

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2007

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 8.

L'usage des calculatrices N'EST PAS autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Les données sont en italique.

Ce sujet comporte deux exercices de PHYSIQUE et un exercice de CHIMIE présentés sur 9 pages numérotées de 1 à 9, y compris celle-ci.

Les feuilles annexes (pages 7 à 9) **SONT À RENDRE AVEC LA COPIE.**

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres :

- I. Des esters dans nos cosmétiques (6,5 points)
- II. Étude d'un système solide-ressort (5,5 points)
- III. Modélisation d'un microscope (4 points)

EXERCICE I. DES ESTERS DANS NOS COSMÉTIQUES (6,5 points)

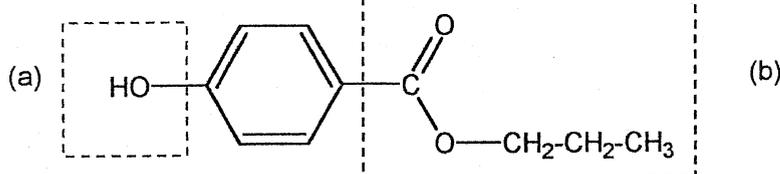
Les cosmétiques sont des produits d'hygiène et d'embellissement du corps humain. Ils sont de plus en plus nombreux dans nos salles de bain. On classe dans les cosmétiques, les produits de soin, de maquillage, de rasage, les produits capillaires, solaires, les parfums... Un cosmétique contient plusieurs ingrédients dont un ou plusieurs principes actifs, un excipient et des additifs. L'emballage d'un produit cosmétique doit comporter la liste complète de ses ingrédients.

Dans cet exercice, on se propose d'étudier quelques composants des produits cosmétiques.

1. Les parabènes.

Les parabènes (paraben en anglais) sont des conservateurs utilisés dans l'industrie cosmétique pour empêcher la prolifération des bactéries et des champignons. On les trouve dans bon nombre de produits de beauté : shampoings, gels douches, crèmes hydratantes... Les parabènes les plus courants sont : le méthylparaben, l'éthylparaben, le propylparaben et le butylparaben.

La formule semi-développée du propylparaben ou parahydroxybenzoate de propyle est :



1.1. Nommer les groupes caractéristiques (a) et (b) encadrés dans cette molécule.

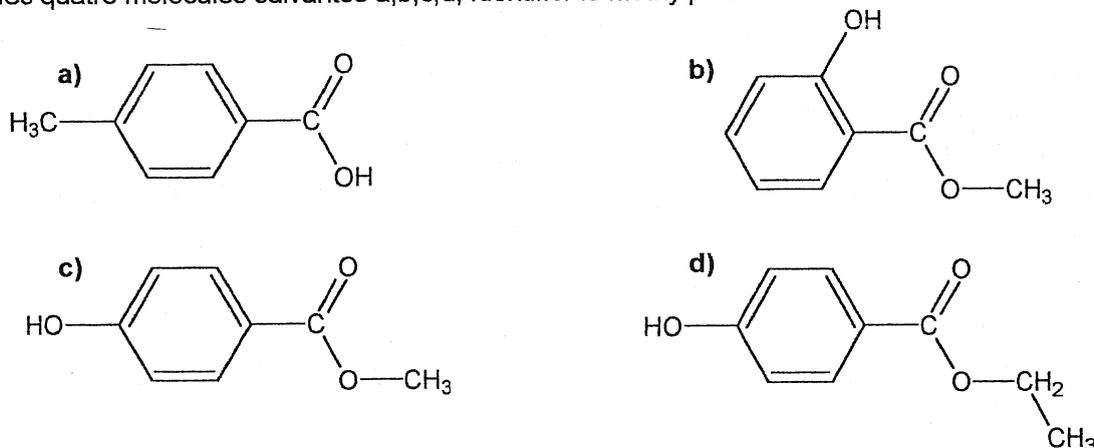
Le propylparaben peut être synthétisé à partir de deux réactifs, le réactif n°1 et le réactif n°2.

