

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Session 2010

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Enseignement de Spécialité

Durée de l'épreuve : 3 heures 30 – Coefficient : 8

L'usage des calculatrices est autorisé.

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Ce sujet comporte 11 pages numérotées de 1/11 à 11/11

Les feuilles d'annexes (page 10/11 et 11/11)
SONT À RENDRE AGRAFÉES À LA COPIE

EXERCICE 1 : L'EAU, ne la gaspillez pas (6,5 points)

L'eau, bien précieux qui peut se faire rare dans de nombreuses régions, est essentielle dans différents domaines comme par exemple :

- en biologie : l'eau est le principal constituant des tissus animaux et végétaux.
- dans l'industrie : l'eau se prête à des applications nombreuses et variées. (solvant, agent de lavage et de réfrigération, matière première).

1. L'eau, en tant que boisson :

Les indications portées sur une bouteille d'eau minérale sont les suivantes :

Minéralisation en mg/L	
Calcium Ca^{2+} : 555	Magnésium Mg^{2+} : 110
Sodium Na^+ : 14	Hydrogénocarbonate HCO_3^- : 403
résidu sec à 180°C : 1850	
pH = 7,0	

Données : $\text{pK}_{A1}(\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O} / \text{HCO}_3^-) = 6,4$ $\text{pK}_{A2}(\text{HCO}_3^- / \text{CO}_3^{2-}) = 10,3$
masse molaire de HCO_3^- : $61 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

1.1. L'ion hydrogénocarbonate :

- 1.1.1. Écrire les demi-équations acido-basiques qui sont associées à l'ion hydrogénocarbonate.
- 1.1.2. Sur un axe gradué en pH, placer les valeurs des pK_A . Préciser les domaines de prédominance des espèces acides et basiques des couples auxquels appartient l'ion hydrogénocarbonate.
- 1.1.3. Justifier que l'ion hydrogénocarbonate est l'espèce prédominante dans cette eau minérale.

1.2. Teneur en ion hydrogénocarbonate :

On prélève un volume $V_1 = 20 \text{ mL}$ d'eau minérale auquel est additionnée progressivement une solution d'acide chlorhydrique ayant une concentration $C = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

1.2.1. La réaction chimique qui se produit, s'écrit :



- 1.2.1.1. Exprimer le quotient de réaction Q_r associé à la transformation chimique.
- 1.2.1.2. Montrer que dans l'état d'équilibre, la valeur particulière du quotient de réaction est $Q_{r,\text{eq}} = K = 2,5 \times 10^6$.
Cette valeur dépend-elle de la composition initiale du système chimique ?
- 1.2.1.3. Préciser, sans calcul, la valeur que doit avoir le taux d'avancement à l'équilibre, si on veut utiliser la réaction chimique (I) pour le dosage des ions hydrogénocarbonate. Justifier la réponse.

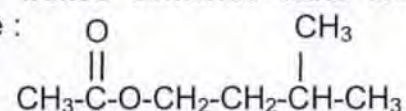
- 1.2.2. Sur la figure de l'annexe 1 sont indiqués les points expérimentaux du dosage, obtenus par suivi pH-métrique.
- 1.2.2.1. En s'appuyant sur l'équation de réaction (I), définir l'équivalence lors du dosage des ions hydrogencarbonate.
- 1.2.2.2. Déterminer les coordonnées du point d'équivalence.
- 1.2.2.3. Calculer la concentration en ions hydrogencarbonate dans cette eau minérale. La comparer avec l'indication portée sur l'étiquette.
- 1.2.2.4. Le dosage des ions hydrogencarbonate peut-il être réalisé par colorimétrie en utilisant un indicateur coloré ? Justifier et choisir l'indicateur le plus approprié dans la liste des indicateurs cités dans l'annexe 1.

2. L'eau en chimie organique :

2.1. Les esters, des molécules odorantes :

Les esters et les produits de leur hydrolyse sont des espèces chimiques très répandues dans la nature.

L'acétate d'isoamyle est l'un des esters à odeur fruitée contenus dans les bananes. Sa formule semi-développée est la suivante :



La synthèse de l'acétate d'isoamyle est réalisée dans l'industrie chimique afin de préparer certains arômes alimentaires. Sa préparation peut être faite à partir des deux réactifs : l'acide éthanoïque (ou acide acétique) et le 3-méthylbutan-1-ol (ou alcool isoamylique).

Écrire les formules semi-développées des deux réactifs cités.

