

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2012

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE de L'ÉPREUVE : 3 h 30 - COEFFICIENT : 8

L'usage d'une calculatrice EST autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Ce sujet comporte un exercice de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE, présentés sur 12 pages numérotées de 1 à 12, y compris celle-ci.

Les pages d'annexes (pages 9, 10, 11 et 12) SONT À RENDRE AVEC LA COPIE, même si elles n'ont pas été complétées.

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

EXERCICE 1 - ÉTAIN ET ÉTAMAGE DU CUIVRE (7 points)

Dans l'industrie, l'étamage consiste à recouvrir un solide d'une mince couche d'étain métallique $\text{Sn}_{(s)}$ par la technique de l'électrolyse. Il est principalement utilisé dans le domaine électrique et électronique car le dépôt d'étain permet d'assurer une protection contre la corrosion de la pièce (notamment en cuivre), d'offrir une bonne conductibilité électrique et d'améliorer la soudabilité de la pièce. Dans le domaine alimentaire, divers ustensiles, comme les casseroles en cuivre, sont étamés afin d'éviter que le cuivre ne se mélange aux aliments cuisinés.

On va dans cet exercice travailler sur différentes utilisations de l'étain et étudier la mise en œuvre de l'étamage d'un fil de cuivre.

Données :

- Constante d'équilibre associée à l'équation de la réaction d'oxydoréduction entre l'étain $\text{Sn}_{(s)}$ et les ions argent $\text{Ag}_{(aq)}^+$: $K = 6,3 \times 10^{80}$
- Masses molaires atomiques : $M(\text{Ag}) = 108,0 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{Sn}) = 118,7 \text{ g.mol}^{-1}$
- Masse molaire du chlorure d'étain dihydraté : $M(\text{SnCl}_2, 2 \text{ H}_2\text{O}) = 225,7 \text{ g.mol}^{-1}$
- Valeur de la constante de Faraday : $F = 9,65 \times 10^4 \text{ C.mol}^{-1}$
- Aire latérale d'un cylindre de rayon r et de longueur L : $S = 2 \pi \times r \times L$
- Masse volumique de l'étain : $\mu_{\text{Sn}} = 7,29 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$

On dispose du matériel suivant :

- Éprouvettes graduées de 100 mL, 250 mL
- Divers béchers
- Fioles jaugées de 50,0 mL, 100,0 mL, 250,0 mL et 500,0 mL
- Burette de 25,0 mL et pipettes graduées et jaugées de 5,0 mL, 10,0 mL et 20,0 mL
- Balance de précision
- Coupelle de pesée
- Spatule
- Eau distillée

1 - Préparation des solutions

1.1. On veut préparer un volume $V_1 = 500,0 \text{ mL}$ d'une solution aqueuse S_1 de chlorure d'étain à partir du produit commercial, solide ionique dihydraté ($\text{SnCl}_2, 2\text{H}_2\text{O}$) ; dans cette solution, les ions étain $\text{Sn}_{(aq)}^{2+}$ doivent avoir une concentration molaire effective $C_1 = 0,100 \text{ mol.L}^{-1}$. Calculer la masse de solide m_S à peser et décrire le protocole à suivre pour cette préparation en indiquant clairement le matériel choisi.

1.2. On dispose d'une solution de nitrate d'argent ($\text{Ag}_{(aq)}^+ + \text{NO}_{3(aq)}^-$) de concentration molaire en ions argent C égale à $1,00 \text{ mol.L}^{-1}$. À partir de celle-ci, on souhaite préparer un volume $V_2 = 100,0 \text{ mL}$ de solution S_2 dans laquelle la concentration molaire des ions argent est $C_2 = 0,100 \text{ mol.L}^{-1}$. Décrire le protocole à suivre en précisant clairement le matériel employé pour cette préparation.

2 - Etude d'une pile étain - argent

2.1. On réalise deux demi-piles A et B constituées (voir figure 1 en annexe page 9) :

- Pour A : d'un bécher A contenant un fil d'argent (Ag) plongeant dans environ 80 mL de la solution S_2 préparée au 1.2.
- Pour B : d'un bécher B contenant une plaque d'étain (Sn) plongeant dans environ 80 mL de la solution S_1 préparée au 1.1.

