

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2006

ÉPREUVE : **PHYSIQUE-CHIMIE – Série S**

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

ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

L'USAGE DE LA CALCULATRICE EST AUTORISÉ

Ce sujet comporte trois exercices de PHYSIQUE-CHIMIE présentés sur 12 pages numérotées de 1/12 à 12/12 y compris celle-ci.

Les pages annexes 9/12, 10/12, 11/12 et 12/12 sont à rendre avec la copie après avoir été complétées.

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

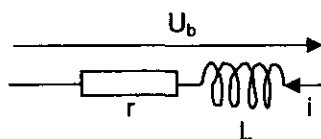
Exercice I	:	Résistance d'une bobine réelle	6 points
Exercice II	:	Où il est question de la lumière	6 points
Exercice III	:	Purification du cuivre	4 points

EXERCICE I : RÉSISTANCE D'UNE BOBINE RÉELLE (6 points)

Dans tout l'exercice, on tiendra compte de la précision des données afin d'exprimer les résultats numériques en accord avec cette précision.

Un étudiant, curieux, veut vérifier la valeur de la résistance r d'une bobine réelle d'inductance 250 mH, modélisée sous forme d'un dipôle (r, L) en série. La tension en fonction du temps dans le cas général d'un courant électrique d'intensité $i(t)$ aux bornes d'une telle bobine est donnée par la relation :

$$u_b = r.i + L.\frac{di}{dt}$$



Il dispose de tout le matériel souhaitable et procède à plusieurs essais.

A - EN RÉGIME PERMANENT

Pour mesurer la valeur de r , l'étudiant réalise un circuit comportant un générateur de tension continue de valeur $E = 6,0$ V de résistance interne négligeable, un ampèremètre numérique, un voltmètre numérique, des fils de connexion et la bobine à étudier.

1. Compléter le schéma du circuit en indiquant les positions de l'ampèremètre et du voltmètre (**annexe page 9 à rendre avec la copie**). Faire figurer la tension $U_g = E$ (tension aux bornes du générateur) ainsi que la tension $U_b =$ (tension aux bornes de la bobine). On négligera la tension aux bornes de l'ampèremètre.
2. Les mesures des appareils donnent $U_b = 5,95$ V et $I_b = 410$ mA. En déduire la valeur r_1 de la résistance de la bobine dans ce cas particulier. Justifiez votre démarche.

B - EN RÉGIME TRANSITOIRE

L'étudiant modifie le montage précédent auquel il ajoute une résistance $R' = 10,0$ Ω en série.

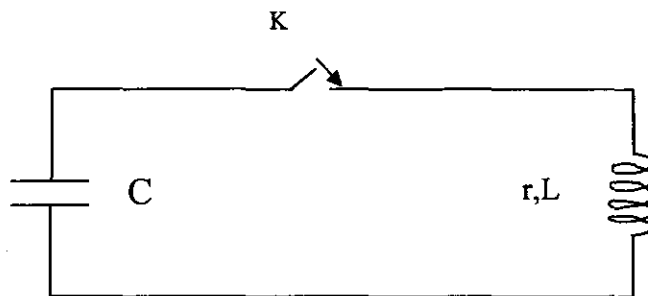
Il remplace les appareils de mesure par un système d'acquisition informatisé qui lui donne les variations de $i(t)$ obtenues à la fermeture de l'interrupteur. La tension du générateur reste fixe et égale à 6,00 V.

1. Quel est alors le phénomène observé dans le circuit ?
2. Sur le schéma du circuit modifié (**annexe page 9 à rendre avec la copie**), indiquer comment brancher le système d'acquisition (voie d'entrée et voie de référence) afin d'obtenir une tension proportionnelle à l'intensité du courant dans le circuit. Justifier votre réponse.
3. Déterminer la constante de temps τ à partir du document obtenu par le système d'acquisition. Détailler clairement la méthode utilisée sur le graphe donné en **annexe page 9 à rendre avec la copie**.

4. 4.1. La valeur de τ de ce circuit est égale au rapport $\frac{L}{R}$ où R représente la résistance électrique totale du circuit. Donner l'expression littérale de τ en fonction des paramètres du circuit et vérifier par une analyse dimensionnelle que τ est homogène à un temps.
- 4.2. La bobine ayant une inductance $L = 250 \text{ mH}$, déduire la valeur r_2 de sa résistance.
5. On considère que l'intensité $i(t)$ atteint la valeur limite $I_\infty = 240 \text{ mA}$ au bout d'une durée 5 fois supérieure à τ .
- 5.1. Quel est alors le régime de fonctionnement de la bobine ?
- 5.2. Exprimer r , résistance de la bobine en fonction de E , I_∞ et R' . Calculer sa valeur r_3 .
6. Les trois valeurs r obtenues dans les parties A et B sont-elles cohérentes entre elles ?

