

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2009

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

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

L'usage des calculatrices EST autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Les données sont en italique

Ce sujet comporte un exercice de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 13 pages numérotées de 1 à 13, y compris celle-ci et les annexes.

Les feuilles d'annexe (pages 10 à 13) 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 :

- I. Un bijou peu coûteux. (6,5 points)
- II. Etude d'une bobine par différentes méthodes (5,5 points)
- III. Caractéristiques d'une lunette astronomique (4 points)

EXERCICE I : UN BIJOU PEU COÛTEUX (6,5 points)

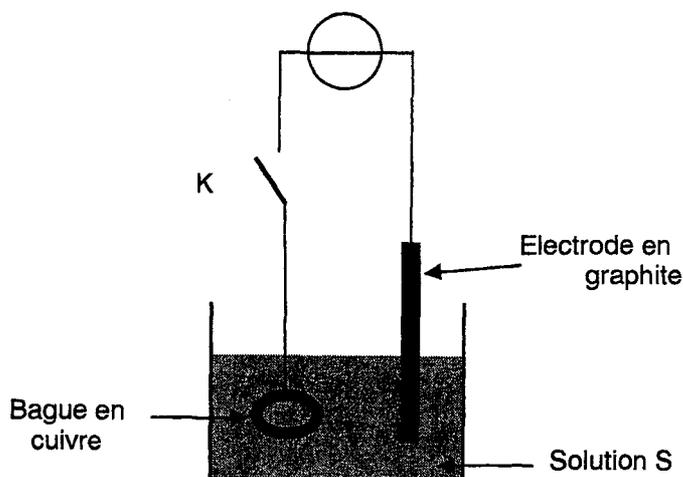
L'argenture est un procédé encore très utilisé qui consiste à déposer une fine couche d'argent sur un métal moins noble, par exemple du cuivre pour la fabrication de bagues bon marché. Le protocole consiste à réaliser une électrolyse en utilisant une solution aqueuse de nitrate d'argent ($\text{Ag}^+(\text{aq})$, $\text{NO}_3^-(\text{aq})$) afin de déposer sur cette bague en cuivre de l'argent sous forme solide. Le volume de la solution S de nitrate d'argent introduite dans l'électrolyseur sera $V = 500 \text{ mL}$ et sa concentration en soluté apporté $C = 4,00 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$. La bague en cuivre, préalablement décapée, est complètement immergée dans la solution et reliée par un fil conducteur à un générateur comme le décrit le schéma ci-dessous.

Une électrode de graphite (considéré comme inerte) plongée dans la solution, permet la circulation d'un courant électrique. L'électrolyse commence lors de la fermeture de l'interrupteur K. Le générateur délivre alors pendant une durée notée Δt un courant électrique d'intensité I constante.

Au niveau de l'électrode de graphite, on observe un dégagement gazeux et sur l'électrode constituée par la bague, seul un dépôt d'argent apparaît distinctement.

On considérera que les anions nitrate

NO_3^- ne subissent aucune transformation chimique au cours de l'électrolyse. Ils contribuent seulement au passage du courant électrique dans l'électrolyseur.



Données

Couple oxydo-réducteur : $\text{Ag}^+(\text{aq})/\text{Ag}(\text{s})$ $\text{H}^+(\text{aq})/\text{H}_2(\text{g})$ $\text{O}_2(\text{g})/\text{H}_2\text{O}(\ell)$

Constante de Faraday $F = 96500 \text{ C.mol}^{-1}$;

Masses molaires en g.mol^{-1} : $M(\text{Ag}) = 107,9$ $M(\text{H}) = 1,0$ $M(\text{O}) = 16,0$