Ces deux demi-piles sont reliées par un pont salin contenant une solution gélifiée de nitrate de potassium ($K^+_{(aq)} + NO_3^-_{(aq)}$). On branche un voltmètre aux bornes de la pile de manière à mesurer la tension $U_{A'B'}$. Le résultat obtenu est $U_{A'B'} = + 1,54$ V.

Sur la figure 1 donnée en annexe page 9 à rendre avec la copie, légender le schéma de la pile ainsi constituée.

2.2. Quelle est la borne positive de la pile ainsi réalisée ? Quelle est sa force électromotrice E ?

2.3. On branche la pile sur un conducteur ohmique de résistance R . Indiquer quelle est la nature des charges qui circulent à l'intérieur de la pile et à l'extérieur lorsqu'elle débite un courant. Sur le schéma de la figure 1 en annexe page 9, représenter le conducteur ohmique et préciser le sens de circulation de chaque catégorie de charges.

2.4. Fonctionnement de la pile

2.4.1. Écrire les demi-équations chimiques des transformations qui ont lieu sur chaque électrode.

2.4.2. Écrire l'équation chimique correspondant au bilan du fonctionnement de la pile.

2.4.3. Évolution du système chimique :

2.4.3.1. Exprimer puis calculer le quotient de réaction initial $Q_{r,i}$ pour la transformation chimique correspondant au fonctionnement de la pile.

2.4.3.2. Le système chimique va-t-il évoluer au cours du temps ? Si oui, dans quel sens ? Justifier.

2.5. Après un fonctionnement de 60 minutes, la masse de l'une des deux électrodes diminue de 178 mg.

2.5.1. De quelle électrode s'agit-il ? Justifier.

2.5.2. Quelle est la variation de masse de l'autre électrode ?

2.5.3. Quelle est l'intensité constante du courant électrique qui a permis d'obtenir ce dépôt ?

3 - Étamage du cuivre par électrolyse

Il reste un volume $V_1 = 400$ mL de solution de chlorure d'étain S_1 préparée au 1.1. On utilise cette solution pour réaliser un dépôt d'étain de protection sur une bobine de fil de cuivre. Le fil, de forme cylindrique, a un rayon $r = 1,0$ mm. On enroule le fil en spires non jointives et on en plonge une longueur $L = 2,0$ m dans le bain de solution S_1 . On ajoute la plaque d'étain dans le bain et on relie le fil de cuivre et la lame d'étain aux bornes d'un générateur G . La tension aux bornes du générateur G est $U = 6,0$ V. Un ampèremètre permet de contrôler l'intensité du courant électrique et une résistance réglable permet de la maintenir constante et égale à $I_0 = 0,75$ A. Le dispositif est représenté sur le schéma donné en annexe figure 2 page 9.

3.1. La réaction d'électrolyse est-elle une réaction spontanée ou forcée ? Justifier.

3.2. On veut réaliser un dépôt d'étain d'épaisseur $e = 30 \mu\text{m}$ sur le fil de cuivre.

3.2.1. Montrer que l'expression littérale du volume d'étain à déposer sur le fil de cuivre est $V_{\text{Sn}} = (2\pi \times r \times L) \times e$.

3.2.2. En déduire l'expression littérale de la masse m_{Sn} puis de la quantité de matière n_{Sn} d'étain à déposer en fonction des caractéristiques du système chimique (rayon r et longueur L du fil de cuivre, masse volumique de l'étain μ_{Sn} , épaisseur du dépôt e , masse molaire M_{Sn}). Calculer la valeur de la quantité de matière n_{Sn} à déposer.

3.2.3. Exprimer littéralement, en fonction de n_{Sn} , la quantité d'électricité Q nécessaire pour réaliser ce dépôt et en déduire la durée Δt de l'électrolyse.

EXERCICE 2 - CONDENSATEUR, BOBINE ET ÉNERGIE (5 points)

Données : $E = 6,0 \text{ V}$; $R = 1470 \Omega$; $L = 0,21 \text{ H}$

1 - Charge d'un condensateur

Un générateur de tension continue de force électromotrice E alimente un circuit électrique comportant un interrupteur K , un condensateur de capacité C à charger, et une résistance R ; ce circuit est schématisé sur la **figure 3** donnée en **annexe page 10 à rendre avec la copie**.

