BACCALAURÉAT BLANC
Lycée Fernand Daguin – Mérignac (33)

Jeudi 18 Fevrier 2010

PHYSIQUE-CHIMIE

Série **S**

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

Les données sont en italique

spécialité

L'usage des calculatrices est INTERDIT

Ce sujet comporte trois exercices présentés sur 6 pages numérotées de 1 à 6 et l**es quatre feuilles annexes A1, A2, A3** et **A4 QUI SERONT À RENDRE AVEC LA COPIE**.

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

I. Comme un poisson dans l'eau (8 points)

II. Bobine, condensateur et ondes sonores (7 points)

III. Lunette astronomique d'amateur (5 points)

I- Comme un poisson dans l'eau (8 pts)

L'aquariophilie est une passion qui touche de plus en plus d'amateurs mais aussi de néophytes. De nombreux facteurs peuvent contribuer à un déséquilibre dangereux pour la vie et la santé des poissons. Il est donc nécessaire de contrôler régulièrement la qualité de l'eau.
Le pH de l'eau est la première grandeur qu'il faut mesurer, au moins une fois par semaine, et ajuster éventuellement. En effet, certains poissons ne peuvent évoluer que dans un milieu acide (c'est le cas des poissons d'Amazonie comme les Néons ou les Tétras), d'autres dans un milieu basique (c'est le cas des poissons d'Amérique Centrale comme les Platy et les Molly). Aucun de ces poissons ne tolère une trop forte teneur en ions ammonium (NH_4^+) ou en ions nitrite (NO_2^-) : le cycle de l'azote doit donc être surveillé en évitant soigneusement la surpopulation de l'aquarium et l'excès de nourriture.
D'après "Poissons et aquariums" - Édition Larousse

L'exercice suivant est destiné à préciser certains points de ce texte. On étudie d'abord un produit commercial utilisé pour diminuer le pH de l'eau de l'aquarium ; on s'intéresse ensuite à la formation des ions ammonium.

Les parties 1. et 2. sont indépendantes.

- Certaines aides au calcul peuvent comporter des résultats ne correspondant pas au calcul à effectuer.
- Le logarithme décimal est noté log.

1. Étude d'une solution commerciale destinée à diminuer le pH de l'aquarium

*Sur l'étiquette du produit on lit que la solution commerciale S_0 est constituée d'acide chlorhydrique ($H_3O^+ + Cl^-_{(aq)}$) mais aucune concentration n'est indiquée. La transformation conduisant à l'acide chlorhydrique étant totale, la concentration c_0 de la solution commerciale est égale à la concentration en ions H_3O^+. On cherche à déterminer cette concentration en faisant un titrage pH-métrique. Pour cela on dilue 50 fois la solution commerciale et on procède au titrage d'un volume $V_A = 20{,}0$ mL de la solution diluée S_A à l'aide d'une solution de soude S_B ($Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$) de concentration molaire en soluté apporté $c_B = 4{,}0 \times 10^{-2}$ mol.L^{-1}. On obtient la courbe de la **figure 1**. On a également fait apparaître la courbe représentant la dérivée du pH en fonction du volume de soude versé.*

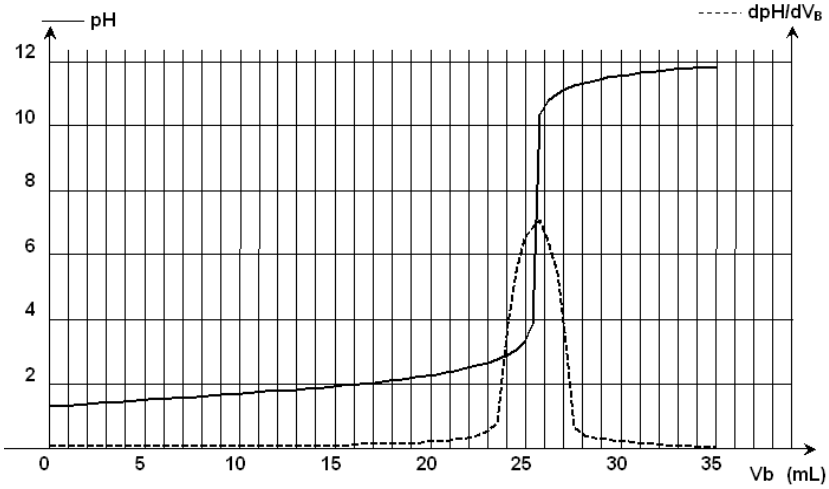


Figure 1 : Titrage de la solution commerciale diluée par la soude

Aide au calcul :
$10^{6,4} \approx 2{,}5 \times 10^{6}$ $\qquad$ $10^{-6,4} \approx 4{,}0 \times 10^{-7}$

1.1. Écrire l'équation de la réaction support du titrage.

