absence d'aimant.



On constate que la direction de la boussole varie alors d'un angle θ .

On assimile l'aimant à un dipôle de moment magnétique \vec{M} . On rappelle que le champ magnétique créé en un point P tel que $\vec{OP} = \vec{r} = r \vec{u}_r$ par un tel dipôle, centré en O, vaut :

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{3(\vec{M} \cdot \vec{u}_r) \vec{u}_r - \vec{M}}{r^3} \text{ avec } \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ USI.}$$

Déterminer la relation entre l'angle d'équilibre θ , la valeur de la composante horizontale du champ magnétique terrestre B_H et les paramètres du problème.

6.1.2. Deuxième expérience : On enlève la boussole, et on suspend l'aimant en son centre par l'intermédiaire d'un fil vertical à un point fixe O du référentiel d'étude, supposé galiléen. On note J le moment d'inertie de l'aimant par rapport à Oz, axe vertical.

On constate qu'il oscille autour de sa position moyenne d'équilibre avec une période T. Expliquer cette observation, et déterminer la relation entre T, B_H et les paramètres du problème en explicitant les approximations que l'on est amené à introduire.

6.1.3. Application numérique : les élèves ont mesuré $\theta = 10,0^\circ$, $d = 71,7 \text{ cm}$, $T = 5,9 \text{ s}$. Le professeur leur a fourni $J = 1,43 \cdot 10^{-4} \text{ USI}$.

Donner l'unité de J et expliquer succinctement quelles mesures le professeur est amené à faire pour déterminer J (on demande ici une réponse qualitative, sans calculs). En déduire la valeur de B_H au lieu considéré.

6.2. Sonde à effet Hall

Soit une plaquette conductrice de longueur L selon Oy , de largeur a selon Ox et d'épaisseur b selon Oz . Elle est traversée par un courant d'intensité I , et placée dans un champ \vec{B} uniforme perpendiculaire à sa plus grande face.

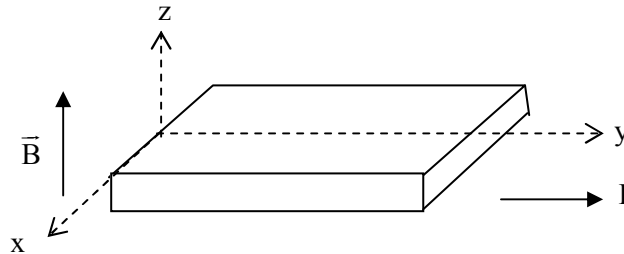


Figure 8

On note n la densité volumique des électrons mobiles, $-e$ leur charge et m leur masse.

- 6.2.1.** Montrer qu'en régime permanent, il apparaît un champ électrique \vec{E}_H que l'on exprimera vectoriellement et dont on donnera la direction, le sens et l'intensité en fonction des données. Faire le schéma correspondant.
- 6.2.2.** Montrer qu'il apparaît une différence de potentiel U_H , dite tension de Hall, aux bornes de deux faces que l'on précisera. Montrer que l'on peut mettre cette tension sous la forme : $U_H = R_H \frac{IB}{b}$, et exprimer la constante de Hall R_H en fonction des données. Préciser son unité. Expliquer comment cette sonde peut être utilisée pour la mesure de l'intensité des champs magnétiques.
- 6.2.3.** Application numérique : la densité volumique des électrons mobiles pour le cuivre est égale à $n \approx 7.10^{28} \text{ m}^{-3}$; pour un semi conducteur donné, elle vaut $n \approx 8.10^{21} \text{ m}^{-3}$. Calculer R_H dans ces deux cas, ainsi que la tension de Hall pour une plaquette mince ($b \approx 0,1 \text{ mm}$) parcourue par un courant de 1 A , placée dans un champ $B = 0,5 \text{ T}$. Commenter.
- 6.2.4.** En réalité, pour expliquer le fait que la vitesse des porteurs de charge reste constante en régime permanent, il est nécessaire d'introduire une force dissipative qui modélise l'interaction réseau-porteur de charge par une force de frottement $-m/\tau \vec{v}$, où τ est le temps de relaxation, et \vec{v} la vitesse des porteurs de charge. Montrer que dans le matériau conducteur placé dans le champ \vec{B} permanent, il apparaît en régime permanent un champ \vec{E} de la forme :

$$\vec{E} = \frac{\vec{j}}{\gamma} + R_H \vec{j} \wedge \vec{B} \quad , \quad \text{où } \vec{j} \text{ est le vecteur densité de courant.}$$