1.1. Compléter le schéma du circuit **figure 3 en annexe page 10** en y représentant :

- ✓ la tension u_{AB} aux bornes du condensateur ;
- ✓ le **branchement d'un oscilloscope ou d'un système d'enregistrement informatique** permettant de visualiser la tension u_{AB} .

1.2. Montrer, à partir de la loi d'additivité des tensions, que l'équation différentielle à laquelle obéit la tension u_{AB} lors de la charge du condensateur s'écrit :

$$\frac{d(u_{AB})}{dt} + \frac{1}{R \times C} \times u_{AB} = \frac{E}{R \times C}.$$

1.3. Montrer que, pour que l'expression $u_{AB} = A \times (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$ soit bien solution de l'équation différentielle, il faut que $A = E$ et que $\tau = R \times C$. Préciser ce que représentent A et τ .

1.4. L'enregistrement informatique de la courbe de charge du condensateur est donné en **annexe figure 4 page 10**.

1.4.1. En utilisant la **figure 4 en annexe page 10**, déterminer la valeur de τ par la méthode de votre choix.

1.4.2. En déduire la valeur de la capacité C du condensateur.

1.4.3. Calculer l'énergie électrique emmagasinée, E_{el} , dans le condensateur ainsi chargé.

2 - Décharge du condensateur à travers une bobine

Le condensateur ayant été chargé en utilisant le montage étudié précédemment à la question 1, on le décharge à travers une bobine d'inductance $L = 0,21 \text{ H}$. Pour cette question, on prendra la capacité du condensateur C égale à $47 \mu\text{F}$. Le schéma du circuit est celui de la **figure 5** donnée en **annexe page 10**.

2.1. En supposant que la résistance totale du circuit est négligeable, on montre que l'équation différentielle à laquelle obéit la tension $u_{AB}(t)$ aux bornes du condensateur dans ce circuit est :

$$\frac{d^2 u_{AB}(t)}{dt^2} + \frac{1}{L \times C} \times u_{AB}(t) = 0.$$

Parmi les courbes proposées **figures 6a, 6b et 6c** données en **annexe page 11 à rendre avec la copie**, quelle est celle qui représente l'évolution de la tension u_{AB} aux bornes du condensateur au cours du temps ? Justifier.

2.2. On donne l'expression de la fréquence propre des oscillations : $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$. Vérifier l'homogénéité de cette expression par une analyse dimensionnelle.

2.3. En déduire l'expression puis la valeur de la période propre T_0 de l'oscillateur et expliquer comment évolue l'énergie totale dans le circuit au cours de son fonctionnement.

2.4. En réalité la résistance électrique n'est jamais nulle, les oscillations réelles sont donc différentes des oscillations prévues.

2.4.1. Représenter sur la **figure 7** donnée en **annexe page 11**, l'allure de la tension aux bornes du condensateur en fonction du temps dans le cas où la valeur de la résistance reste faible, inférieure à la valeur de la résistance critique du circuit.

2.4.2. Interpréter l'allure des oscillations d'un point de vue énergétique.

EXERCICE 3 - ASTRONOMIE ET LITTÉRATURE
« Promontorium somnii » de Victor Hugo (4 points)

En 1834, François Arago invite Victor Hugo à une séance d'observation à l'Observatoire de Paris. Dans le long poème en prose « Le promontoire du songe » qu'il consacre à cette visite, Victor Hugo raconte être monté sur la plate-forme de l'Observatoire et y avoir observé la Lune. Il dit avoir utilisé une lunette qui grossissait 400 fois et rapporte qu'Arago lui soutint qu'elle ramenait la distance entre lui et la Lune de 90000 à 225 lieues. Parmi les instruments de l'Observatoire, seuls les « objectifs de Lerebours », testés à cette époque à l'Observatoire de Paris, et dont les diamètres étaient de l'ordre de la vingtaine de centimètres, pour des distances focales de 5 à 6 mètres, peuvent correspondre à cette description : leur grossissement, avec des oculaires ayant un centimètre et demi de longueur focale, pouvait atteindre la valeur 400 donnée par Victor Hugo.

Extrait du poème en prose

« Arago était chez lui, il me fit monter sur la plate-forme. Il y avait là une lunette qui grossissait quatre cents fois ; si vous voulez vous faire une idée de ce que c'est qu'un grossissement de quatre cents fois, **représentez-vous le bougeoir que vous tenez à la main haut comme les tours de Notre-Dame.**

Arago disposa la lunette, et me dit :

— Regardez [...].