1.2. *Équivalence*

1.2.1. Définir l'équivalence.

1.2.2. En déduire la valeur de la concentration des ions oxonium dans la solution diluée S_A.

1.2.3. Montrer que dans la solution commerciale, la concentration des ions oxonium $[H_3O^+]$ est **voisine** de 2,5 mol.L^{-1} . *Cette valeur sera utilisée pour la suite de l'exercice.*

1.3. *On désire diminuer le pH de l'eau de l'aquarium et l'amener à une valeur proche de 6 alors qu'il était initialement égal à 7. Sur le mode d'emploi du fabricant on peut lire qu'il faut verser, en une fois, 40 mL de la solution commerciale dans 100 L d'eau. Pour simplifier le calcul, on considérera que le volume final reste égal à 100 L.*
Quelle serait la valeur du pH final de l'eau de l'aquarium s'il n'y avait qu'une simple dilution des ions H_3O^+ ?

1.4. *L'eau étant toujours plus ou moins calcaire, elle contient des ions hydrogénocarbonate ($HCO_{3\,(aq)}^-$) dont il faut tenir compte. Les ions H_3O^+ introduits vont, en effet, réagir avec ces ions.*
L'équation associée à la réaction considérée est la suivante :

$$\boldsymbol{HCO_{3\,(aq)}^- + H_3O^+ = CO_{2\,(aq)} + 2\,H_2O_{(\ell)}} \quad \textbf{(réaction 1)}$$

- **1.4.1.** Donner l'expression de la constante d'équilibre K_1 associée à l'équation de la réaction 1 en fonction des concentrations des différentes espèces chimiques présentes.
- **1.4.2.** Exprimer cette constante d'équilibre en fonction de la constante d'acidité K_A du couple : $CO_{2(aq)}, H_2O$ / $HCO_{3\,(aq)}^-$.
- **1.4.3.** Déterminer sa valeur numérique.
  Donnée : $K_A = 10^{-6,4}$

1.5. *L'eau utilisée pour l'aquarium est très calcaire. Dans cette eau, les concentrations molaires initiales des espèces mises en jeu dans la réaction 1 sont telles que le quotient de réaction initial de cette réaction vaut : $Q_{r,i} = 5,0$.*

- **1.5.1.** En utilisant le critère d'évolution spontanée, montrer que des ions H_3O^+ sont consommés si l'eau est calcaire.
- **1.5.2.** Le *pH* final sera-t-il supérieur, égal ou inférieur au *pH* calculé à la question 1.3. ?
- **1.5.3.** *Dans la notice du fabricant on trouve la phrase suivante : "Assurez-vous par des tests réguliers que votre eau est suffisamment calcaire car sinon il pourrait y avoir des risques de chutes acides ".* Expliquer.

2. <u>Étude de la formation des ions ammonium.</u>

L'urée, de formule $(NH_2)_2CO$, est un polluant de l'aquarium. Elle est contenue dans les déjections de certains poissons et conduit, au cours d'une réaction lente, à la formation d'ions ammonium NH_4^+ et d'ions cyanate OCN^- selon l'équation :

$$\boldsymbol{(NH_2)_2CO_{(aq)} = NH_4^+{}_{(aq)} + OCN^-_{(aq)}} \quad \textbf{(réaction 2)}$$

L'étude de la cinétique de cette réaction 2 peut être réalisée par conductimétrie. Pour cela on prépare un volume $V = 100,0$ mL d'une solution d'urée de concentration molaire en soluté apporté égale à $c = 0,020\ mol.L^{-1}$ et on suit sa décomposition en la maintenant dans un bain marie à 45 °C. À différentes dates, on mesure la conductivité de la solution.
La conductivité σ de cette solution peut s'exprimer en fonction des concentrations des espèces ioniques en solution et des conductivités molaires ioniques (les ions H_3O^+ et $HO^-_{(aq)}$ sont en très faible quantité et pourront ne pas être pris en compte). On a donc la relation suivante :

$$\sigma = \lambda_{NH_4^+}\left[NH_4^+\right] + \lambda_{OCN^-}\left[OCN^-\right]$$

2.1. Montrer que la concentration de la solution en ions $NH_4^+{}_{(aq)}$ peut être déterminée à partir de la mesure de la conductivité de la solution, les conductivités molaires ioniques étant connues.