Exprimer la conductivité γ en fonction des données. En déduire que les lignes de courant ne sont pas exactement parallèles aux lignes de champ électrique, et exprimer l'angle qu'elles font entre elles.

Application numérique : calculer cet angle pour les deux cas précédents avec $\gamma = 6.10^7 \text{ S/m}$ pour le cuivre, et $\gamma \approx 1 \text{ S/m}$ pour le semi conducteur, sachant que $B = 0,5 \text{ T}$. Commenter.

Septième partie
Mesures de vitesse par effet Doppler

L'effet Doppler reflète l'existence d'une différence entre la fréquence de l'onde émise par une source S et la fréquence perçue par un récepteur R lorsque S et R sont en mouvement relatif.

On se place dans le référentiel dans lequel le milieu de propagation n'a pas de mouvement d'ensemble. Une source ultrasonore S émet un signal sous forme d'impulsions brèves, à intervalles réguliers T (période d'émission de la source). Pour simplifier, on suppose que S et R se déplacent le long d'un axe fixe, noté Ox, avec des vitesses respectives algébriques V_S et V_R selon cet axe. On note c la vitesse de propagation du signal dans ce référentiel.

7.1. Déterminer la durée T_R qui sépare la réception par R de deux impulsions successives. En déduire l'expression de la fréquence ν_R du signal reçu par R en fonction de la fréquence d'émission ν_S . On suppose R immobile : préciser si ν_R est plus grande ou plus petite que ν_S lorsque la source s'éloigne ou s'approche du récepteur. Commenter.

7.2. Un signal de fréquence ν est émis par la source S immobile et reçu par le récepteur R animé d'une vitesse algébrique v. R réfléchit le signal reçu et se comporte à cet instant comme une source émettant à la fréquence ν_R . Le dispositif S bascule alors en mode récepteur et reçoit un signal de fréquence ν' .

7.2.1. Donner l'expression de ν' en fonction de ν_R , c et v.

7.2.2. En déduire l'expression de ν' en fonction de ν , c et v. Que devient cette expression dans le cas usuel $|v| \ll c$? Exprimer, dans le cadre de cette approximation, l'écart de fréquence $\delta \nu = \nu' - \nu$.

7.2.3. Application : l'effet Doppler est couramment utilisé en médecine, par exemple pour mesurer la vitesse moyenne des écoulements sanguins dans les veines et artères du corps humain. Une sonde ultrasonore émet des signaux de fréquence $\nu = 4$ MHz. Les cibles mobiles que sont les globules rouges réfléchissent cette onde ultrasonore qui est à nouveau perçue par le capteur. On mesure $\delta \nu = 530$ Hz. Déterminer la vitesse d'écoulement du sang, sachant que $c = 1\,500$ m/s.

7.2.4. On souhaite obtenir une précision absolue sur la mesure de v de 0,01 m/s. Une mesure directe de ν' vous semble-t-elle possible ? Justifier votre réponse en argumentant sur la précision relative nécessaire de cette mesure.

7.3. Mesure directe de l'écart de fréquence par détection synchrone.

Par des méthodes non indiquées ici, les signaux ultrasonores sont convertis en signaux électriques de même fréquence, sur lesquels on travaille désormais.

Un oscillateur de référence fournit un signal synchrone du signal d'émission $u(t) = U_0 \cos(2\pi \nu t)$.

Le signal réfléchi par la cible mobile est $u_R(t) = U_R \cos(2\pi \nu' t)$.