C - EN RÉGIME OSCILLATOIRE

Cette bobine est branchée aux bornes d'un condensateur de capacité $C = 4 \mu\text{F}$, préalablement chargé par un circuit annexe non représenté, selon le schéma ci-dessous :



1. 1.1. Rappeler l'expression littérale de la période propre T_0 d'un oscillateur LC.
- 1.2. Calculer la valeur de cette période T_0 .
2. 2.1. On branche un oscilloscope aux bornes du condensateur et on observe sur l'écran des oscillations pseudo-périodiques de pseudo-période T . Interpréter l'amortissement des oscillations.
- 2.2. On constate, avec une base de temps de 2 millisecondes par division, que 2 pseudo-périodes occupent entre 6,2 et 6,4 divisions. Donner un encadrement de la pseudo-période T ainsi mesurée.
- 2.3. Comparer ce résultat à T_0 .

EXERCICE II : OÙ IL EST QUESTION DE LUMIÈRE... (6 points)

Les parties A et B peuvent être traitées de façon indépendante

PARTIE A

Un faisceau de lumière, parallèle monochromatique, de longueur d'onde λ produit par une source laser arrive sur un fil vertical, de diamètre a (a est de l'ordre du dixième de millimètre). On place un écran à une distance D de ce fil ; la distance D est grande devant a (cf. figure 1).

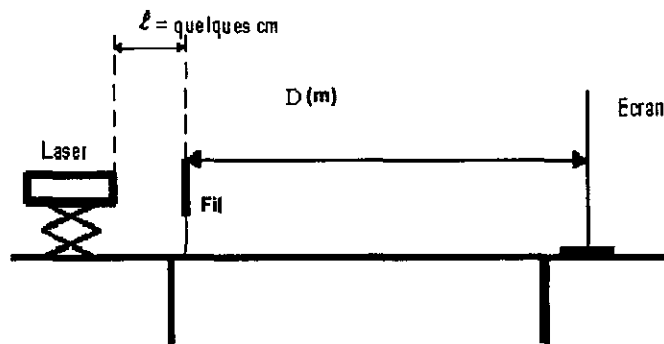


Figure 1

1. La figure 2 de l'annexe page 10 à rendre avec la copie présente l'expérience vue de dessus et la figure observée sur l'écran. Quel enseignement sur la nature de la lumière ce phénomène apporte-t-il ? Nommer ce phénomène .
2. Faire apparaître sur la figure 2 de l'annexe page 10 l'écart angulaire ou demi-angle de diffraction θ et la distance D entre l'objet diffractant (en l'occurrence le fil) et l'écran.
3. En utilisant la figure 2 de l'annexe page 10 exprimer l'écart angulaire θ en fonction des grandeurs L et D sachant que pour de petits angles exprimés en radian : $\tan \theta = \theta$
4. Quelle expression mathématique lie les grandeurs θ , λ et a ? (On supposera que la loi est la même que pour une fente de largeur a). Préciser les unités respectives de ces grandeurs physiques.
5. En utilisant les résultats précédents, montrer que la largeur L de la tâche centrale de diffraction s'exprime par :

$$L = 2 \cdot \frac{\lambda \cdot D}{a}$$

6. On dispose de deux fils calibrés de diamètres respectifs $a_1 = 60 \mu\text{m}$ et $a_2 = 80 \mu\text{m}$. On place successivement ces deux fils verticaux dans le dispositif présenté par la figure 1. On obtient sur l'écran deux figures de diffraction distinctes notées A et B (cf. figure 3 annexe page 10). Associer, en le justifiant, à chacun des deux fils la figure de diffraction qui lui correspond.

On cherche maintenant à déterminer expérimentalement la longueur d'onde dans le vide λ de la lumière monochromatique émise par la source laser utilisée.

Pour cela, on place devant le faisceau laser des fils calibrés verticaux.

On désigne par « a » le diamètre d'un fil. La figure de diffraction obtenue est observée sur un écran blanc situé à une distance $D = 2,50$ m des fils.