1.2. Le réactif n°1 est l'acide para-hydroxybenzoïque.

Écrire sa formule semi-développée.

1.3. Quel est le nom du réactif n°2 ? Écrire sa formule semi-développée.

1.4. Parmi les quatre molécules suivantes a,b,c,d, identifier le méthylparaben.



2. Préparation d'un ester utilisé en parfumerie.

Un professeur décide de faire synthétiser à ses élèves de terminale un ester utilisé en parfumerie. Chaque binôme dispose d'un flacon A contenant un acide carboxylique noté R-COOH et d'un flacon B portant l'étiquette alcool benzylique : C₆H₅-CH₂-OH. Le professeur indique que l'acide carboxylique utilisé est soit l'acide méthanoïque, soit l'acide éthanoïque, soit l'acide propanoïque.

2.1. Recherche de l'acide carboxylique utilisé

Chaque binôme dispose d'une solution S obtenue en dissolvant une masse $m = 0,90$ g d'acide carboxylique A dans une fiole jaugée de 1000 mL. Les élèves placent dans un becher un volume $V_A = 10,0$ mL de solution S. Ils placent dans une burette graduée une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium (Na⁺(aq) + HO⁻(aq)) de concentration molaire en soluté apporté $C_B = 1,0 \times 10^{-2}$ mol.L⁻¹ et ils réalisent un dosage pH-métrique. La courbe obtenue figure en ANNEXE, PAGE 7, À RENDRE AVEC LA COPIE.

2.1.1. Écrire l'équation de la réaction support du dosage.

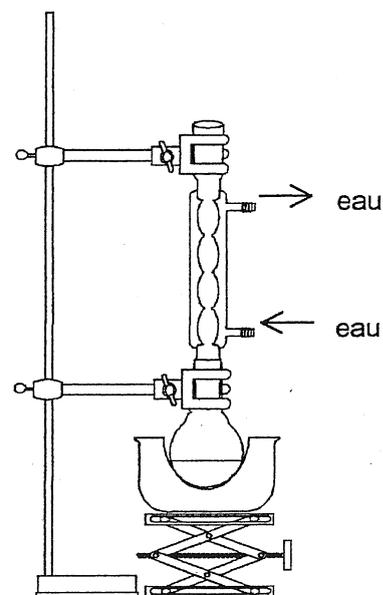
2.1.2. Déterminer le volume équivalent V_E de ce dosage en expliquant votre méthode.

2.1.3. Calculer la concentration molaire en soluté apporté C_A de la solution S.

2.1.4. Calculer la masse molaire de l'acide carboxylique utilisé pour réaliser la solution S et en déduire le nom de l'acide carboxylique A.

2.2. Synthèse de l'ester

On introduit dans un ballon 28,4 mL d'alcool benzylique correspondant à une quantité de matière $n = 2,0 \times 10^{-1}$ mol, 11,4 mL d'acide carboxylique pour réaliser un mélange stœchiométrique, 1 mL d'acide sulfurique concentré et quelques grains de pierre ponce. On réalise le montage schématisé ci-contre et on chauffe à ébullition douce pendant une heure.



2.2.1. Écrire, avec les formules semi-développées, l'équation de la réaction correspondant à la préparation de l'ester.

2.2.2. Quelles sont les caractéristiques de cette réaction ?

2.2.3. Pourquoi ajoute-t-on de l'acide sulfurique concentré dans le milieu réactionnel ?

2.2.4. Comment se nomme le montage ci-contre ? Quel est son rôle ?

2.3. Extraction de l'ester préparé

Au bout d'une heure, on refroidit le mélange réactionnel et on y ajoute 50 mL d'une solution aqueuse de chlorure de sodium de masse volumique $\rho = 1,20 \text{ g.mL}^{-1}$. On verse le contenu du ballon dans une ampoule à décanter. On agite et on laisse décanter.

2.3.1. Dans quelle phase se situe l'ester ? Faire un schéma légendé de l'ampoule à décanter en justifiant la position des phases.