1- Bilan de l'électrolyse

- 1.1. La bague en cuivre constitue-t-elle l'anode ou la cathode pour cette électrolyse ? Justifier votre réponse.
Doit-elle être reliée à la borne positive ou négative du générateur de tension présent dans le montage ?
- 1.2. Quelle autre demi-équation d'oxydoréduction est susceptible de se produire à l'électrode constituée par la bague en cuivre ?
- 1.3. Écrire la demi-équation d'oxydoréduction susceptible de se produire à l'électrode de graphite.
- 1.4. À l'aide des questions précédentes, justifier l'équation suivante traduisant le bilan de l'électrolyse : $4\text{Ag}^+(\text{aq}) + 2\text{H}_2\text{O}(\ell) = 4\text{Ag}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) + 4\text{H}^+(\text{aq})$
- 1.5. La durée de l'électrolyse est de $\Delta t = 80 \text{ min}$ et l'intensité du courant vaut $I = 24 \text{ mA}$
 - 1.5.1 Déterminer la quantité $n(e^-)$ d'électrons échangée pendant cette durée.
 - 1.5.2 Déterminer la quantité initiale d'ions Ag^+ , $n_i(\text{Ag}^+)$, présents à la fermeture de l'interrupteur. Compléter le tableau d'avancement en annexe page 12 à rendre avec la copie.

1.5.3 En déduire l'avancement x de la réaction au bout de la durée de fonctionnement Δt .

1.5.4 Déterminer la masse d'argent $m(\text{Ag})$ déposée sur la bague en cuivre.

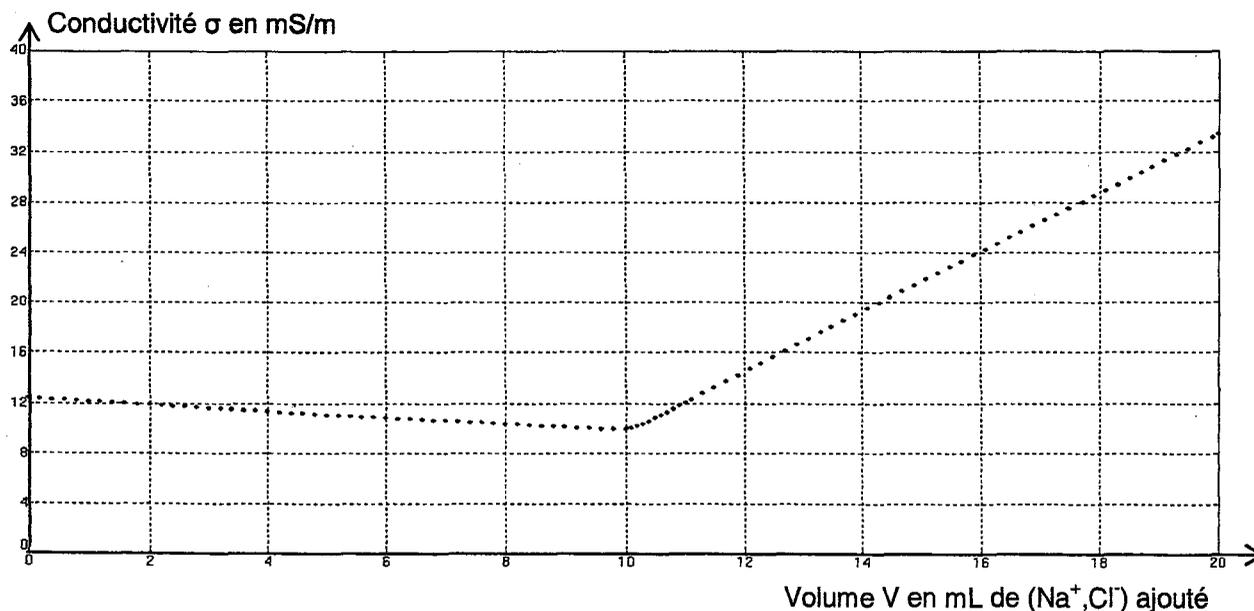
2- Choix d'une réaction support pour doser les ions argent restant après électrolyse

Dans un tube à essais contenant un volume $V = 5,0 \text{ mL}$ de solution de nitrate d'argent ($\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{NO}_3^-(\text{aq})$) de concentration en soluté apporté $C = 4,00 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$, on ajoute un volume $V_1 = 1,0 \text{ mL}$ de solution aqueuse de chlorure de sodium ($\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$) de concentration en soluté apporté $C_1 = 1,00 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$. On observe la formation d'un précipité blanc de chlorure d'argent $\text{AgCl}(\text{s})$.

