

SESSION DE 2005

**concours externe
de recrutement de professeurs certifiés
et concours d'accès à des listes d'aptitude (CAFEP)**

section : physique et chimie

composition de physique avec applications

Durée : 5 heures

Calculatrice électronique de poche - y compris calculatrice programmable, alphanumérique ou à écran graphique - à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.

L'usage de tout ouvrage de référence et de tout document est interdit.

Les candidats doivent reporter sur leur copie, devant leurs réponses, la numération complète (chiffres et lettres) des questions de l'énoncé.

Si, au cours de l'épreuve, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signale dans sa copie et poursuit sa composition en indiquant la raison des initiatives qu'il est amené à prendre de ce fait.

Tournez la page S.V.P.

B Etude expérimentale d'oscillations mécaniques

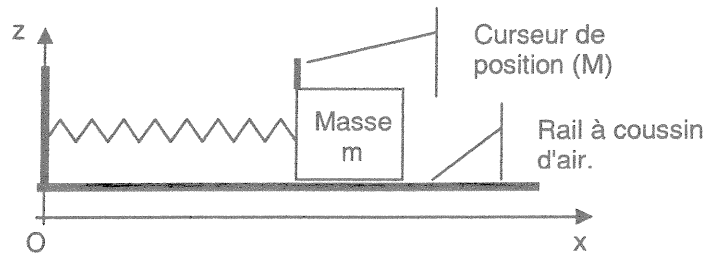
B.I Quelques généralités

- B.I.1. Définissez successivement les termes : référentiel, repère, base de projection.
- B.I.2. Qu'est-ce qu'un référentiel galiléen ?
- B.I.3.a. Qu'appelle-t-on référentiel terrestre local ? Est-il galiléen ?
- B.I.3.b. Pourquoi l'accélération de la pesanteur \vec{g} varie-t-elle au niveau du sol entre les pôles et l'équateur ? Où est-elle la plus grande ?
- B.I.4. Qu'appelle-t-on un oscillateur ? Donner quelques exemples.
- B.I.5. Proposer un protocole expérimental permettant de mesurer la constante de raideur d'un ressort.

On réalise expérimentalement le dispositif suivant : un objet de masse m est attaché à un ressort de constante de raideur k et de longueur à vide L_0 et posé sur un rail horizontal. Un dispositif expérimental permet de relever la position M de l'objet en fonction du temps.

On notera $\vec{OM} = x \cdot \vec{u}_x$ et on notera X la position de l'objet par rapport à sa position d'équilibre.

On se placera dans le référentiel terrestre local supposé galiléen.



Données numériques: $k = 10 \text{ N.m}^{-1}$; $m = 100 \text{ g}$; $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$

B.II Oscillations idéales (sans frottements)

La masse m est posée sur un rail à coussin d'air horizontal (en fonctionnement). On supposera donc qu'il n'y a pas de pertes par frottements entre le rail et l'objet.

B.II.1. Étude expérimentale.

À l'aide du dispositif expérimental et d'un tableur, un enseignant trace la courbe en annexe : **Oscillations 1**

- B.II.1.a. De quel type de mouvement s'agit-il ?
- B.II.1.b. Quelles ont été les conditions initiales ?
- B.II.1.c. Déterminer la période du mouvement.

B.II.2. Étude théorique.

On suppose que l'objet a été écarté de sa position d'équilibre d'une distance X_0 et lâché sans vitesse initiale.

B.II.2.a. Étude dynamique.

- B.II.2.a.1. Faire un bilan des forces et en déduire l'équation différentielle dont $X(t)$ est solution.
- B.II.2.a.2. Calculer $X(t)$. On notera ω_0 la pulsation propre de ce système.

B.II.2.a.3. Calculer la période d'oscillation T et comparer à la valeur expérimentale du **B.II.1.c**

B.II.2.b. Étude énergétique.