Un instant après, Arago poursuivit :

— Vous venez de faire un voyage.

— Quel voyage ?

— Tout à l'heure, comme tous les habitants de la Terre, vous étiez à **quatre-vingt-dix mille lieues** de la Lune.

— Eh bien ?

— Vous en êtes maintenant à **deux cent vingt-cinq lieues.**

— De la Lune ?

— Oui.

C'était là en effet le résultat du **grossissement** de quatre cents fois. J'avais, grâce à la lunette, fait sans m'en douter cette enjambée [...].

C'est cette Lune-là que j'avais sous les yeux. [...]

L'effet est terrifiant.

Autre chose que nous tout près de nous. L'inaccessible presque touché. L'invisible vu. Il semble qu'on n'ait que la main à étendre. [...]

Le champ du télescope était trop étroit pour embrasser la planète entière, la sphère ne s'y dessinait pas, et ce que j'en voyais [...]... »

1 - Au sujet du grossissement de la lunette utilisée par Victor Hugo

On veut vérifier que l'exemple choisi par Arago est cohérent : pour le bougeoir dont il parle, on prendra une hauteur $h = 17$ cm et pour les tours de Notre-Dame de Paris la hauteur $H = 69$ m. On supposera dans cet exercice que les angles exprimés en radians vérifient la relation $\tan(\alpha) \approx \alpha$.

1.1. Le bougeoir est placé à une distance d de l'œil de l'observateur. Cette distance d est suffisante pour que l'approximation précédente $\tan(\alpha) \approx \alpha$ soit applicable. Sur un schéma, faire apparaître la distance d , le bougeoir de hauteur h et l'angle α . Exprimer en radian le diamètre apparent α du bougeoir (angle sous lequel il est vu dans les conditions décrites) en fonction de la distance d et de la hauteur h .

1.2. L'observateur se place maintenant à la même distance d d'une des tours de la cathédrale Notre-Dame de Paris. Exprimer en radian le diamètre apparent α' de la tour en fonction de la distance d et de la hauteur H .

1.3. Vérifier que la comparaison proposée par Arago correspond bien à un grossissement

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha} \text{ voisin de } 400.$$

1.4. Pourquoi Arago dit-il à Victor Hugo qu'il a fait un grand voyage ? Vérifier que les distances citées par Arago sont bien dans le rapport du grossissement G de la lunette.

2 - Recherche des caractéristiques de la lunette utilisée par Victor Hugo

Pour cette étude, on prendra la distance focale f_1' de l'objectif L_1 égale à 6,0 m et pour celle de l'oculaire L_2 la valeur $f_2' = 1,5$ cm. Les schémas à compléter **figure 8 en annexe page 12** sont à rendre avec la copie. Ils ne sont pas à l'échelle de la lunette réelle.

2.1. La Lune, située à la distance $D = 384\,400$ km de la Terre, a un diamètre moyen $AB = 3\,474$ km et son diamètre apparent vu depuis la Terre a une valeur moyenne de l'ordre d'un demi degré soit $\alpha \approx 8,5$ mrad.

2.1.1. Où se forme l'image A_1B_1 de la Lune donnée par l'objectif L_1 ?

2.1.2. Construire l'image A_1B_1 sur la **figure 8.a. en annexe page 12**.

2.1.3. Exprimer la taille de l'image A_1B_1 en fonction de f_1' et du diamètre apparent de la Lune puis calculer sa valeur.

2.2. Image définitive $A'B'$

2.2.1. On suppose que la lunette est afocale ce qui signifie que d'un objet à l'infini, elle donne une image définitive à l'infini. Où doit se trouver l'image intermédiaire A_1B_1 par rapport à la lentille L_2 ?

2.2.2. En déduire la position des foyers objet et image de la lentille L_2 et les placer sur le schéma de la **figure 8.b en annexe page 12**.

2.2.3. Construire alors l'image $A'B'$ de A_1B_1 à travers la lentille oculaire L_2 .

2.2.4. Représenter, sur le schéma de la **figure 8.b. en annexe page 12**, le diamètre apparent α' de l'image $A'B'$ vue à travers la lunette. L'exprimer en fonction de A_1B_1 et de f_2' .