On élimine la phase aqueuse. On ajoute dans l'ampoule à décanter 50 mL d'une solution aqueuse d'hydrogénocarbonate de sodium ($\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{HCO}_3^-(\text{aq})$), il se produit un dégagement gazeux. On laisse décanter et on évacue la phase aqueuse. On rince à nouveau la phase organique à l'eau distillée. Après décantation, on recueille la phase organique dans un becher et on la sèche avec du sulfate de magnésium anhydre.

2.3.2. On obtient $1,3 \times 10^{-1}$ mol d'ester.

Calculer le rendement de cette synthèse.

2.3.3. Comment améliorer le rendement, sans changer la nature des réactifs ?

2.3.4. Comment améliorer le rendement, en changeant l'un des réactifs ?

Aide au calcul : $\frac{2,0}{13} = 1,5 \times 10^{-1}$; $\frac{13}{2,0} = 6,5$; $\frac{13}{4,0} = 3,3$; $\frac{5,0}{13} = 3,8 \times 10^{-2}$; $\frac{90}{15} = 6,0$; $\frac{15}{9,0} = 1,7$

Données :

	Acide méthanoïque $\text{H}-\text{COOH}$	Acide éthanoïque CH_3-COOH	Acide propanoïque $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{COOH}$
Masse molaire $M (\text{g. mol}^{-1})$	46	60	74

	Acide carboxylique A	Alcool benzylique	Ester	Eau
Masse volumique ρ (g.mL^{-1})	1,05	1,04	1,06	1,00
Formule semi-développée	$\text{R}-\text{C} \begin{matrix} \text{O} \\ \parallel \\ \text{OH} \end{matrix}$		-	-
Température d'ébullition ($^{\circ}\text{C}$)	118	205	215	100
Solubilité dans l'eau salée	Très bonne	Très faible	Très faible	-

EXERCICE II. ÉTUDE D'UN SYSTÈME SOLIDE-RESSORT (5,5 points)

Au cours d'une séance de travaux pratiques, un groupe d'élèves étudie le mouvement d'un mobile de masse m , posé sur un banc à coussin d'air horizontal et attaché à deux ressorts identiques de raideur k (figure 1).

Un capteur de position, non représenté sur la figure 1, relié à un dispositif d'acquisition permet d'enregistrer la position du centre d'inertie G du mobile à chaque instant de date t . Cette position est repérée sur un axe x horizontal, orienté de gauche à droite. L'origine O de l'axe coïncide avec la position du centre d'inertie lorsque le mobile est à l'équilibre.

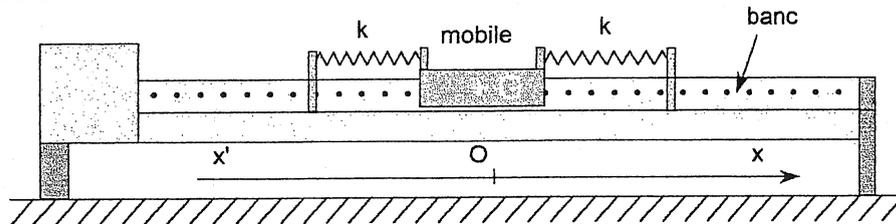


Figure 1

1. Étude d'un enregistrement.

Les élèves réalisent un premier enregistrement, d'une durée de deux secondes environ, en écartant le mobile de sa position d'équilibre. Cet enregistrement est reproduit sur la figure 2 **DE L'ANNEXE, PAGE 8, À RENDRE AVEC LA COPIE**.