B.II.2.b.1. Définir l'énergie potentielle associée à une force \vec{F} . On précisera les conditions d'existence de cette grandeur.

B.II.2.b.2. Quelle serait l'énergie potentielle associée à une force $\vec{F}_r = -k(x - L_0)\vec{u}_x$? On précisera le choix de l'origine pour cette énergie.

B.II.2.b.3. Énoncer le théorème de l'énergie mécanique.

B.II.2.b.4. Retrouver l'équation différentielle du mouvement en utilisant le théorème de l'énergie mécanique.

B.II.3 Premier élève

Au cours de la séance de T.P un élève recueille la courbe en annexe : **Oscillations 2** .
Expliquer ce qu'a fait l'élève.

B.III Deuxième élève ; oscillations amorties

L'objet de masse m est toujours posé sur un rail à coussin d'air horizontal.

Un des élèves s'est amusé à mettre une "voile" sur l'objet. Il apporte alors à son professeur la courbe $X(t)$ en annexe: **Oscillations 3**

B.III.1. Etude expérimentale.

B.III.1.a. De quel type de mouvement s'agit-il ?

B.III.1.b. Quelles ont été les conditions initiales ?

B.III.1.c. Ce mouvement est-il périodique ? Donner l'équation de l'enveloppe : courbe qui rejoint les maxima.

B.III.1.d. À l'aide du graphique et des données numériques du B.I., évaluer l'énergie qui a été dissipée au cours de la première oscillation.

B.III.2. Étude théorique.

On suppose que l'objet a été écarté de sa position d'équilibre d'une distance X_0 et lâché sans vitesse initiale.

On modélise la force due à la "voile" par une force de frottement "fluide" : $\vec{F}_{flu} = -a\vec{v}$, avec \vec{v} vecteur vitesse ($\vec{v} = \dot{x}.\vec{u}_x$).

B.III.2.a. Étude dynamique.

B.III.2.a.1. Faire un bilan des forces et en déduire l'équation différentielle dont $X(t)$ est solution.

On mettra cette équation sous la forme : $\ddot{X} + 2\xi\omega_0\dot{X} + \omega_0^2X = 0$; ξ et ω_0 sont des constantes à déterminer en fonction de a , k et m .

B.III.2.a.2. Montrer que $X(t) = X_0.e^{-\xi\omega_0 t}.\cos(\Omega t)$ dans le cas où $\xi < 1$, avec Ω à déterminer en fonction de a , k et m .

B.III.2.a.3. Comment appelle-t-on Ω ? Que deviendrait le mouvement si $\xi > 1$?

B.III.2.a.4. À l'aide du graphique et des données numériques du **B.I**, calculer ξ et en déduire la valeur du coefficient de frottement a .

B.III.2.b. Etude énergétique.

On veut évaluer le travail de la force $\vec{F}_{flu} = -a\vec{v}$ pour en déduire la valeur du coefficient de frottement a .

On suppose que pendant la première pseudo-période T : $X(t) \approx X_0.\cos(\omega_0 t)$.

B.III.2.b.1. Exprimer la puissance instantanée reçue par l'objet de la part de \vec{F}_{flu} .

Tournez la page S.V.P.

B.III.2.b.2. Que vaut alors son travail entre $t = 0$ et $t = T$?

B.III.2.b.3. En utilisant la valeur de l'énergie dissipée trouvée au **B.III.1.d**, retrouver la valeur de a .
La comparer à celle trouvée au **B.III.2.a.4**.

B.IV Troisième élève

La masse m est toujours posée sur un rail à coussin d'air horizontal.

Un des élèves apporte alors la courbe $X(t)$ en annexe : **oscillations 4**.

Devant l'air étonné du professeur, il avoue qu'il n'a pas mis la soufflerie en marche.

B.IV.1. Etude expérimentale.

B.IV.1.a. De quel type de mouvement s'agit-il, et quelles ont été les conditions initiales ?

B.IV.1.b. La dissipation d'énergie est-elle due à une force de frottement "fluide" ?