2.3. Grossissement

2.3.1. Montrer que le grossissement $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$ est égal au rapport des distances focales des deux lentilles constituant la lunette de l'Observatoire.

2.3.2. Calculer la valeur de G et conclure.

Annexe exercice 1 - À RENDRE AVEC LA COPIE

Figure 1

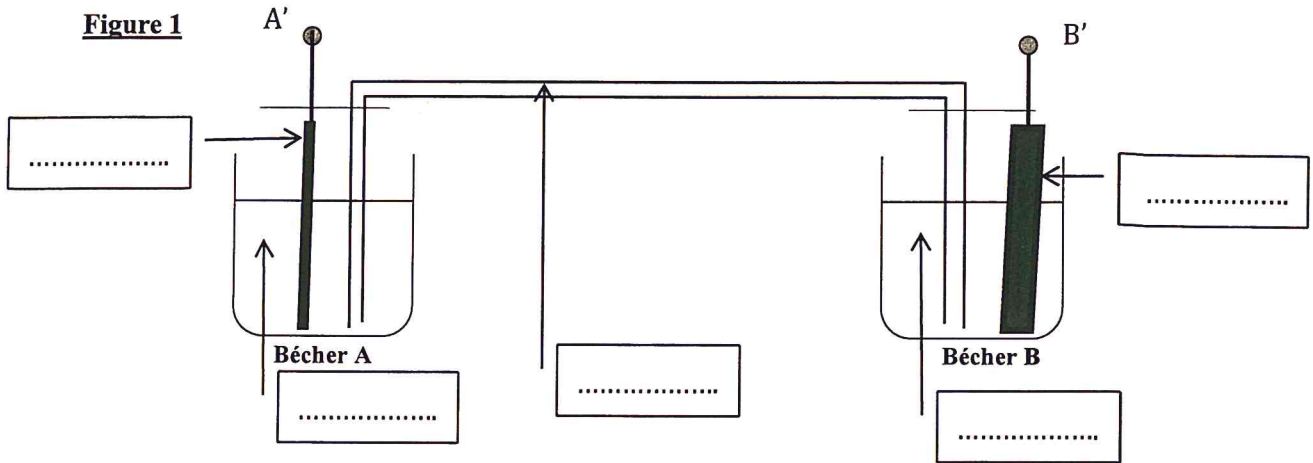
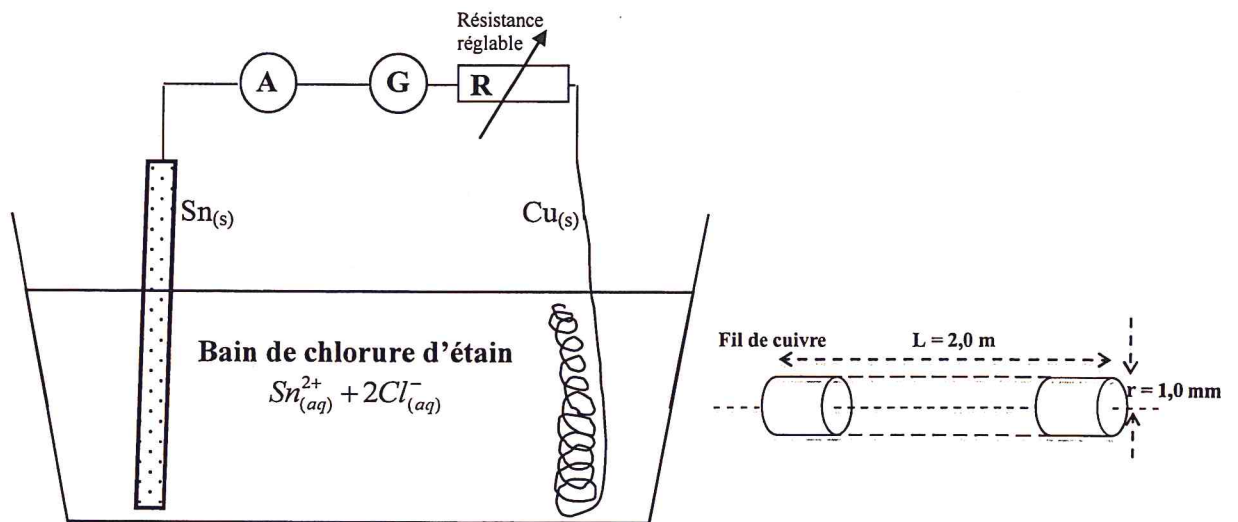