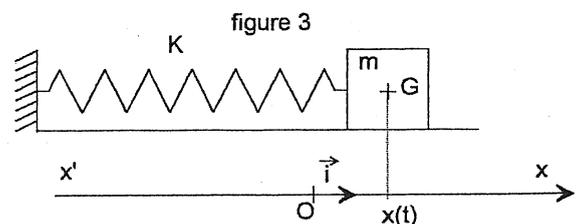
À l'aide de ce document, répondre aux questions suivantes :

- 1.1. Le mobile est-il écarté de sa position d'équilibre vers la droite ou vers la gauche ? Justifier la réponse.
- 1.2. Le mobile est-il lâché sans vitesse initiale ou lancé avec une vitesse initiale ? Justifier la réponse.
- 1.3. Déterminer la période du mouvement en expliquant la méthode utilisée.
- 1.4. Représenter sur la figure 2 **DE L'ANNEXE, PAGE 8, À RENDRE AVEC LA COPIE**, l'allure de la courbe qu'obtiendrait le groupe d'élèves si le mobile était lancé avec une vitesse initiale depuis sa position d'équilibre dans le sens des x négatifs, l'amplitude du mouvement restant la même.
- 1.5. Décrire une méthode analytique permettant d'obtenir une valeur approchée de la vitesse du mobile à l'instant de date t_1 . (Aucun calcul n'est demandé).

2. Étude théorique du mouvement.

Pour cette étude, le dispositif précédent peut être modélisé par un solide de masse m fixé à l'extrémité d'un seul ressort à spires non jointives, de masse négligeable et de raideur $K = 2k$. Le solide glisse sans frottements sur un rail horizontal (figure 3).

Le mouvement du solide est étudié dans le référentiel terrestre considéré galiléen pendant la durée de l'expérience.



2.1. Faire l'inventaire des forces qui s'exercent sur le solide et les représenter sans souci d'échelle mais de façon cohérente sur la figure 4 **DE L'ANNEXE, PAGE 8, À RENDRE AVEC LA COPIE**.

2.2. En utilisant la deuxième loi de Newton, montrer que l'équation différentielle du mouvement du centre d'inertie G du

solide se met sous la forme:
$$\frac{d^2 x(t)}{dt^2} + \frac{K}{m} x(t) = 0.$$

2.3. Cette équation différentielle admet pour solutions $x(t) = X_M \cos(2\pi \frac{t}{T_0} + \varphi)$ dans lesquelles X_M et φ sont des constantes qui dépendent des conditions initiales.

Déterminer les valeurs de X_M et φ qui correspondent à l'enregistrement de la figure 2 de **L'ANNEXE, PAGE 8, À RENDRE AVEC LA COPIE**.

2.4. Donner l'expression en fonction de m et K de la période propre T_0 du mouvement.

2.5. Vérifier que l'enregistrement de la figure 2 de **L'ANNEXE, PAGE 8, À RENDRE AVEC LA COPIE**, a été obtenu avec un mobile de masse $m = 100$ g et deux ressorts de raideur $k = 5,0$ N.m⁻¹.

Aide au calcul : On prendra $2\pi = 6,3$ rad.

$\cos 0 = 1$

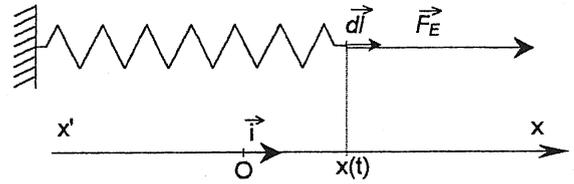
$\cos \pi/2 = 0$

3. Étude énergétique.

Quand un élève déplace le centre d'inertie du solide de la position $x = 0$ à la position $x = X_M$, il effectue un travail et fournit au système de l'énergie potentielle élastique.

3.1. Donner l'expression du travail élémentaire dW de la force \vec{F}_E exercée par l'élève au cours du déplacement élémentaire $d\vec{l}$.

Sur le schéma ci-contre, pour plus de clarté, le solide n'est pas représenté.



3.2. Montrer que dans le cas présent, ce travail élémentaire se met sous la forme $dW = Kxdx$.

3.3. Par une méthode de votre choix (méthode analytique ou méthode graphique), vérifier que le système acquiert au cours du déplacement, une énergie potentielle élastique

$$E_{PE} = \frac{1}{2}KX_M^2.$$

3.4. Pourquoi ne peut-on pas utiliser dans ce cas l'expression $W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{AB}$?