Pour chacun des fils, on mesure la largeur L de la tâche centrale de diffraction.

On trace la courbe $L = f(1/a)$ (cf. **figure 4, annexe page 10**)

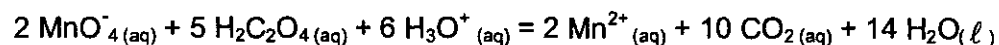
7. La lumière émise par la source laser est dite monochromatique. Quelle est la signification de ce terme ?
8. Montrer que l'allure de la courbe $L = f(1/a)$ obtenue est en accord avec l'expression de L donnée en 5.
9. Donner l'équation de la courbe $L = f(1/a)$ et en déduire la longueur d'onde λ dans le vide de la lumière monochromatique constitutive du faisceau laser utilisé.
10. Calculer la fréquence de la lumière monochromatique émise par la source laser.
11. On éclaire avec cette source laser un verre flint d'indice $n(\lambda) = 1,64$.
À la traversée de ce milieu transparent dispersif, les valeurs de la fréquence, de la longueur d'onde et la couleur associées à cette radiation varient-elles ?

Donnée : célérité de la lumière dans le vide ou dans l'air $c = 3,00 \times 10^8$ m.s⁻¹.

PARTIE B

On étudie la cinétique de la réaction, en solution aqueuse, entre les ions permanganate, de formule MnO_4^- (aq), et l'acide éthanedioïque, ou acide oxalique de formule $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ (aq).

L'équation associée à la réaction, considérée comme totale, modélisant la transformation chimique étudiée s'écrit :



On suit l'évolution du système chimique par spectrophotométrie.

En solution aqueuse, les ions permanganate absorbent une partie des radiations du spectre visible contrairement à toutes les autres espèces chimiques présentes dans le milieu réactionnel qui n'interagissent pas avec la lumière visible.

Le spectrophotomètre est réglé sur la longueur d'onde λ dans l'air de l'une des radiations absorbées par les ions permanganate. Il permet de mesurer l'absorbance A_λ de la solution du milieu réactionnel.

L'absorbance A_λ de la solution est une grandeur qui est proportionnelle à la concentration effective des ions permanganate, soit :

$$A_\lambda(t) = k. [\text{MnO}_4^- \text{(aq)}](t)$$

1. Radiation lumineuse et suivi spectrophotométrique

Le spectre d'absorption $A = f(\lambda)$ d'une solution aqueuse de permanganate de potassium de concentration $[\text{MnO}_4^-]_{(\text{aq})} = 5,0 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$ en ions effectivement présents en solution est donné **figure 5 de l'annexe page 11**.

1.1. Dans quel intervalle de longueurs d'onde l'absorbance est-elle significative ?

Quelle est la couleur de la solution ?

1.2. Un laser de longueur d'onde 540 nm serait-il adapté pour l'étude spectrophotométrique de la transformation ?

On introduit dans la cuve du spectrophotomètre, un volume $V_1 = 1,0 \text{ mL}$ d'une solution aqueuse acidifiée de permanganate de potassium de concentration effective en ions permanganate

$$[\text{MnO}_4^-]_{(\text{aq})} = 5,0 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}.$$

À la date $t_0 = 0 \text{ min}$, on ajoute un volume $V_2 = 1,0 \text{ mL}$ d'une solution aqueuse d'acide oxalique de concentration effective en acide oxalique $[\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4]_{(\text{aq})} = 12,5 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$.

Le spectrophotomètre mesure l'absorbance du milieu réactionnel en fonction du temps (cf. **figure 6, annexe page 11**).

2. Absorbance et cinétique chimique

2.1. En regard de la transformation chimique réalisée et de la réaction qui la modélise, justifier l'évolution de l'absorbance du milieu réactionnel au cours du temps.

2.2. Déterminer les quantités de matière initiales des ions permanganate et d'acide oxalique.

2.3. A l'aide d'un tableau d'avancement, déterminer l'avancement maximal en supposant les ions H_3O^+ en large excès.

Le graphe donnant l'évolution de l'avancement au cours du temps se trouve dans la **figure 7 de l'annexe page 12**.

2.4. On rappelle que la vitesse volumique de la réaction est donnée par l'expression :

$$v(t) = \frac{1}{V_{\text{mel}}} \times \frac{dx}{dt} \quad \text{où } V_{\text{mel}} \text{ représente le volume du mélange réactionnel.}$$

a) Comment peut-on évaluer la vitesse volumique à une date t ?

b) Comment évolue la vitesse volumique de cette transformation ?