Figure 2



Annexe exercice 2 - À RENDRE AVEC LA COPIE

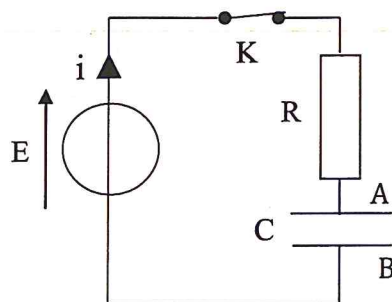


Figure 3

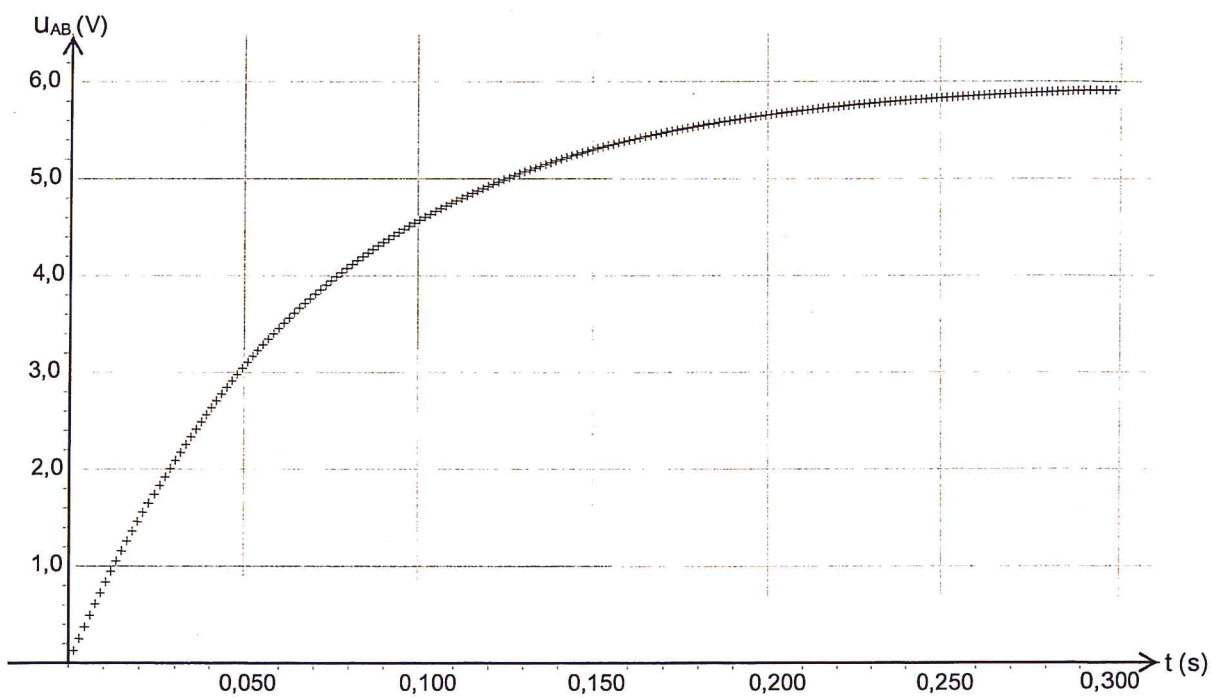
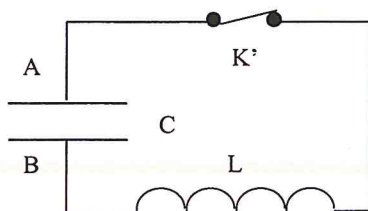