2.2. Hydrolyse des esters :

Dans un montage à reflux, on introduit 6,5 g d'acétate d'isoamyle et 0,90 g d'eau.

Le mélange réactionnel est chauffé pendant une heure à 75°C environ.

- 2.2.1. Écrire l'équation de la réaction produite.
- 2.2.2. Calculer les quantités initiales d'ester et d'eau introduites dans le mélange réactionnel.
- 2.2.3. Le quotient de réaction à l'équilibre pour cette réaction est $Q_{r,eq} = 0,25$.
Calculer le quotient de réaction initial et déduire le sens d'évolution du système chimique.
- 2.2.4. Compléter le tableau d'avancement sur l'annexe 1 à rendre avec la copie et déterminer l'avancement quand la transformation a atteint son état d'équilibre.

2.3. Influence des conditions initiales :

L'hydrolyse d'un ester est une réaction limitée.

Lorsque l'état d'équilibre est atteint à 75°C, la quantité de matière d'ester non hydrolysée est égale à $3,3 \times 10^{-2}$ mol. Préciser s'il reste la même quantité de matière d'ester à l'équilibre dans les conditions suivantes :

- 2.3.1. les quantités initiales d'ester et d'eau sont identiques à celles de la question 2.2. , la température est égale à 95°C ;
- 2.3.2. la quantité initiale d'ester est identique, on introduit dans le mélange initial 100 mL d'eau, la température est égale à 75°C.
Justifier les réponses.

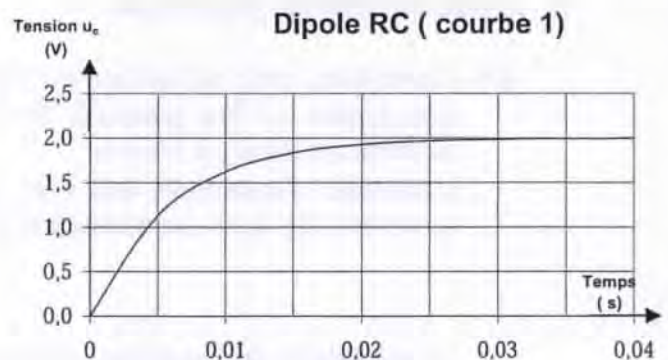
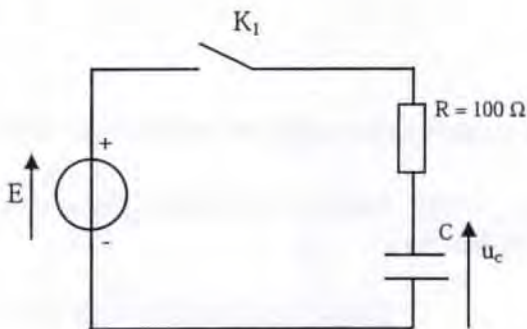
Données : masse molaire atomique ($\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$) : $M(\text{H}) = 1$ $M(\text{C}) = 12$ $M(\text{O}) = 16$

EXERCICE 2 : LES SYSTÈMES ÉLECTRIQUES (5,5 points)

1. LE DIPÔLE RC :

On réalise le circuit correspondant au schéma ci-après. Un dispositif d'acquisition de données relié à un ordinateur permet de suivre l'évolution de la tension aux bornes du condensateur en fonction du temps t .

On déclenche les acquisitions à la fermeture de l'interrupteur K_1 , le condensateur étant préalablement déchargé. L'ordinateur nous donne alors $u_c = f(t)$, **courbe 1** ci-après.