Ces deux signaux sont appliqués à l'entrée d'un multiplieur de constante k :

$$u_1 = k u u_R.$$

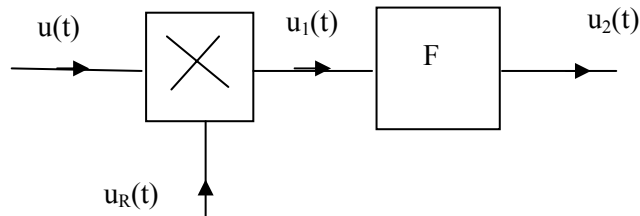


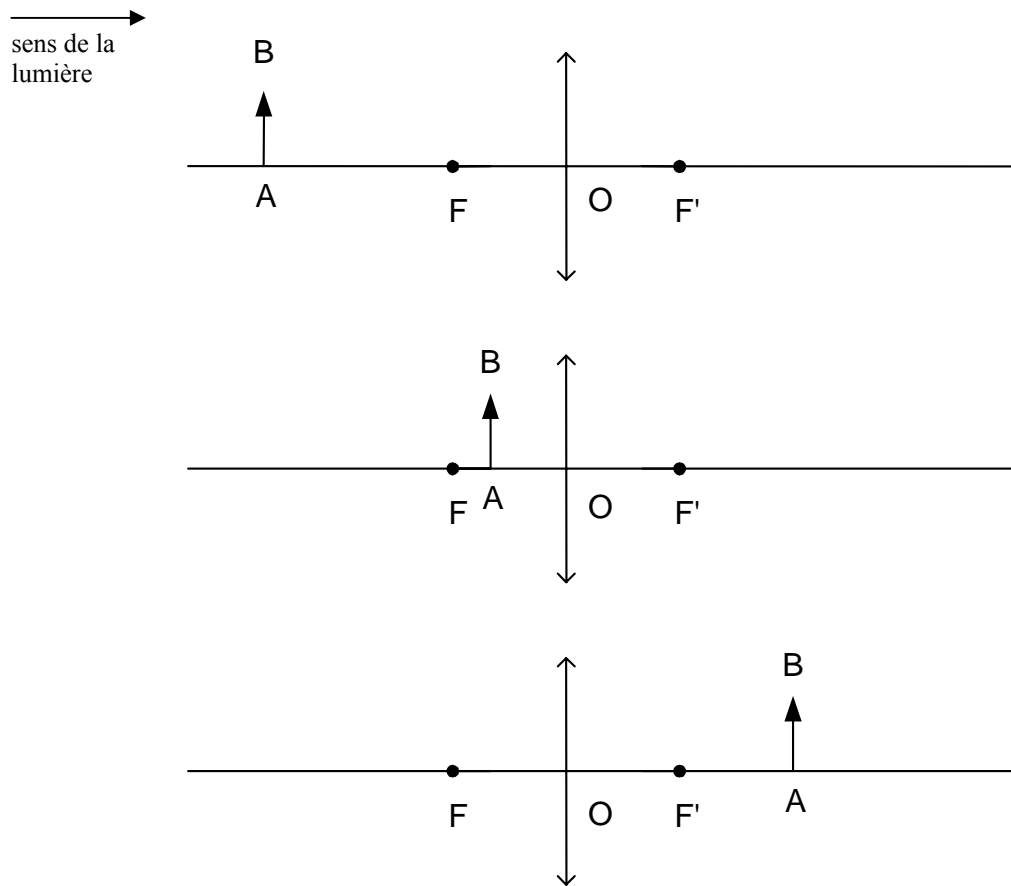
Figure 9

7.3.1. Donner le spectre du signal $u_1(t)$.

7.3.2. Ce signal est envoyé sur un filtre électrique. Déterminer la nature de ce filtre pour que l'on récupère en sortie un signal permettant la mesure de $\delta \nu$. Proposer un schéma simple de ce filtre en précisant les conditions de son bon fonctionnement.

Feuille annexe à rendre avec la copie

5.1.3. Construire l'image A'B' de AB dans les trois cas suivants :



5.3.1. Construire les images successives de AB par la lentille puis le miroir puis la lentille.