- 2.1. Écrire l'équation de la réaction chimique ayant lieu dans le tube à essais.
- 2.2. Exprimer littéralement le quotient de réaction Q_r pour la réaction ainsi écrite.
- 2.3. Calculer le quotient de réaction $Q_{r,i}$ dans l'état initial où les réactifs seraient mélangés sans avoir commencé à réagir.
- 2.4. Sachant que la valeur de la constante d'équilibre à 25°C est de $K = 6,4 \times 10^9$, déterminer le sens d'évolution du système chimique (Justifier votre réponse). Votre résultat est-il en accord avec l'observation faite dans le tube à essais ? Justifier votre réponse.

3- Détermination de la masse d'argent déposée sur la bague en cuivre

On propose de vérifier la valeur de la masse d'argent déposée sur la bague électrolysée en utilisant comme réaction support de dosage celle qui a été déterminée à la question 2.1. On réalise alors un titrage par conductimétrie en récupérant toute la solution S de nitrate d'argent contenue dans l'électrolyseur que l'on place dans un récipient adapté. Cette solution a un volume $V = 500 \text{ mL}$ (on admet que ce volume n'a pas varié après les diverses réactions aux électrodes). On mesure la conductivité du mélange après chaque ajout de la solution titrante de chlorure de sodium de concentration en soluté apporté $C_1 = 1,00 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$. On obtient la courbe ci-dessous :



Pendant le titrage, on négligera les variations de volume du mélange.

- 3.1. Parmi la liste de matériel proposé en annexe page 12 à rendre avec la copie, cocher celui nécessaire à la réalisation du titrage décrit ci-dessus.

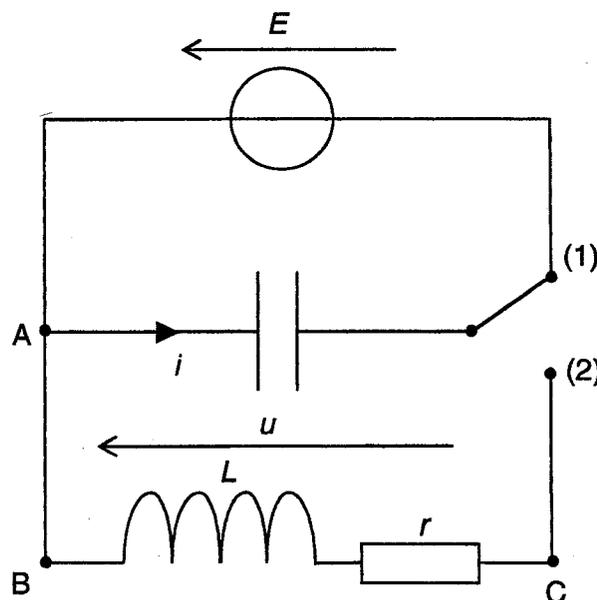
- 3.2. Définir l'équivalence lors de ce titrage.
- 3.3. Déterminer, à l'aide de la courbe ci-dessus, le volume noté V_E de la solution de chlorure de sodium versée à l'équivalence.
- 3.4. Exprimer la quantité de matière des ions argent restants $n_r(\text{Ag}^+)$ dans la solution S en fonction de C_1 et V_E .
- 3.5. Exprimer la quantité de matière d'ions argent $n_c(\text{Ag}^+)$ consommés lors de l'électrolyse en fonction de C_1 , V_E et $n_r(\text{Ag}^+)$, (calculé à la question 1.5.2). Calculer $n_c(\text{Ag}^+)$.
- 3.6. En déduire que la masse d'argent $m(\text{Ag})$ déposé sur la bague en cuivre est de 0,11 g.
- 3.7. Votre réponse est-elle cohérente avec celle donnée à la question 1.5.4 ? Proposer une explication permettant de justifier l'écart possible.