2.5. Définir le temps de demi réaction $t_{1/2}$.

2.6. Déterminer graphiquement $t_{1/2}$.

EXERCICE III : PURIFICATION DU CUIVRE : PRINCIPE DU RAFFINAGE DU CUIVRE
(4 points)

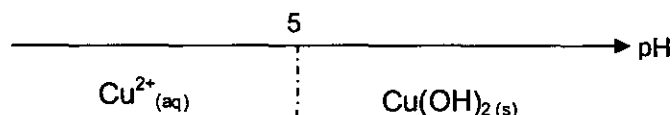
Le cuivre utilisé pour la fabrication des conducteurs électriques doit être pur à 99,99 %.
La purification des métaux par électrolyse est possible grâce à l'emploi d'une anode soluble :

- le métal impur (minerai de cuivre contenant 98 à 99,5 % de cuivre) constitue l'anode. Ce métal subit une oxydation et passe à l'état d'ions en solution. Les impuretés libérées tombent au fond de l'électrolyseur ou restent en suspension dans la solution électrolytique.
- A la cathode, les ions cuivre II ($\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$) en solution subissent une réduction, le métal très pur se dépose.
- La solution électrolytique contient des ions cuivre II ($\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$), des ions sulfate $\text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$ et de l'acide sulfurique.

PREMIÈRE PARTIE :

Le schéma, qui se trouve en **annexe page 12 à rendre avec la copie**, illustre le montage d'une telle électrolyse.

1. Compléter le schéma en indiquant sur le schéma :
 - le sens du courant électrique : I
 - le sens de déplacement des électrons : e^-
 - le sens de déplacement des ions positifs (cations)
 - le sens de déplacement des ions négatifs (anions)
 - l'anode
 - la cathode
2. La transformation qui se produit lors d'une électrolyse est-elle une réaction d'oxydoréduction spontanée ou forcée ? Justifier la réponse.
3. Écrire les équations des transformations qui se déroulent aux électrodes.
4. En déduire l'équation de la réaction d'oxydoréduction qui se déroule dans l'électrolyseur.
5. Pourquoi qualifie-t-on cette électrolyse d'électrolyse à « anode soluble » ?
6. La concentration en ions cuivre II de la solution électrolytique varie-t-elle au cours de l'électrolyse ? Justifier.
7. En fonction du pH de la solution dans laquelle il se trouve, l'élément cuivre en solution peut exister sous deux formes : $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ ou $\text{Cu}(\text{OH})_{2(\text{s})}$. On donne ci-dessous le diagramme de prédominance de l'ion Cu^{2+}



Expliquer qualitativement pourquoi on ajoute de l'acide sulfurique dans la solution électrolytique.

DEUXIÈME PARTIE :

A l'aide du montage décrit dans la première partie, on désire déposer par électrolyse une couche de cuivre sur une plaque d'acier, afin d'améliorer le contact électrique d'un interrupteur incorporé dans un circuit électrique. Dans l'industrie, pour des raisons d'efficacité, on dépose sur la plaque d'acier à traiter, une fine couche de nickel qui permet une meilleure adhérence du cuivre. On ne tiendra pas compte de cette opération dans l'exercice.

Le dispositif est monté de telle façon qu'une seule face de la plaque d'acier puisse être recouverte de cuivre.

Lors de l'électrolyse d'une durée $\Delta t = 30,0 \text{ min.}$, l'intensité du courant est constante et vaut $I = 4,00 \cdot 10^2 \text{ mA}$.

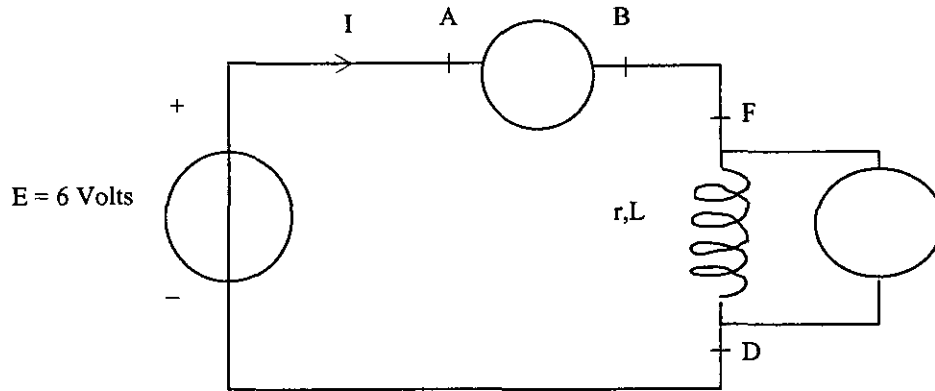
Données :

- $M(\text{Cu}) = 63,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$;
- Constante d'Avogadro : $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$;
- Charge élémentaire : $e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$.