B.IV.1.c. A l'aide du graphique et des données numériques du **B.I.**, évaluer l'énergie qui a été dissipée au cours de la première $\frac{1}{2}$ oscillation (de $t = 0$ à $t = t_1$ avec t_1 instant correspondant au premier minimum de X).

B.IV.2. Etude théorique.

On suppose que l'objet a été écarté de sa position d'équilibre d'une distance X_0 et lâché sans vitesse initiale.

On note $\vec{R} = R_T \cdot \vec{u}_x + R_N \cdot \vec{u}_z$ la réaction du support, dont on suppose qu'elle vérifie les lois de Coulomb du frottement solide. On confondra les coefficients de frottement statique et dynamique, on notera alors f le coefficient de frottement.

B.IV.2.a. Énoncer les lois de Coulomb du frottement solide.

B.IV.2.b. Lorsque le solide est arrêté, la position expérimentale du point M est donnée par $X(t \rightarrow \infty) = 0,8$ cm.

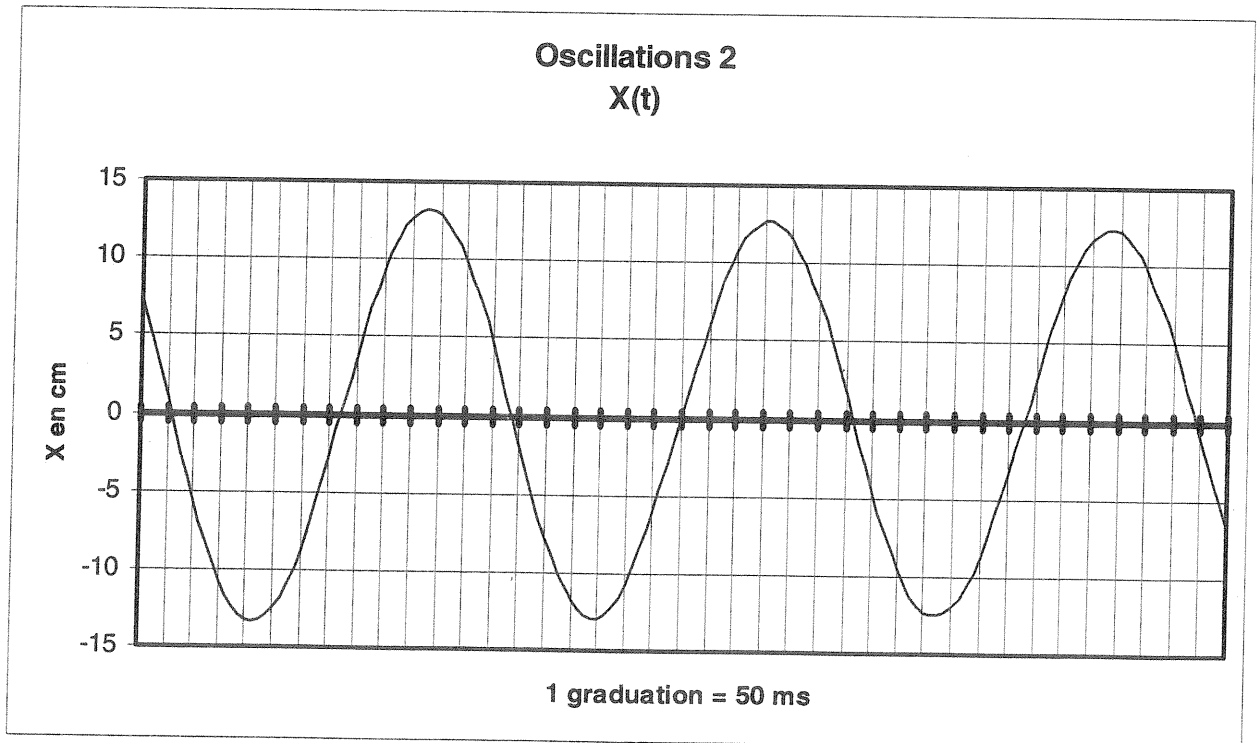
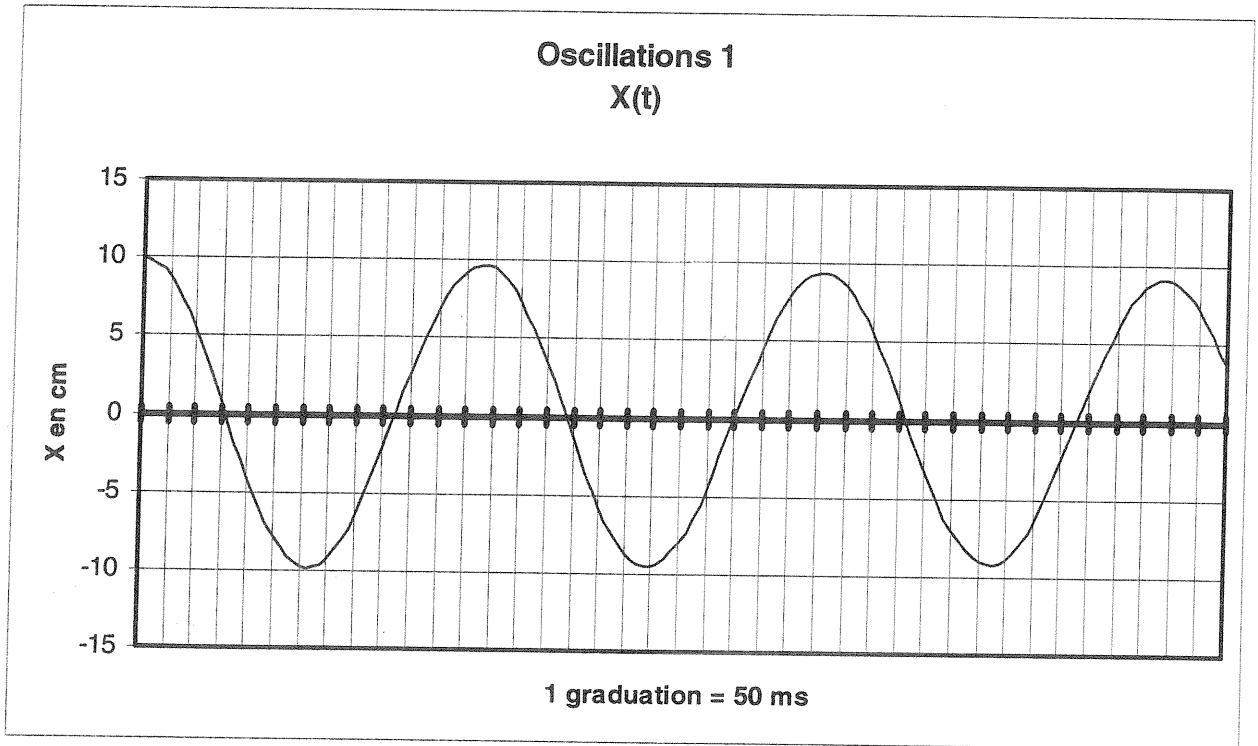
En déduire la valeur de la réaction tangentielle lorsque le solide est à l'arrêt.

B.IV.2.c. Représenter les forces qui s'exercent sur l'objet pendant le mouvement de t à t_1 .