Exercice II : ETUDE D'UNE BOBINE PAR DIFFÉRENTES METHODES (5,5 points)

On se propose dans cet exercice de déterminer l'inductance d'une bobine par différentes méthodes. On dispose pour cela d'un dispositif d'acquisition et d'un logiciel adapté. Dans la première partie de l'exercice la résistance du circuit sera non nulle. Dans les deuxième et troisième parties, un dispositif adapté (non représenté sur les circuits) permettra d'annuler la résistance de l'ensemble.

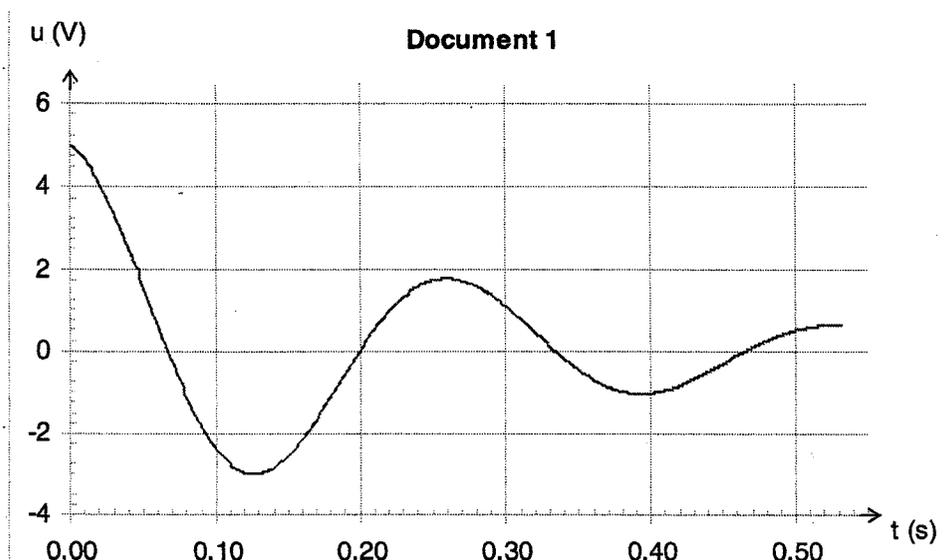
On considère le montage suivant composé :

- d'un générateur de tension de force électromotrice $E = 5,0 \text{ V}$;
- d'un condensateur de capacité $C = 2200 \mu\text{F}$;
- d'une bobine d'inductance L à déterminer, comprise entre 600 et 900 mH, de résistance $r = 15 \Omega$;
- d'un dispositif d'acquisition relié à un ordinateur.



1. Détermination de l'inductance par une méthode temporelle

Le condensateur étant initialement chargé, à la date $t = 0$, on bascule l'interrupteur de la position (1) vers la position (2). Le système d'acquisition relié à l'ordinateur permet d'enregistrer la courbe d'évolution de la tension u aux bornes du condensateur en fonction du temps. La courbe obtenue est représentée sur le **document 1** ci-dessous.