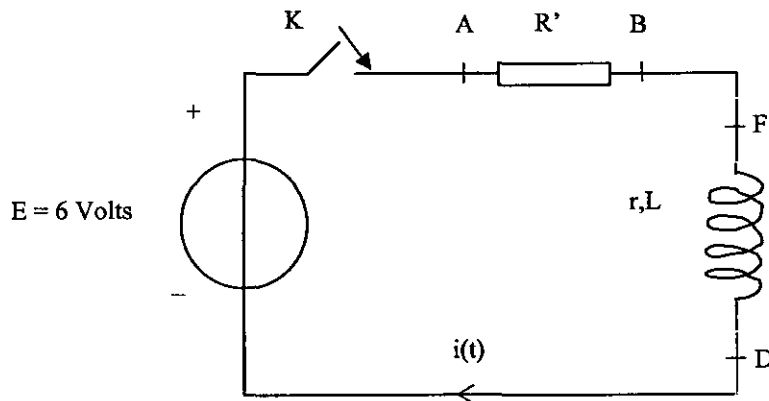
1. La plaque d'acier doit-elle jouer le rôle de l'anode ou de la cathode ?
2. Exprimer la quantité d'électricité Q , qui a traversé le circuit pendant l'électrolyse en fonction de I et Δt .
3. Exprimer Q en fonction de n_e (quantité de matière d'électrons transférée au cours de l'électrolyse), N_A et e .
4. Exprimer n_e , en fonction de n_{Cu} (quantité de matière de cuivre formée).
5. Déduire des questions précédentes l'expression littérale de n_{Cu} puis de m_{Cu} , masse de cuivre qui s'est déposée sur la plaque. Calculer cette masse.
6. On observe en réalité lors de l'électrolyse une variation de la masse de la lame de cuivre $|\Delta m| = 2,41 \times 10^{-1} \text{ g}$. Proposer une explication.

EXERCICE I : ANNEXE à rendre avec la copie

Question A) 1.