Figure 4

Figure 5



Annexe exercice 2 - À RENDRE AVEC LA COPIE

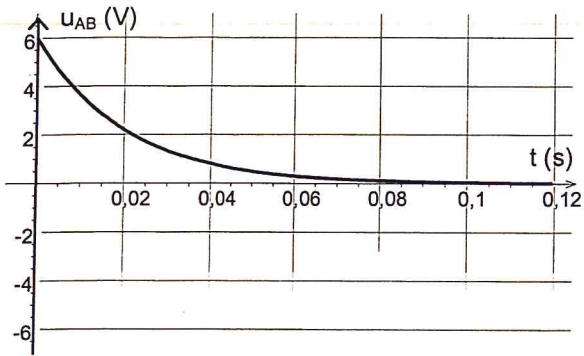


Figure 6a

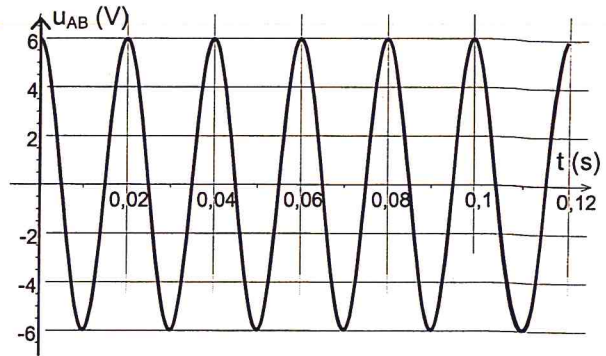


Figure 6b

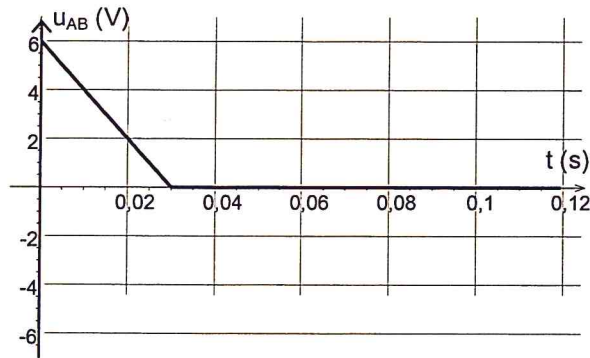