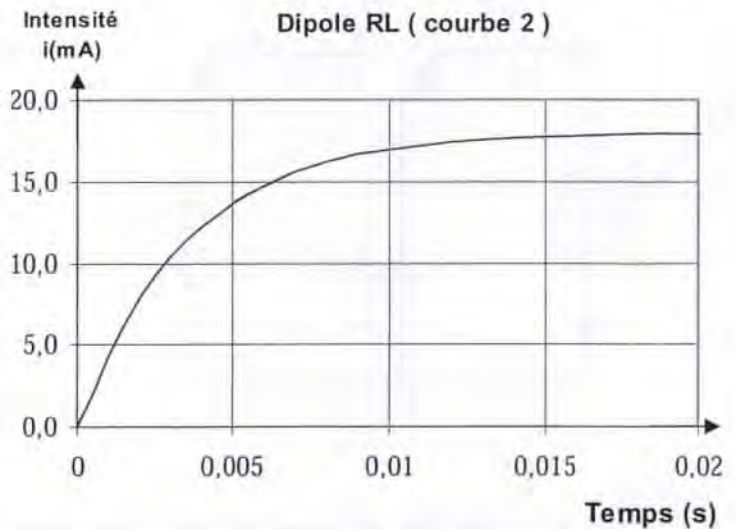
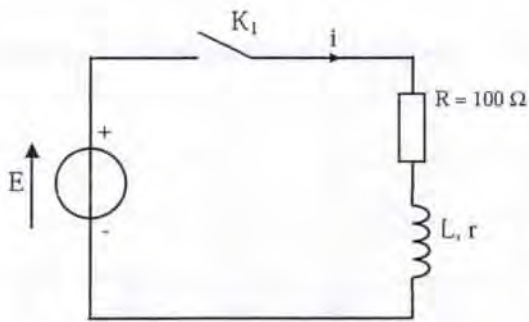


L'étude théorique conduit à une expression de la forme : $u_c = E.(1 - e^{-t/\tau})$ où τ est la constante de temps du circuit.

- 1.1. Reproduire le schéma du montage sur la copie et indiquer où doivent être branchées la masse M et la voie d'entrée de la carte d'acquisition pour étudier les variations de la tension u_c aux bornes du condensateur. Quel est le phénomène physique mis en évidence sur l'enregistrement ?
- 1.2. À partir de la courbe, indiquer la valeur E de la tension aux bornes du générateur. Justifier.
- 1.3. La constante de temps τ de ce circuit a pour expression $\tau = RC$.
 - 1.3.1. Montrer que la tension u_c atteint 63% de sa valeur maximale au bout du temps caractéristique égal à τ .
 - 1.3.2. Déterminer la valeur de τ et déduire la valeur de la capacité C du condensateur.

2. LE DIPÔLE RL :

On remplace le condensateur par une bobine d'inductance L et de résistance r selon le schéma ci-après. L'ordinateur nous permet de suivre l'évolution de l'intensité i du courant en fonction du temps, **courbe 2** ci-après.



La loi d'additivité des tensions appliquée à ce circuit série conduit à l'équation différentielle suivante :

$$E = (R + r)i + L \frac{di}{dt} \quad (1)$$

- 2.1. Quel est le phénomène physique mis en évidence sur l'enregistrement et quel est l'élément du circuit responsable de ce phénomène ?
- 2.2. Soit I l'intensité du courant électrique qui traverse le circuit, en régime permanent. Établir son expression littérale à partir de l'équation (1) en fonction des grandeurs caractéristiques du circuit. Donner sa valeur numérique et déduire la résistance de la bobine.
- 2.3. Quelle est la valeur du courant à la date $t = 0$ s ? Comment s'écrit alors l'équation différentielle (1) donnée précédemment ?

Montrer qu'à $t = 0$ s, on a $\frac{di}{dt} = \frac{I}{\tau'}$ avec $\tau' = \frac{L}{R+r}$ constante de temps du dipôle RL.

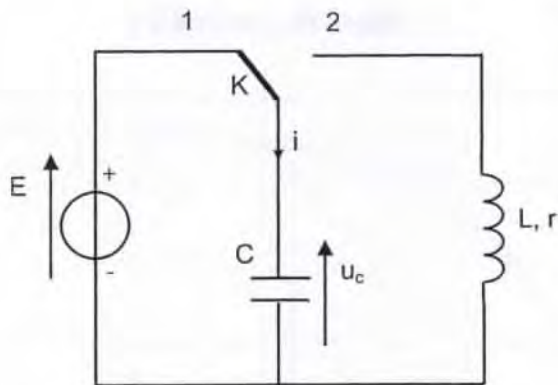
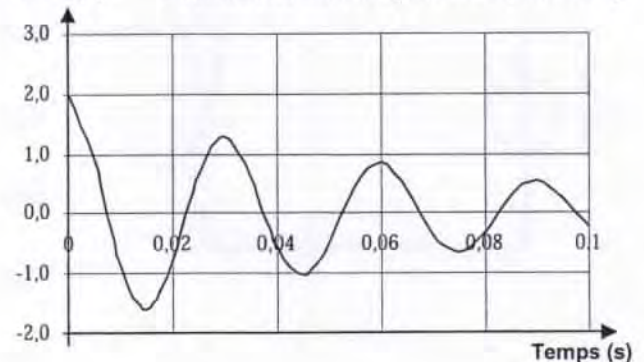
- 2.4. Vérifier que $\frac{L}{R+r}$ est homogène à un temps.