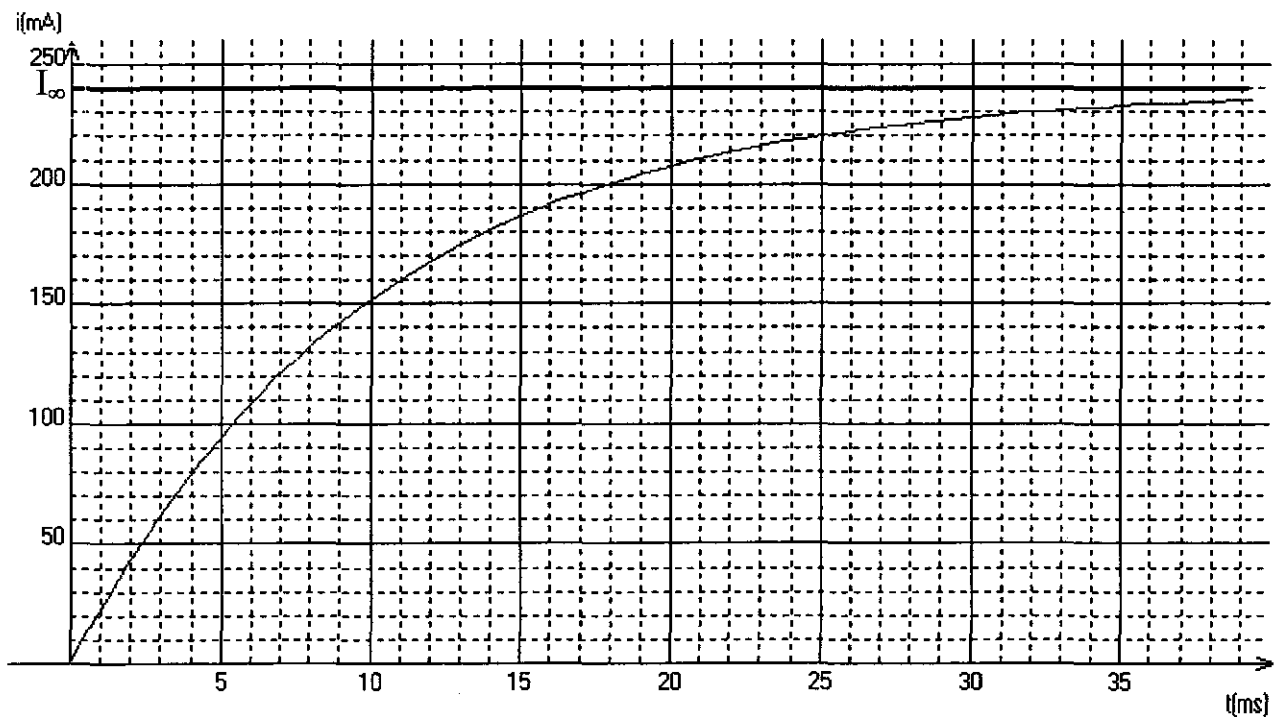


Question B.2 : schéma à compléter



Question B.3 :

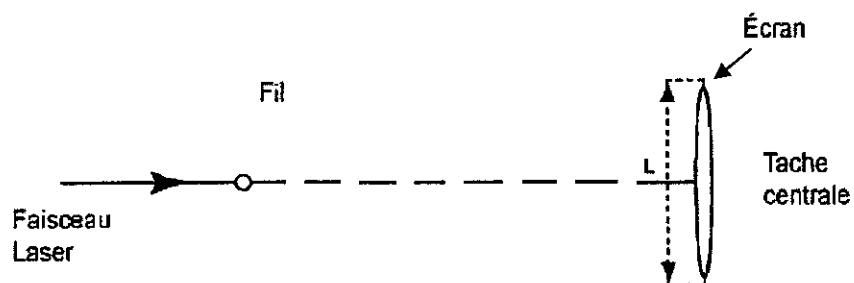
Résultat de l'acquisition donné par le système informatisé : $i(t)$ en mA, t en ms