Figure 6c

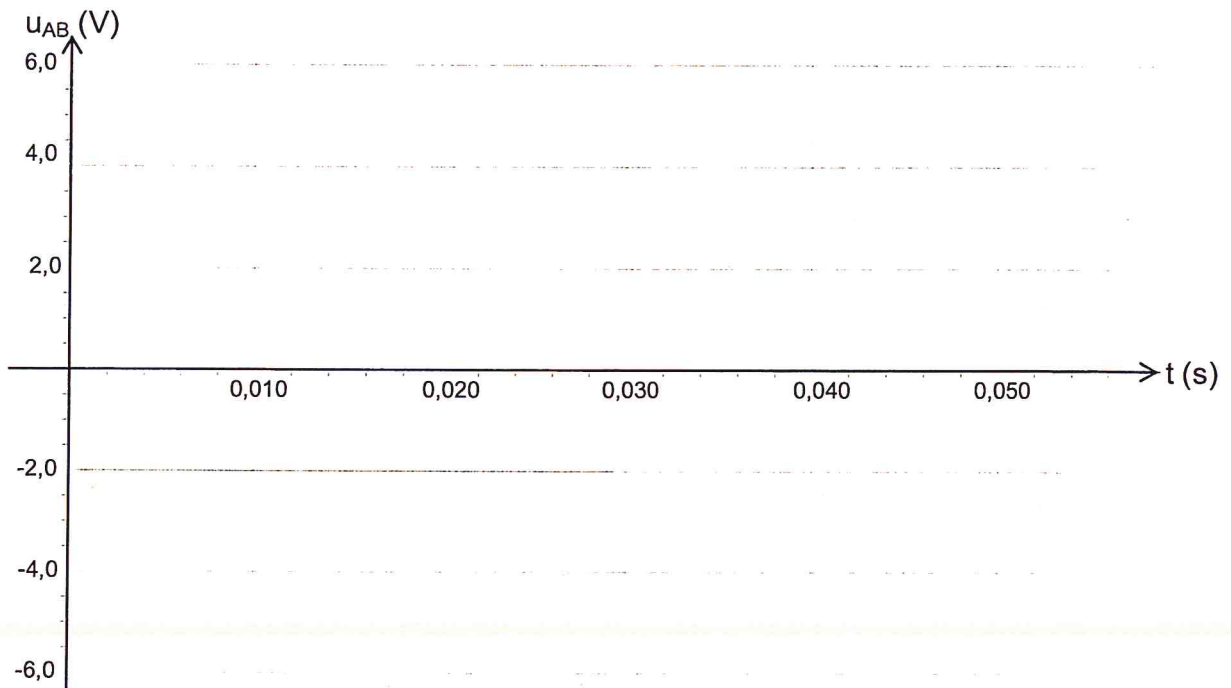


Figure 7

Annexe exercice 3 – À RENDRE AVEC LA COPIE

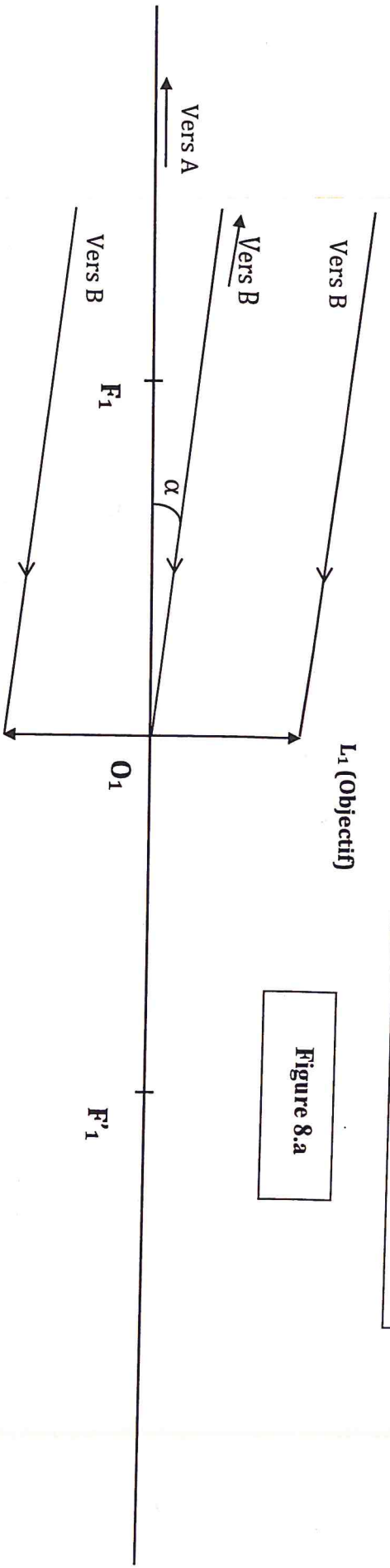


Figure 8.a

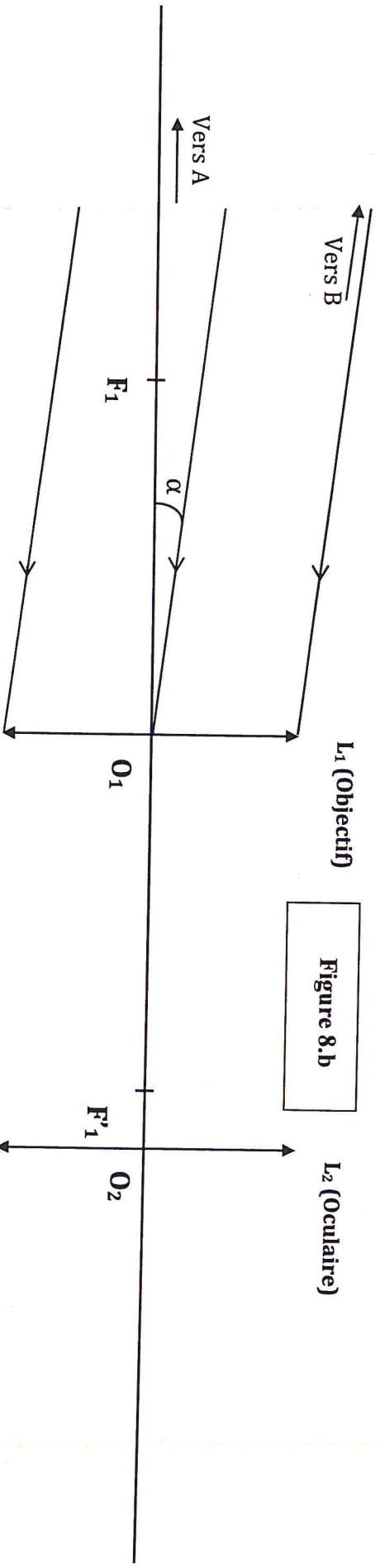


Figure 8.b