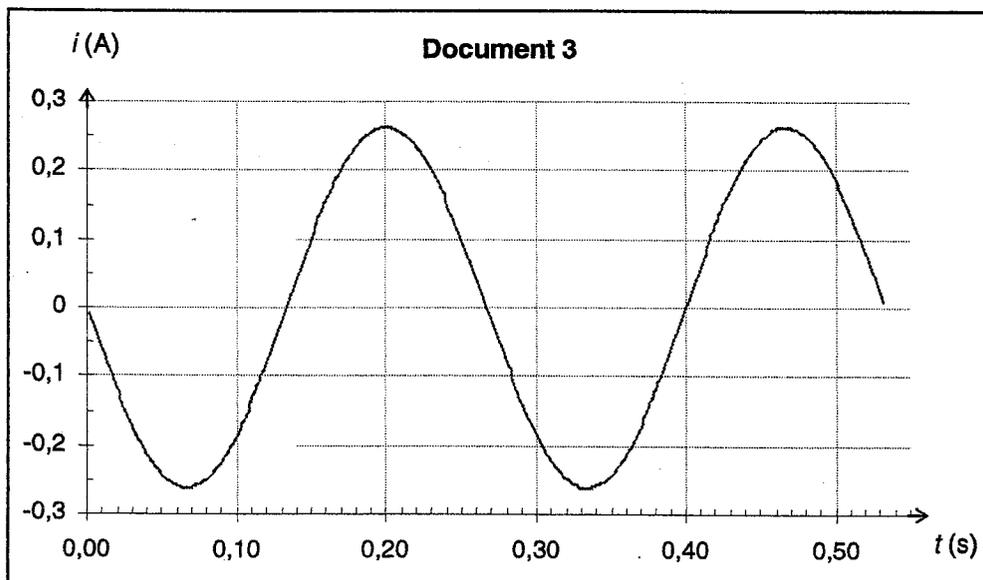
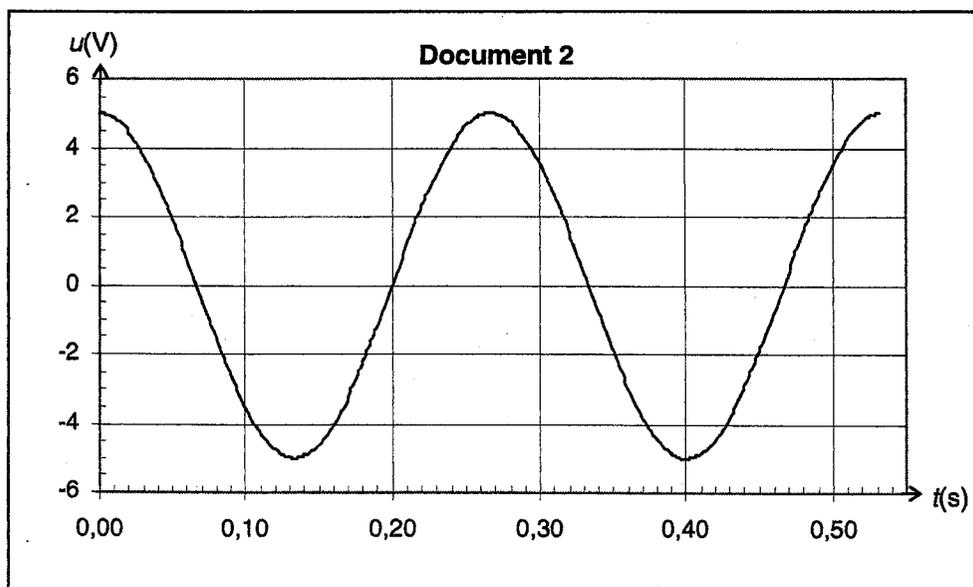


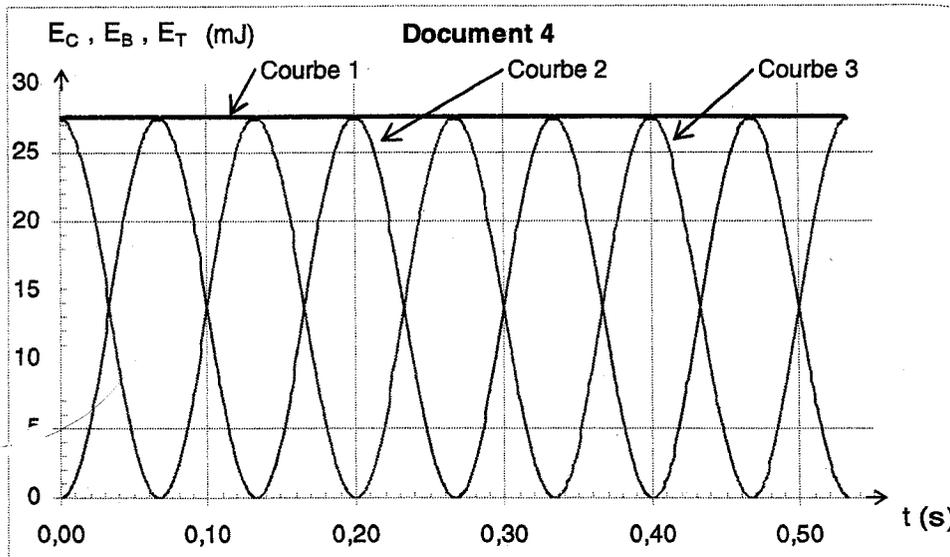
- 1.1. Quel est le phénomène observé ?
- 1.2. Déterminer graphiquement la pseudo-période T de la tension.
- 1.3. En assimilant la pseudo-période à la période propre T_0 , calculer la valeur L de l'inductance de la bobine.