B.IV.2.d. Calculer littéralement le travail de la réaction \vec{R} en fonction de $X(0)$ et $X(t_1)$

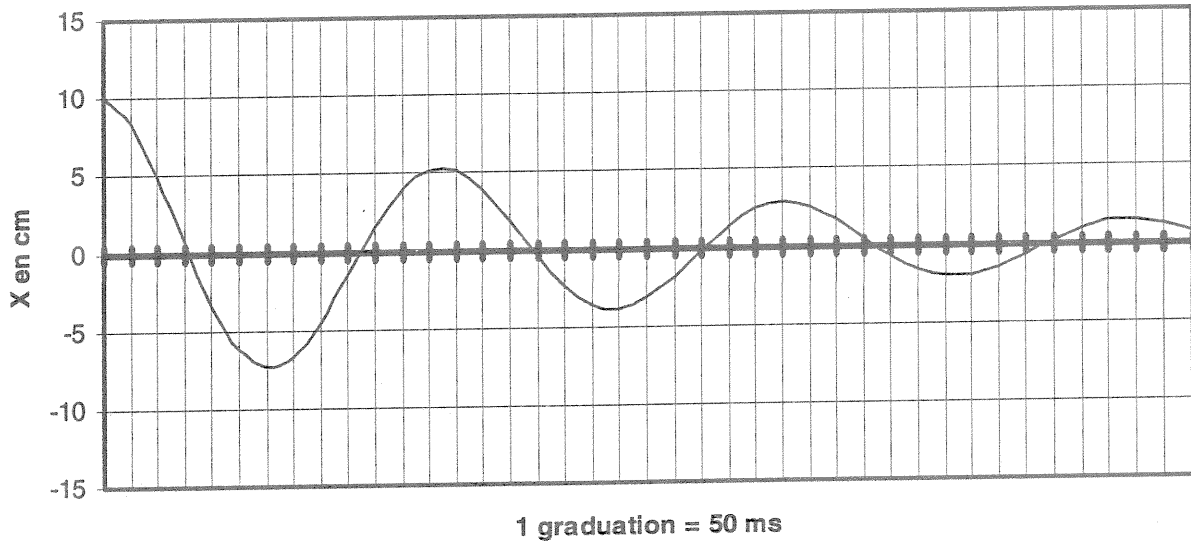
B.IV.2.e. En utilisant la valeur de l'énergie dissipée trouvée au **B.IV.1.c**, trouver la valeur de f .

Annexe Oscillations mécaniques: Courbes expérimentales.

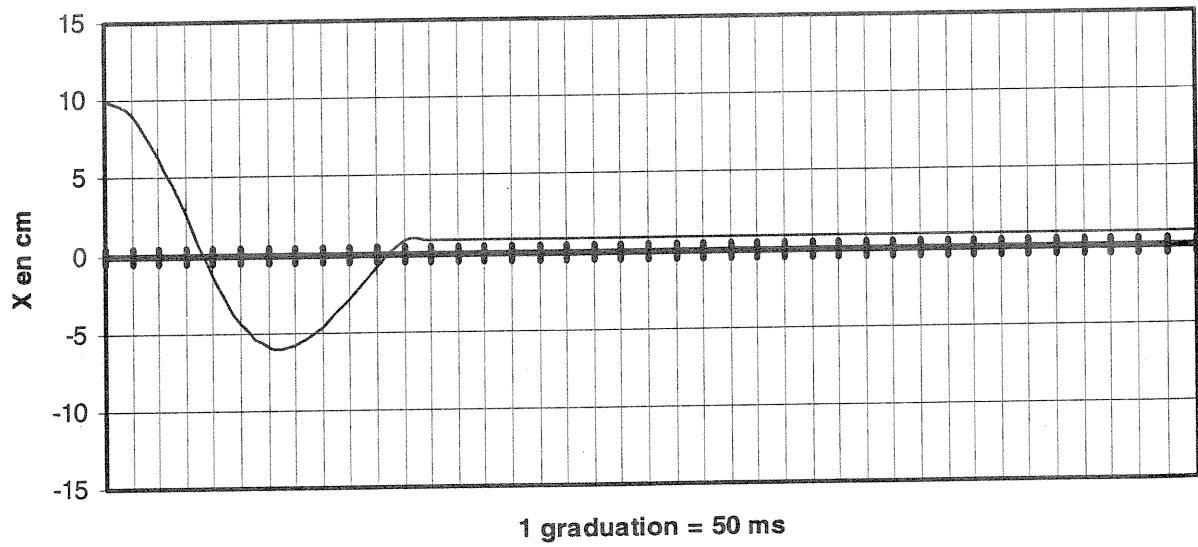


Tournez la page S.V.P.