3.5. La figure 5 de **L'ANNEXE, PAGE 8, À RENDRE AVEC LA COPIE**, représente les évolutions en fonction du temps de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle élastique, calculées par l'ordinateur lors du premier enregistrement (figure 2 de **L'ANNEXE, PAGE 8, À RENDRE AVEC LA COPIE**).

3.5.1. Identifier les deux courbes en justifiant la réponse.

3.5.2. Tracer sur la figure 5 de **L'ANNEXE, PAGE 8, À RENDRE AVEC LA COPIE**, la courbe représentant l'évolution en fonction du temps de l'énergie mécanique E_M du dispositif solide-ressort en justifiant la réponse.

3.5.3. Pour un enregistrement de courte durée, l'énergie mécanique semble constante. Est-ce le cas réellement ? Pourquoi ?

EXERCICE III. MODÉLISATION D'UN MICROSCOPE (4 points)

Au cours d'une séance de travaux pratiques, le professeur propose à un groupe d'élèves de modéliser un microscope sur un banc d'optique. Les élèves disposent du matériel suivant :

- un banc d'optique horizontal gradué au millimètre ;
- un écran ;
- deux lentilles convergentes de 8,0 cm de diamètre ; l'une L_1 , de centre optique O_1 , de distance focale $f'_1 = 10,0$ cm qui servira d'objectif, l'autre L_2 , de centre optique O_2 , de distance focale $f'_2 = 20,0$ cm qui servira d'oculaire ;
- un objet, modélisé par une flèche AB de 0,50 cm de hauteur (pointe tournée vers le haut) dessinée sur du papier calque et placée verticalement devant une source de lumière. L'origine A de la flèche sera située sur l'axe optique commun des deux lentilles.

Dans les consignes données aux élèves, le professeur précise que l'intervalle optique du microscope modélisé est $\Delta = F'_1F_2 = 40,0$ cm.

1. Image intermédiaire A_1B_1 .

Voici un extrait du protocole proposé aux élèves : « Placer l'objet AB à 12,5 cm en avant de la lentille L_1 . Déplacer l'écran entre L_1 et L_2 . Repérer la position de l'écran qui permet d'obtenir une image nette, noter la distance O_1A_1 . Mesurer la hauteur de cette image A_1B_1 . Noter son sens par rapport à l'objet »

Sur le compte rendu d'un groupe d'élèves, le professeur trouve les résultats suivants :
 $O_1A_1 = 50,3$ cm ; $A_1B_1 = 2,1$ cm ; sur l'écran, la flèche est orientée vers le bas.

Les questions suivantes vont permettre de vérifier l'exactitude de ces résultats.

- 1.1. En appliquant la relation de conjugaison à la lentille L_1 , déterminer la position de l'image intermédiaire A_1B_1 . Avec quel point particulier pour la lentille L_2 , le point A_1 est-il confondu ?
On choisira les sens positifs suivants : verticalement, le sens de l'objet AB ; horizontalement, le sens de propagation de la lumière.
- 1.2. Déterminer le grandissement ^{transverse} de l'objectif γ_1 .
- 1.3. Calculer la hauteur de l'image A_1B_1 .
- 1.4. Quel est le sens de cette image ?

2. L'image définitive $A'B'$.

Sur le schéma 1 DE L'ANNEXE, PAGE 9, À RENDRE AVEC LA COPIE, figurent le point A_1 et la lentille L_2 qui sert d'oculaire. Il est réalisé en utilisant les échelles suivantes : verticalement, échelle 1/1 ; horizontalement, échelle 1/10.

- 2.1. Placer sur le schéma 1 DE L'ANNEXE, PAGE 9, À RENDRE AVEC LA COPIE, le point B_1 , puis tracer la marche de deux rayons lumineux issus de B_1 .
- 2.2. Quelle est la position de l'image définitive $A'B'$?