Déterminer graphiquement la valeur numérique de τ' et déduire la valeur de l'inductance L de la bobine.

3. LE DIPÔLE RLC EN OSCILLATIONS LIBRES :

On associe un condensateur de capacité $C = 60 \mu\text{F}$ avec la bobine précédente, comme le montre le schéma ci-dessous.

Le condensateur est préalablement chargé (interrupteur en position 1). L'enregistrement des variations de la tension aux bornes du condensateur en fonction du temps commence quand on bascule K en position 2, **courbe 3** ci-après.

Tension u_c (V) Oscillations libres dipôle RLC (courbe 3)

- 3.1. Caractériser du point de vue énergétique l'enregistrement obtenu. Les oscillations observées sont-elles périodiques ? Pourquoi les qualifie-t-on d'oscillations libres ?
- 3.2. Mesurer la pseudo période T des oscillations électriques.
En assimilant la pseudo période à la période propre, déterminer la valeur de l'inductance de la bobine. La comparer à celle trouvée précédemment.
On rappelle l'expression de la période propre $T_0 = 2\pi \cdot \sqrt{LC}$
- 3.3. L'association bobine-condensateur est à la base de la constitution d'oscillateurs qui génèrent une tension sinusoïdale constante en fréquence et en amplitude. Ces oscillateurs sont présents dans de nombreux appareils électriques utilisés dans le domaine des télécommunications.
Comment maintient-on constante l'énergie totale d'un oscillateur électrique ?

Exercice 3 : OBSERVATION D'OBJETS DE PETITES DIMENSIONS (4 points)

Le microscope optique a été inventé à la fin du XVI^{ème} siècle par le Hollandais ZACCHARIAS JANSSEN contribuant ainsi au développement de la théorie cellulaire. Destiné à l'observation d'objets de petites dimensions de l'ordre du micromètre, il est constitué de deux systèmes optiques, un objectif et un oculaire.

Fonctionnant en lumière blanche, l'objectif et l'oculaire peuvent être assimilés à deux lentilles convergentes de distance focale respective f'_1 et f'_2 .

L'ensemble est dans l'air et l'œil de l'observateur vient se placer au voisinage du foyer image de l'oculaire, F'_2 . Il observe l'image finale située entre l'infini et la distance minimale de vision distincte.

1. MAQUETTE DE MICROSCOPE :

Pour comprendre le principe de l'appareil, on réalise une maquette de microscope comprenant :

- Un objectif : lentille mince convergente L_1 de distance focale $f'_1 = 2,0$ cm et de centre optique O_1 .
- Un oculaire : lentille mince convergente L_2 de distance focale $f'_2 = 4,0$ cm et de centre optique O_2
- Un objet éclairé de hauteur $AB = 1,0$ cm placé perpendiculairement à l'axe optique commun à L_1 et L_2 .

1.1. Par construction graphique, sur la **figure 1 en annexe 2 à rendre avec la copie**, déterminer l'image intermédiaire A_1B_1 de l'objet AB donnée par la lentille L_1 .

1.2. L'image intermédiaire A_1B_1 joue le rôle d'objet pour la lentille L_2 .

1.2.1. Quelle est la position particulière de A_1B_1 par rapport à la lentille L_2 ? Où va se former l'image définitive A_2B_2 ?

1.2.2. Justifier la position de A_2B_2 en complétant la construction graphique de la **figure 1 en annexe 2 à rendre avec la copie**.

1.3. L'œil emmétrope (sans défauts) voit nettement un objet situé entre l'infini et une distance minimale $d_m = 25$ cm.

Pour un objet situé à l'infini, l'œil étant au repos, son image se forme de manière nette sur la rétine.

Lorsque l'objet se rapproche, le cristallin (lentille convergente) se déforme afin que l'image se forme encore sur la rétine. On dit que l'œil accommode.

Justifier l'intérêt que représente la position de l'image finale donnée par le microscope pour l'observateur.

Quel avantage présente un tel système optique pour l'observation d'objets de petites dimensions ?