Oscillations 3 $X(t)$



Oscillations 4 $X(t)$



C : Modélisation d'un microscope

"Là où finit le télescope, le microscope commence.
Lequel des deux a la vue la plus grande? "

VICTOR HUGO

Le plus simple des microscopes visuels est constitué de deux lentilles convergentes considérées comme minces. La première, l'objectif, devra donner de l'objet une image agrandie. La seconde, l'oculaire, rendra cette image observable à l'œil.

Dans toute cette partie on notera L les lentilles minces, O la position de leur centre optique, F celle du foyer objet et F' du foyer image.

On notera \overline{AB} les objets, A étant leur position sur l'axe optique et \overline{AB} leur "taille" algébrique. Ces objets seront considérés comme plans et perpendiculaires à l'axe optique.

C.I Optique géométrique. Généralités.

C.I.1. Rayon lumineux.

C.I.1.a. Qu'appelle-t-on rayon lumineux ? Quels liens y-a-t-il entre une onde électromagnétique et le rayon lumineux qui lui est associé ?

C.I.1.b. Citer et décrire un phénomène qui ne s'explique que par la théorie ondulatoire de la lumière.

C.I.1.c. Citer et décrire un phénomène qui ne s'explique que par la théorie corpusculaire de la lumière.

C.I.2. Systèmes optiques.

C.I.2.a. Qu'appelle-t-on stigmatisme ? Est-il rigoureux dans les systèmes optiques usuels ?

C.I.2.b. Définir ce qu'est un objet, une image au sens de l'optique géométrique.

C.I.2.c. Qu'appelle-t-on aplanétisme ?

C.I.2.d. Qu'appelle-t-on foyer image d'un système optique ? Comment peut-on le déterminer expérimentalement de façon très simple ?

C.I.3. Les lentilles minces.

C.I.3.a. Qu'est-ce qu'une lentille ? Qu'appelle-t-on lentille mince ?

C.I.3.b. Comment peut-on distinguer une lentille convergente d'une lentille divergente ?

C.I.3.c. Dans le cas des lentilles minces, définir la notion d'image ponctuelle et d'objet ponctuel.

C.I.3.d. On observe à l'aide d'un système optique un objet \overline{AB} très lointain. D'où proviennent les rayons que l'on trace parallèles à l'axe optique ?

C.I.3.e. Rappeler les formules de conjugaison de Descartes et de Newton.

C.II Modélisation d'un microscope.

C.II.1. L'objectif

L'objectif sera réalisé avec une lentille convergente L_1 , placée en O_1 , de distance focale $f'_1 = \overline{O_1F'_1}$.

On prendra, *graphiquement*, $f'_1 = \overline{O_1F'_1} = 1$ cm, $\overline{O_1A} = -1,5$ cm, $\overline{AB} = a = 0,5$ cm.

C.II.1.a. Construire $\overline{A_1B_1}$, l'image de \overline{AB} à travers L_1 .

C.II.1.b. Grandissement.

Définir puis calculer le grandissement γ_1 de cette lentille en fonction de f'_1 et $p_1 = \overline{O_1A}$.

C.II.1.c. Agrandissement.

Où doit-on placer un objet \overline{AB} pour que son image $\overline{A_1B_1}$ à travers L_1 soit réelle et agrandie ?

C.II.2. L'oculaire.

C.II.2.a. Peut-on observer une image réelle directement à l'œil nu ?

Tournez la page S.V.P.

C.II.2.b. Où faut-il placer l'oculaire L_2 pour que l'œil puisse observer l'image $\overline{A'B'}$ de $\overline{A_1B_1}$ à travers L_2 sans accommodation ?