EXERCICE II : ANNEXE à rendre avec la copie

Questions A.1, A.2 et A.4

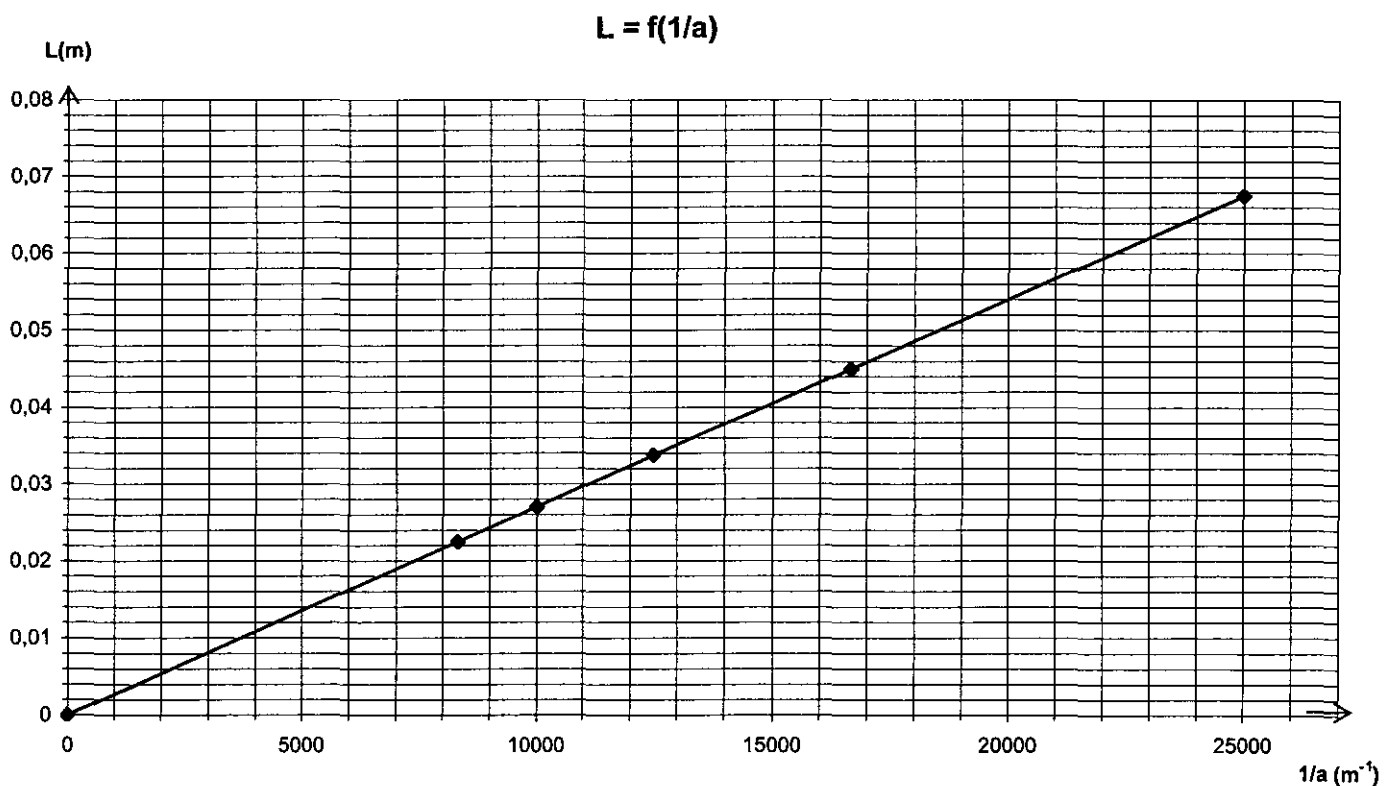
Figure 2 vue de dessus : le fil est perpendiculaire au plan de la figure.