2. Détermination de l'inductance par une méthode énergétique

L'objectif de cette partie est de déterminer la valeur de l'inductance de la même bobine par une méthode énergétique. On notera par la suite E_C l'énergie emmagasinée dans le condensateur, E_B l'énergie emmagasinée dans la bobine et E_T l'énergie totale du circuit. On ajoute au circuit précédent un dispositif qui permet d'annuler la résistance de la bobine sans modifier son inductance. On considérera pour la suite de l'exercice que le nouveau circuit ainsi obtenu est composé uniquement d'un condensateur et d'une bobine idéale (*résistance nulle*).

On charge à nouveau le condensateur avant de basculer l'interrupteur en position (2) à la date $t = 0$ s. Le logiciel permet de tracer les courbes donnant l'évolution de la tension u aux bornes du condensateur, (document 2), de l'intensité (document 3) et des différentes formes d'énergie en fonction du temps (document 4).

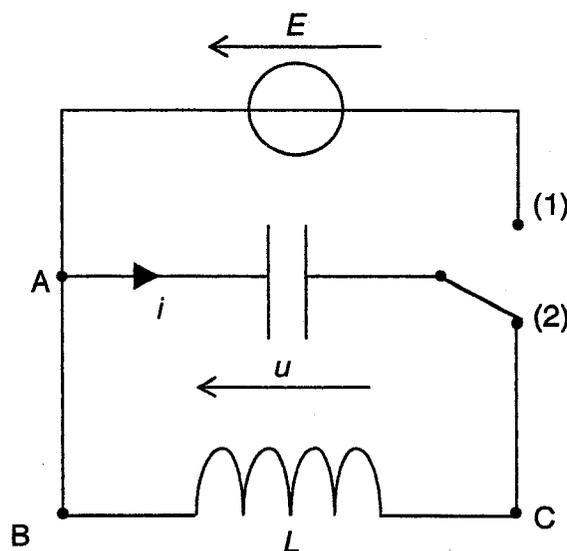




- 2.1. Rappeler les expressions littérales des énergies E_C et E_B en fonction de L , C , u et i .
- 2.2. En déduire l'expression de l'énergie E_T du circuit, en fonction de L , C , u et i .
- 2.3. Identifier sur le document 4, les courbes donnant l'évolution de E_B , E_C et de E_T . Justifier votre réponse.
- 2.4. Déterminer graphiquement la valeur de l'énergie E_T du circuit.
- 2.5. Dans quel dipôle est emmagasinée l'énergie à la date $t = 0,20$ s? Justifier votre réponse.
- 2.6. En déduire la valeur de l'inductance de la bobine. L'exploitation d'un document peut s'avérer nécessaire pour répondre à cette question.

3. Modélisation de la tension et de l'intensité

On souhaite établir l'expression de la tension en fonction du temps et celle de l'intensité en fonction du temps. Comme pour la partie 2, on considèrera comme nulle la résistance totale du circuit.