3. Grossissement du microscope.

On appelle grossissement du microscope le rapport $G = \alpha' / \alpha$ dans lequel :

- α est l'angle sous lequel est vu l'objet AB à l'œil nu lorsqu'il est placé à la distance $d_m = 25,0$ cm de l'œil ;
- α' est l'angle sous lequel est vue l'image $A'B'$.

- 3.1. Calculer α .
- 3.2. Sur le schéma 1 DE L'ANNEXE, PAGE 9, À RENDRE AVEC LA COPIE, indiquer l'angle α' puis calculer sa valeur.
- 3.3. Calculer le grossissement du microscope.

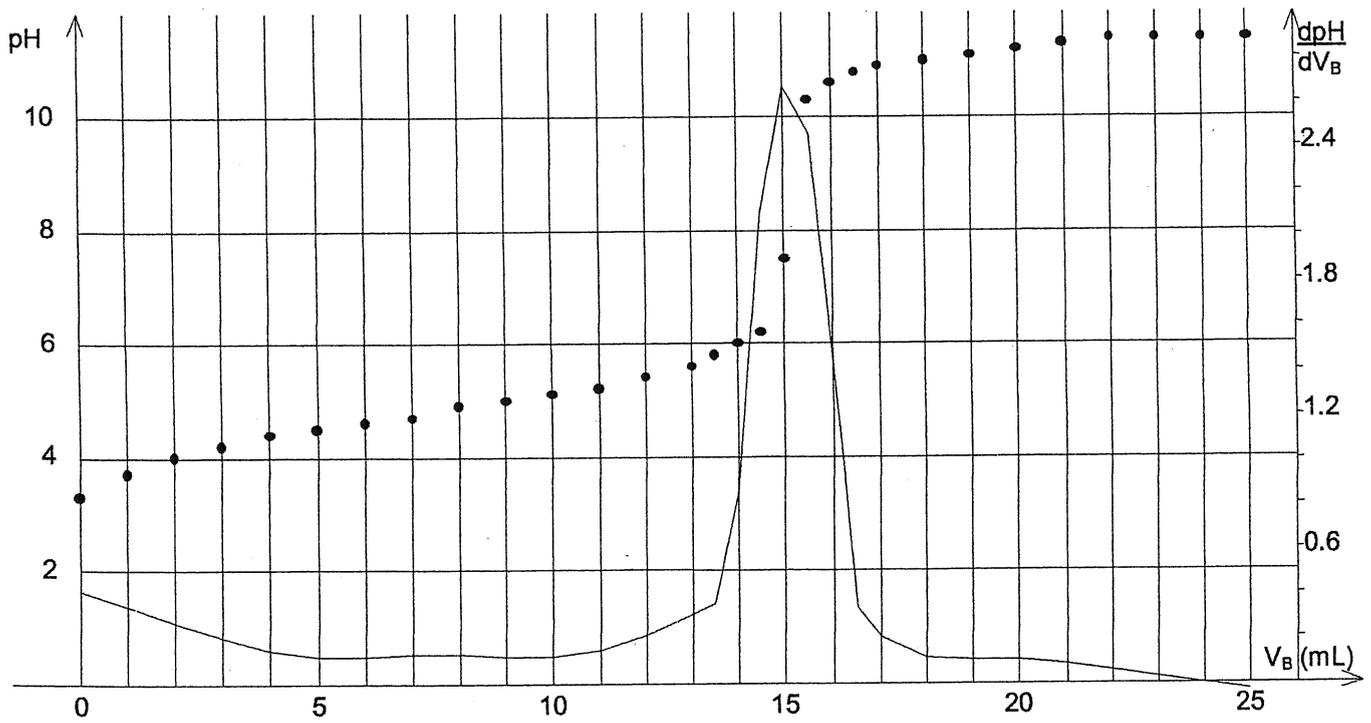
4. Cercle oculaire.

- 4.1. Donner la définition du cercle oculaire.
- 4.2. Sur le schéma 2 DE L'ANNEXE, PAGE 9, À RENDRE AVEC LA COPIE, figurent les lentilles L_1 (objectif) et L_2 (oculaire). Il est réalisé en utilisant les échelles suivantes : verticalement, échelle 1/1 ; horizontalement, échelle 1/10.