2. OBSERVATION D'UN GLOBULE ROUGE :

Le microscope réel utilisé possède les caractéristiques suivantes :

- Objectif distance focale $f'_1 = 10 \text{ mm}$
- Oculaire : distance focale $f'_2 = 50 \text{ mm}$
- Intervalle optique : $\Delta = F'_1F_2 = 160 \text{ mm}$

On envisage l'observation d'un globule rouge dont le diamètre est $d = 8,0 \text{ }\mu\text{m}$.

Rappels :

- Formule de conjugaison des lentilles minces : $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{OF'}$

les différentes grandeurs correspondent à des mesures algébriques

- Formule du grossissement :

$$G = \frac{\theta'}{\theta}$$

θ : angle sous lequel est vu l'objet, placé à la distance d_m , à l'œil nu

θ' : angle sous lequel est vu l'image définitive au travers de l'instrument.

- 2.1. On se place dans le cas où l'œil n'accommode pas. On considère donc que l'image finale donnée par le microscope se forme à l'infini.

2.1.1. Où est située l'image intermédiaire à travers l'objectif ? Déterminer sa position $\overline{O_1A_1}$ par rapport à l'objectif.

2.1.2. Par application de la formule de conjugaison, calculer la distance $\overline{O_1A}$ entre l'objet et l'objectif.

- 2.2. On se place maintenant dans le cas où l'œil accommode. L'image finale donnée par le microscope se forme à la distance $d_m = 25 \text{ cm}$ de F'_2 . L'image intermédiaire A_1B_1 se situe alors entre F_2 et O_2 et l'objet AB est à la distance $\overline{F_1A} = -0,59 \text{ mm}$ de l'objectif.

2.2.1. Dans le cas où l'œil n'accommode pas, on a $\overline{F_1A} = -0,63 \text{ mm}$. Comparer les deux distances $\overline{F_1A}$ dans le cas où l'œil n'accommode pas et celui où il accommode. Calculer la différence.

2.2.2. Le réglage du microscope nécessite de déplacer l'ensemble (objectif + oculaire) à l'aide d'une crémaillère et d'une vis micrométrique. Justifier l'utilisation d'une vis micrométrique pour effectuer la mise au point.

- 2.3. Étude du grossissement du microscope :

2.3.1. Schématiser l'observation de l'objet, placé à la distance d_m , à l'œil nu. Exprimer $\tan \theta$ et en déduire la valeur de θ .
On rappelle : $\tan \theta \approx \theta$ en radian si θ petit

- 2.3.2. Sur la **figure 1 en annexe 2 à rendre avec la copie**, noter l'angle θ' sous lequel est vue l'image définitive. En déduire son expression littérale. Calculer la valeur de θ' associée au microscope réel.
- 2.3.3. Déduire le grossissement G .
- 2.4. Le cercle oculaire est l'image de l'ouverture de l'objectif donnée par l'oculaire :
- 2.4.1. Tracer **sur la figure 2, en annexe 2, à rendre avec la copie** les rayons lumineux issus de l'objectif et qui après traversée de l'oculaire, délimitent et positionnent le cercle oculaire.
- 2.4.2. Lors d'une observation, l'œil doit être proche de F'_2 et au centre du cercle oculaire.
Justifier cette affirmation concernant cette position idéale de l'œil.

ANNEXE 1 À RENDRE AVEC LA COPIE

Dosage pH-métrique de l'eau minérale :