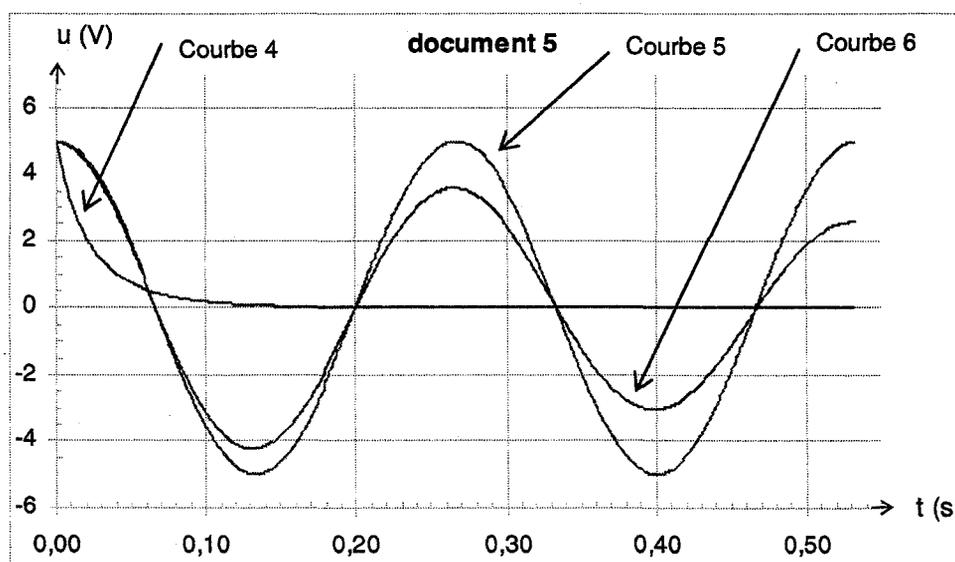
- 3.1. En tenant compte des conventions d'orientation figurant sur le schéma du circuit, donner l'expression de la tension u aux bornes de la bobine en fonction de l'intensité i du courant qui la traverse et de son inductance L .

- 3.2. Donner l'expression de l'intensité i du courant qui parcourt le circuit, lorsque l'interrupteur est en position (2), en fonction de la tension u et de la capacité C du condensateur.
- 3.3. En déduire l'équation différentielle vérifiée par le circuit sous la forme $\ddot{u} + A^2u = 0$ dans laquelle A représente une constante à déterminer littéralement en fonction de L et C .
- 3.4. La solution de l'équation différentielle est de la forme $u(t) = u_{max} \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$. Dans cette expression u_{max} représente l'amplitude ($u_{max} > 0$), T_0 représente la période propre et φ la phase à l'origine.
- 3.4.1. À partir de l'enregistrement de l'évolution de la tension (document 2) déterminer les valeurs des constantes u_{max} et φ puis écrire $u(t)$ sous forme numérique.
- 3.4.2. En déduire l'expression numérique de $i(t)$.

4. Comparaison de différents régimes de fonctionnement

Le dispositif destiné à annuler la résistance de la bobine peut être réglé de façon que la résistance totale du circuit soit plus ou moins importante. On réalise des acquisitions en déchargeant le condensateur dans la bobine et en testant successivement différents réglages du dispositif de compensation de la résistance de la bobine.

On réalise 4 expériences et, pour chacune d'entre elles, on mesure la résistance totale du circuit de décharge, comportant le condensateur, la bobine et le dispositif de compensation de résistance. On enregistre à chaque fois la tension aux bornes du condensateur en fonction du temps (courbes du document 5).



- 4.1. Compléter le tableau donné en annexe page 13 à rendre avec la copie.
- 4.2. Justifier l'aspect de la courbe 6 par des considérations énergétiques.

EXERCICE III : CARACTERISTIQUES D'UNE LUNETTE ASTRONOMIQUE (4 points)

Martin est passionné par l'observation du ciel. Il demande à son professeur de Sciences Physiques de lui donner quelques explications à propos des lunettes astronomiques. Celui-ci propose de modéliser une lunette en utilisant deux lentilles convergentes. Il lui rappelle également que toute lentille possède un centre optique O, un foyer image F', un foyer objet F.

1. Étude d'une lentille convergente.

Soit la lentille L, de distance focale $f' = 2,0$ cm.