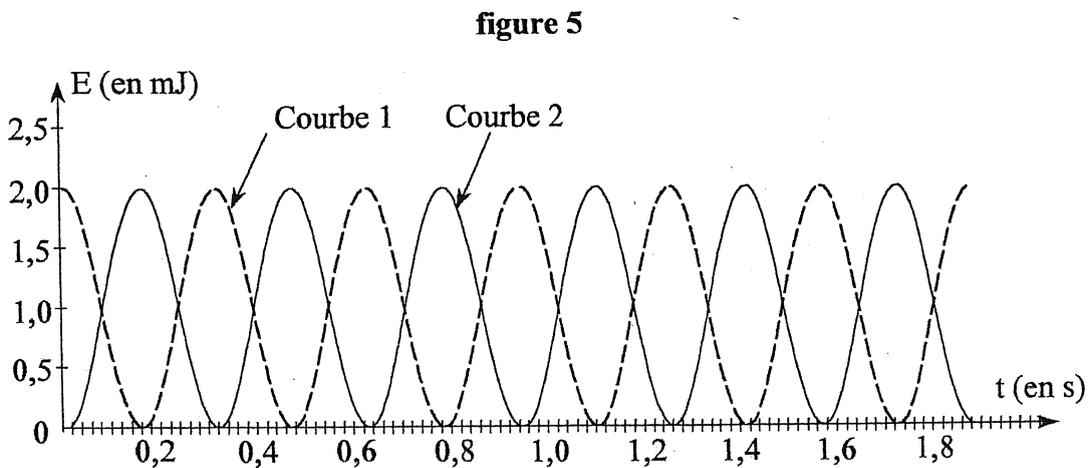
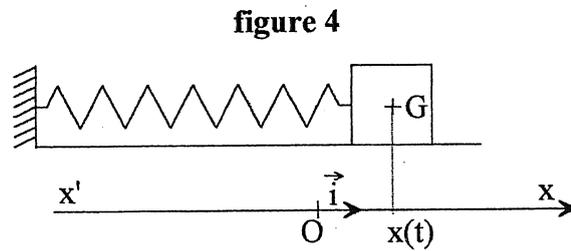
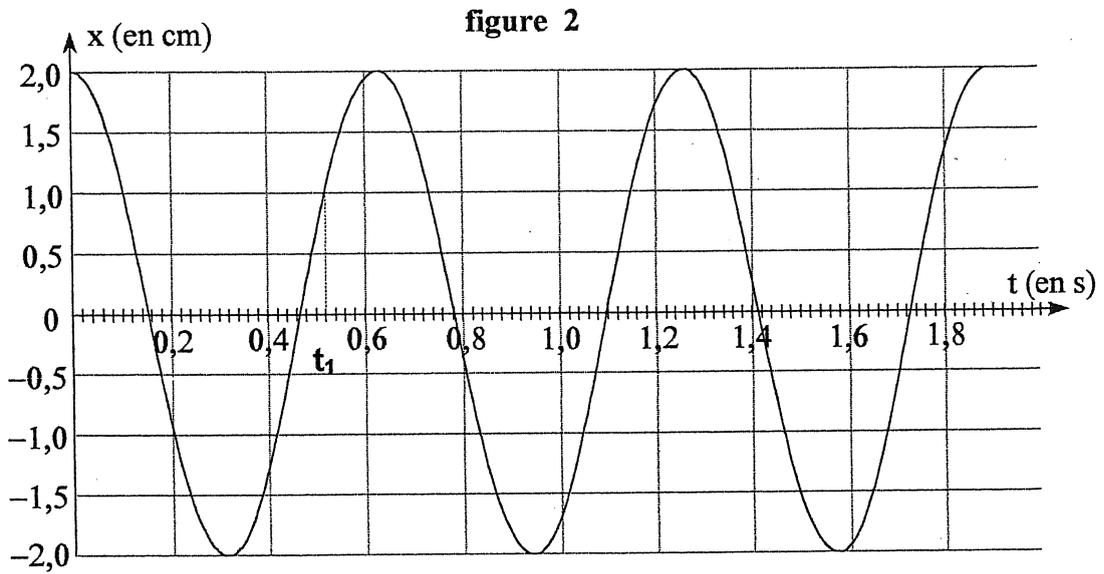
Sur le schéma 2 DE L'ANNEXE, PAGE 9, À RENDRE AVEC LA COPIE, à l'aide d'une construction graphique déterminer la position du cercle oculaire et son diamètre.