C.II.2.c. On place l'oculaire L_2 à l'endroit déterminé au II.2.b. ; de plus on prendra, graphiquement $f_2' = 4 \text{ cm}$. Peut-on dessiner l'image $\overline{A'B'}$ de $\overline{A_1B_1}$?

C.II.2.d. Représenter l'angle α' sous lequel on voit $\overline{A'B'}$ et exprimer cet angle en fonction de γ_1 , a et f_2' .

C.II.3. Doublet de lentilles minces.

On appelle doublet de lentilles minces, une association de deux lentilles L_1 et L_2 .

On caractérise ce doublet par f_1' et f_2' , les distances focales, et par l'écartement $\Delta = \overline{F_1'F_2'}$.

C.II.3.a. Dans le cas général, donner les positions des foyers F et F' du doublet en fonction de O_1 , O_2 , f_1 , f_2 et Δ , si nécessaire.

C.II.3.b. Vérifier graphiquement ces positions dans le cas du microscope dessiné au **C.II.2.c.**

C.III Caractéristiques d'un microscope.

C.III.1 Grossissement commercial d'un instrument optique.

On rappelle que le grossissement commercial d'un instrument optique est $G_c = \frac{\alpha'}{\alpha_{\text{réf}}}$

avec $\alpha_{\text{réf}}$ l'angle sous lequel un observateur verrait \overline{AB} à une distance *conventionnelle* d_{pp} telle que $d_{\text{pp}} = 250 \text{ mm}$, et α' l'angle sous lequel on voit l'image dans l'instrument optique.

C.III.1.a. Oculaire

En s'aidant du dessin, calculer le grossissement commercial de l'oculaire G_{c2} d'un microscope en fonction de f_2' et d_{pp} .

C.III.1.b. Microscope.

Exprimer le grossissement du microscope en fonction de G_{c2} et γ_1

C.III.1.c. Puissance du microscope.

On rappelle que la puissance commerciale P d'un instrument d'optique est définie par $P = \alpha' / \overline{AB}$. Avec les notations définies au début du **C.III.1.**

Calculer celle d'un microscope en fonction de γ_1 et f_2' . On précisera son unité.

C.III.2. Notion de profondeur de champ.

L'œil normal peut voir entre le Punctum Proximum PP situé à une distance $d_{\text{pp}} = 25 \text{ cm}$ de l'œil, et le Punctum Remotum PR situé à une distance infinie d_{PR} .

C.III.2.a. Le microscope étant réglé pour regarder sans accommodation l'objet A tel que $\overline{O_1A} = -1,5 \text{ cm}$, donner l'ensemble des points A_1 que peut voir l'œil lorsqu'il est placé au niveau du cercle oculaire.

C.III.2.b. Quel est alors l'ensemble des points objets situés sur l'axe que l'œil pourra voir ?

C.IV Observer au microscope.

C.IV.1. Schéma de principe d'un microscope (ci-dessous)

C.IV.1.a. À partir de la coupe théorique d'un microscope, expliquer le rôle de chacun des éléments.

C.IV.1.b. Quelles différences y a-t-il entre le modèle simplifié et la coupe théorique ?

Essayer de les justifier.

C.IV.1.c. Dans de nombreux instruments d'optique, dont le microscope, on voit un réticule. Quelle est la fonction de ce réticule ?

C.IV.1.d. Dans le cas d'un microscope, on dispose de plusieurs oculaires formés de doublets ; où doit-on placer le réticule pour qu'il soit observable sans fatigue à l'œil nu ?

C.IV.2. Observation au microscope

C.IV.2.a. Proposer un protocole expérimental pour observer un objet au microscope.

C.IV.2.b On dispose d'un réticule étalonné sur une plaque. Proposer une méthode pour mesurer la taille d'un objet microscopique, un cheveu par exemple. Peut-on en déduire le grossissement du microscope ?