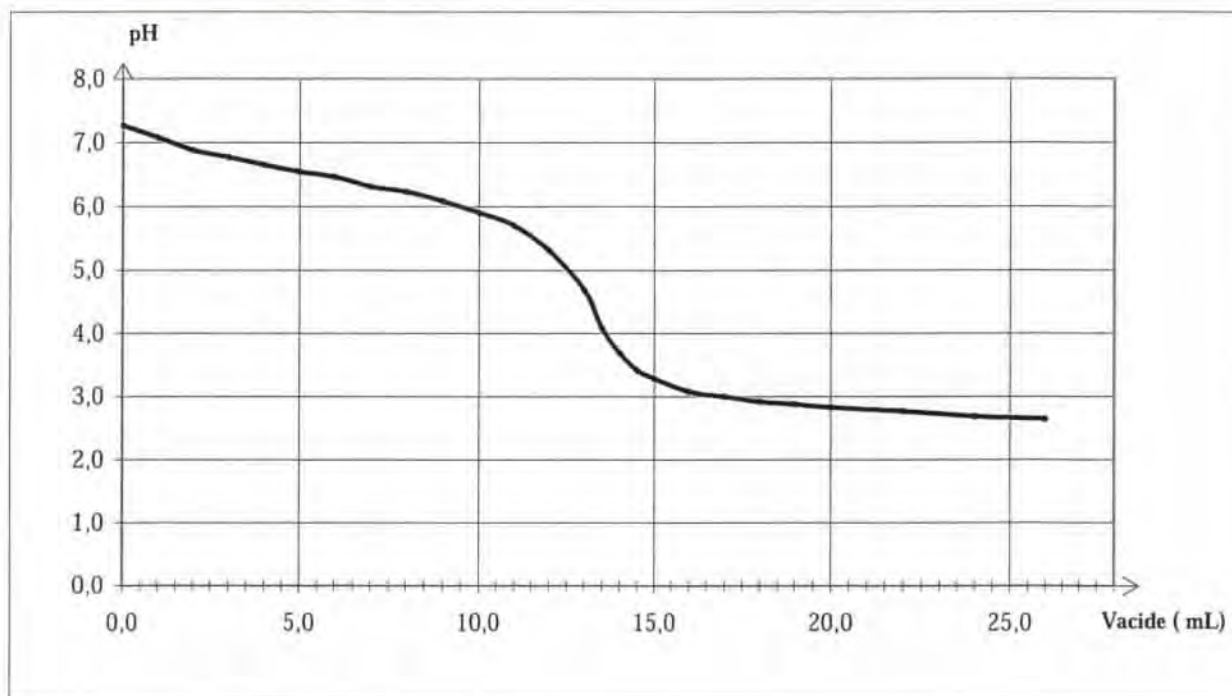


Tableau des indicateurs colorés :

Indicateur coloré	Zone de virage
Vert de bromocrésol	Jaune 3,8 - 5,4 bleu
Bleu de bromothymol	Jaune 6,0 - 7,6 bleu
Phénolphtaléïne	Incolore 8,2 - 10,0 rose

Tableau d'avancement :

Équation chimique		Ester + eau = acide carboxylique + alcool			
État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)			
État initial	0				
État au cours de la transformation	x				
État final si la transformation est totale	x_{\max}				
État final réel	x_f				

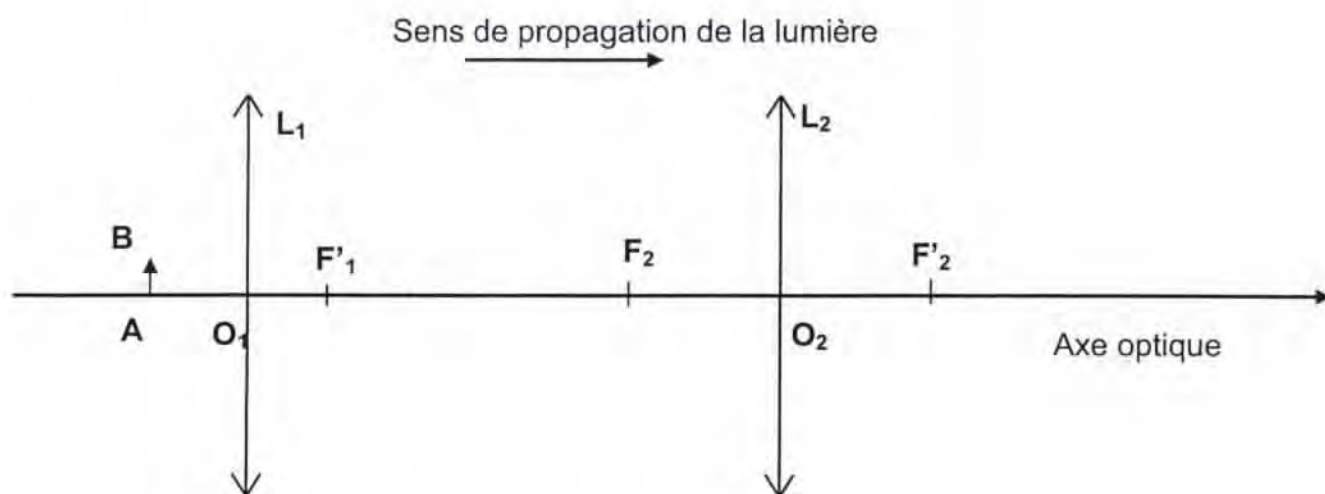
ANNEXE 2 À RENDRE AVEC LA COPIEFigure : 1 échelle horizontale et verticale 1 cm \Leftrightarrow 2 cm

Figure : 2