- 4.3. Quel est l'intérêt pratique du cercle oculaire ?

ANNEXE DE L'EXERCICE I
À RENDRE AVEC LA COPIE



ANNEXE DE L'EXERCICE II
À RENDRE AVEC LA COPIE



ANNEXE DE L'EXERCICE III

À RENDRE AVEC LA COPIE

Schéma 1

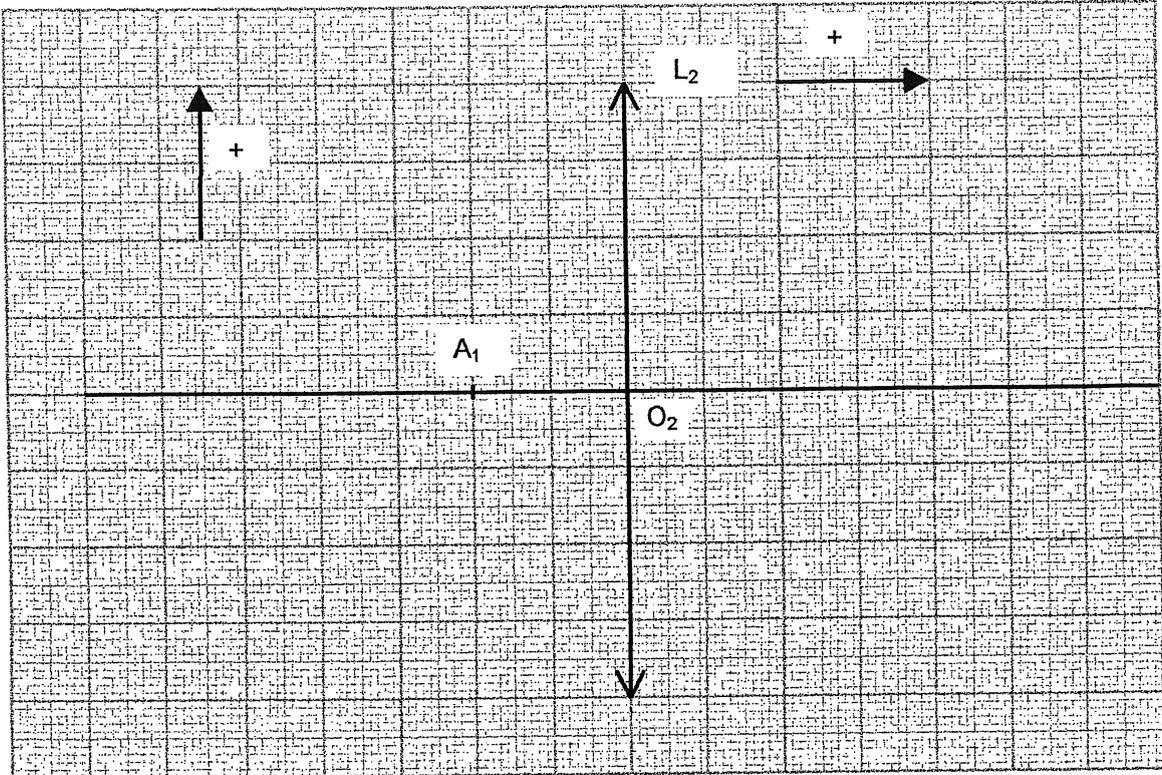


Schéma 2