- 1.1. Par quelle relation définit-on la distance focale d'une lentille ?
- 1.2. Calculer la vergence C de cette lentille.
- 1.3. Placer sur l'annexe page 12 à rendre avec la copie le centre optique O, le foyer image F', le foyer objet F.
- 1.4. Construire, sur l'annexe page 12 à rendre avec la copie, l'image A'B' par la lentille L de l'objet AB.
- 1.5. Vérification de la position et de la taille de l'image A'B' par le calcul.
Données : OA = 4,0 cm ; AB = 1,5 cm.
 - 1.5.1. Utiliser la formule de conjugaison pour déterminer la position de l'image A'B'.
 - 1.5.2. Utiliser la formule du grandissement pour déterminer la taille de l'image A'B'.

2. Modélisation de la lunette.

On appelle objectif la lentille située du côté de l'objet à observer, et oculaire celle située du côté de l'œil de l'observateur.

Données : objectif : lentille L₁ de distance focale $f'_1 = 1,00$ m et de diamètre 6 cm.
oculaire : lentille L₂ de distance focale $f'_2 = 20,0$ cm et de diamètre 6 cm.

- 2.1. Où se situe l'image par l'objectif d'un objet à l'infini ? Cette image est appelée image intermédiaire.
- 2.2. Où doit se situer l'image intermédiaire pour être vue à travers l'oculaire sans accommoder ?
- 2.3. Préciser la position du foyer objet F₂ de l'oculaire par rapport au foyer image F'₁ de l'objectif. Justifier votre réponse. *On dit qu'une telle lunette est afocale.*
- 2.4. Placer la lentille L₂ sur l'annexe page 13 à rendre avec la copie (échelle 1/10^{ème}).
- 2.5. Construire, sur l'annexe page 13 à rendre avec la copie, l'image A₁B₁, dite image intermédiaire, de AB par L₁ puis l'image A₂B₂ de A₁B₁ par L₂.
- 2.6. Le diamètre apparent de l'objet AB situé à l'infini est noté θ et celui de l'image définitive A₂B₂ est noté θ'
 - 2.6.1. Définir le diamètre apparent d'un objet.
 - 2.6.2. Représenter θ et θ' sur l'annexe page 13 à rendre avec la copie.
 - 2.6.3. Le grossissement G de la lunette est défini par le rapport $\frac{\theta'}{\theta}$. Établir la relation donnant G en fonction de f'_1 et f'_2 puis calculer sa valeur ; on rappelle que pour les petits angles $\sin \theta \approx \tan \theta \approx \theta$.
- 2.7. Définir le cercle oculaire et le construire sur l'annexe page 13 à rendre avec la copie.

ANNEXES DE L'EXERCICE I

Question 1.5.2 : tableau d'avancement à compléter

Équation de la transformation chimique		$4\text{Ag}^+(\text{aq}) + 2\text{H}_2\text{O}(\ell) = 4\text{Ag}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) + 4\text{H}^+(\text{aq})$					
État du système	Avancement en mol	$n(\text{Ag}^+)$ en mol	$n(\text{H}_2\text{O})$ en mol	$n(\text{Ag})$ en mol	$n(\text{O}_2)$ en mol	$n(\text{H}^+)$ en mol	$n(e^-)$ échangés
État initial	$x = 0$		Excès			Excès	
État intermédiaire	x		Excès			Excès	

Question 3.1. : compléter le tableau en cochant dans la deuxième colonne le matériel nécessaire au dosage

Matériel proposé	Matériel nécessaire pour le dosage
Burette de 25,0 mL	
Becher de 1,0 L	
Becher de 250 mL	
Becher de 50 mL	
Conductimètre avec sa sonde	
pHmètre avec son électrode	
Agitateur magnétique	
Barreau aimanté	
Eprouvette graduée de 25 mL	
Eprouvette graduée de 100 mL	
Pipette graduée de 10,0 mL	
Pipette graduée de 25,0 mL	

ANNEXES DE L'EXERCICE II**Question 4.1.**

Résistance totale du circuit de décharge (Ω)	N° de la courbe correspo ndante	Nom du régime associé	Justification
0			
2,0			
80			