Question A.6 : Figure 3

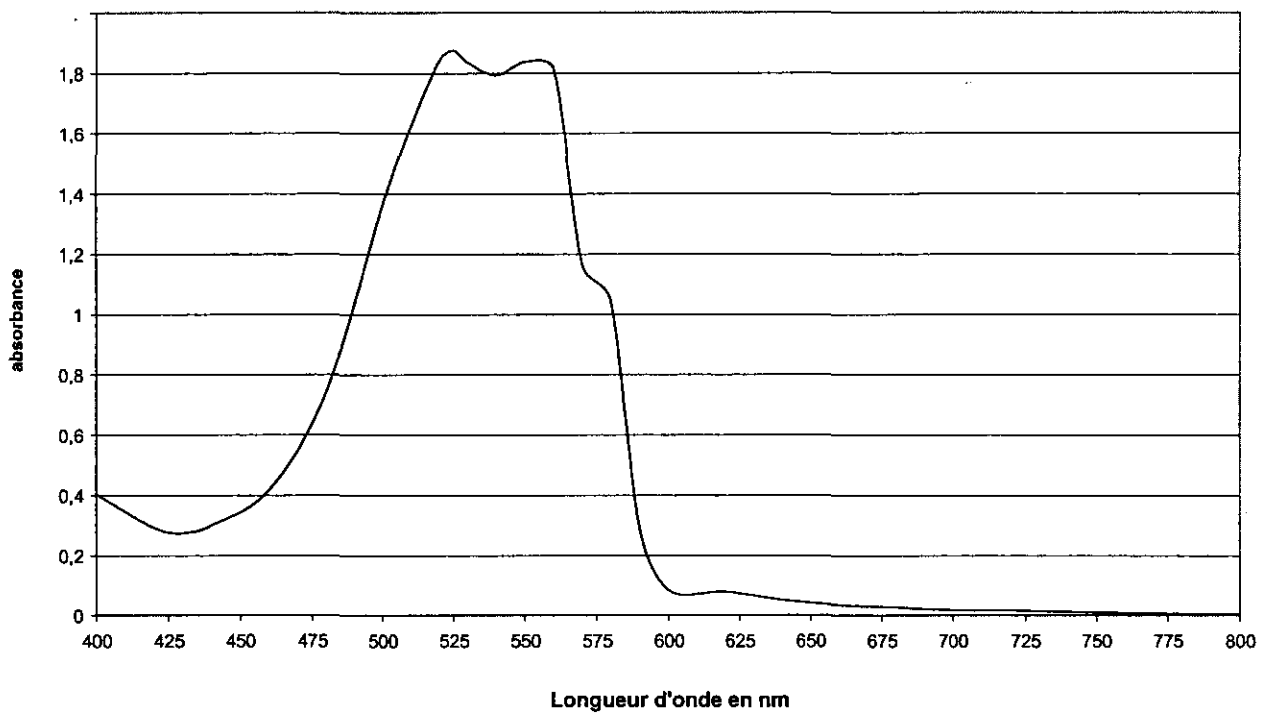


Questions A.8, A.9 : Figure 4

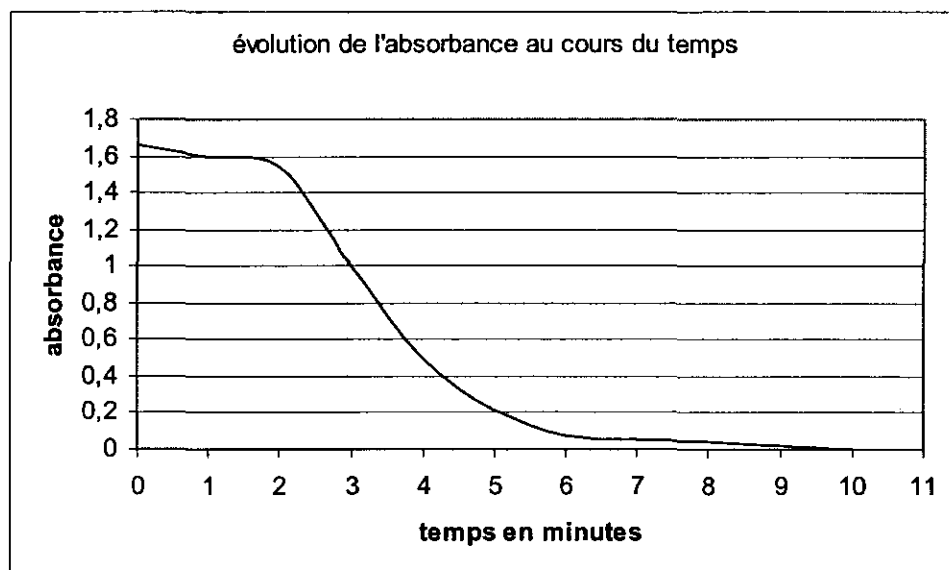


Question B.1 : Figure 5

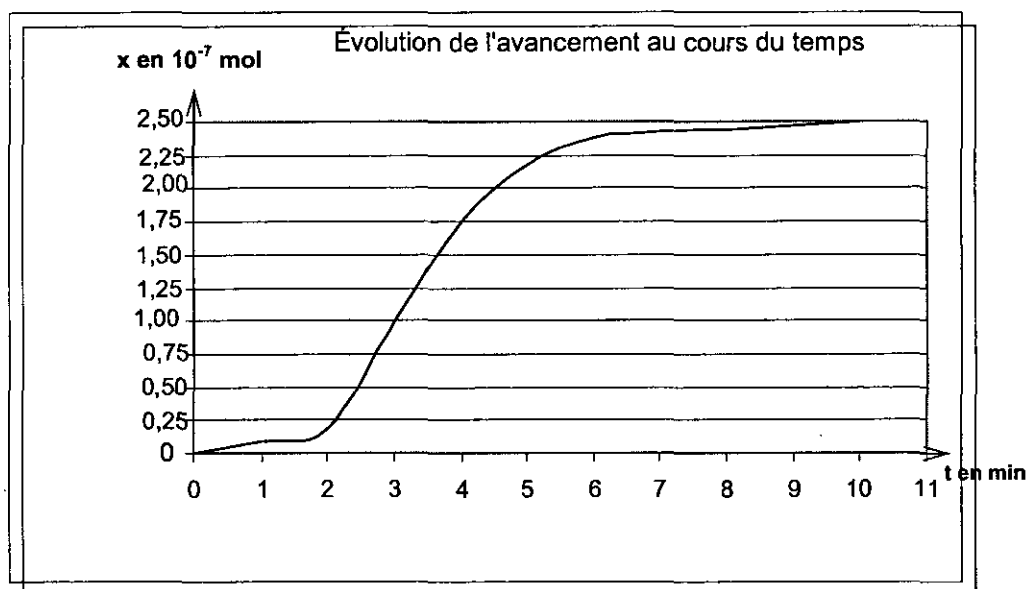
Courbe d'absorbance d'une solution de permanganate de potassium à la concentration de $0,5 \text{ mmol.L}^{-1}$



Question B.2-1 : Figure 6



Questions B.2.4, B.2.6 : Figure 7



EXERCICE III : Annexe à rendre avec la copie

Première partie : question 1