2.2. *Évolution du système chimique*

- **2.2.1.** Compléter littéralement le tableau descriptif de l'évolution du système, figurant **sur l'ANNEXE A1 à rendre avec la copie.**
- **2.2.2.** En déduire la relation, à chaque instant, entre la concentration en ions $NH_4^+{}_{(aq)}$ en solution et l'avancement de la réaction.
- **2.2.3.** Calculer l'avancement maximal x_{max}.

2.3. *On peut ainsi représenter l'évolution de l'avancement de la réaction en fonction du temps (voir **figure 2 de l'ANNEXE A1 à rendre avec la copie).***
En déduire le taux d'avancement de la réaction à l'instant de date t = 110 min.

2.4. *La vitesse volumique de réaction est donnée par la relation : $v(t) = \frac{1}{V}\frac{dx}{dt}$ où x est l'avancement de la réaction à l'instant de date t et V le volume de la solution.*
Décrire, en utilisant la courbe précédente, l'évolution de cette vitesse.

2.5. *En poursuivant l'expérience pendant une durée suffisante, on obtient une concentration finale : $[NH_4^+]_f = 2,0 \times 10^{-2}\ mol.L^{-1}$.*
Déterminer le taux d'avancement final de cette transformation. Cette transformation est-elle totale ?

2.6. Définir puis déterminer graphiquement le temps de demi-réaction.

2.7. *Dans l'aquarium, la valeur de la température est seulement de 27°C.* Tracer sur la **figure 2 de l'ANNEXE A1 à rendre avec la copie**, l'allure de la courbe précédente à cette température.

2.8. *Les ions ammonium finissent par se transformer en ions nitrate dont l'accumulation risque de compromettre la vie des poissons. Ces derniers ions constituent un aliment essentiel pour les plantes vertes de l'aquarium.* Expliquer pourquoi dans les livres d'aquariophilie, on dit que l'aquarium doit être "bien planté".

II- Bobine, condensateur et ondes sonores (7 pts)

Au cours d'une séance de travaux pratiques on veut déterminer la valeur de la capacité C d'un condensateur ainsi que les valeurs de l'inductance L et de la résistance r d'une bobine.

Les parties 1. , 2. , 3. et 4. sont indépendantes.

Aide au calcul :

$e^{-1} \approx 0{,}37$ $\quad e^{0} = 1$ $\quad e^{1} \approx 2{,}7$ $\quad 2\pi \approx 6{,}3$ $\quad \pi^{2} \approx 10$

$6 \times 0{,}37 \approx 2{,}2$ $\quad 6 \times 0{,}63 \approx 3{,}8$ $\quad 6 \times 0{,}93 \approx 5{,}6$

1. <u>Détermination de la capacité d'un condensateur</u>

Dans un premier temps on détermine la valeur de la capacité C d'un condensateur par l'étude expérimentale de sa décharge à travers un conducteur ohmique.
Le circuit d'étude est schématisé sur le ***document 1 de l'ANNEXE A2 à rendre avec la copie.***
L'interrupteur est en position 1. Le condensateur est chargé sous la tension E = 6,0 V.
À la date t = 0, on bascule l'interrupteur en position 2. Le condensateur se décharge à travers un conducteur ohmique de résistance R = 5,0 kΩ. Le sens positif choisi pour l'intensité est représenté sur le schéma.
La courbe de décharge est donnée sur le ***document 2 de l'ANNEXE A2 à rendre avec la copie.***

1.1. En utilisant la convention récepteur, flécher sur le schéma du **document 1** les tensions u_C aux bornes du condensateur et u_R aux bornes du conducteur ohmique. Noter par q et – q les charges des armatures du condensateur.

1.2. Montrer que l' équation différentielle du circuit vérifiée par la tension u_C peut s'écrire :

$$u_c + RC\frac{du_C}{dt} = 0$$

La solution de l'équation est $u_C(t) = E\,e^{-t/\tau}$ *avec la constante de temps* $\tau = RC$.

1.3. À t = τ, la tension aux bornes du condensateur est-elle égale à 37 %, 63% ou 93% de sa valeur initiale ? Justifier la réponse.

1.4. À l'aide du graphe donné sur le **document 2**, déterminer la valeur de la constante de temps τ du circuit. Expliquer.

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

2. <u>Détermination de l'inductance de la bobine</u>

Pour déterminer la valeur de l'inductance on étudie la décharge d'un condensateur à travers la bobine pour en déduire la valeur de son inductance.

On réalise le circuit donné sur le ***document 3 de l'ANNEXE A2 à rendre avec la copie****, en utilisant maintenant un condensateur de capacité C = 20 µF.*
L'interrupteur est en position 1. Le condensateur est initialement chargé sous la tension E = 6,0 V.
À la date t = 0, on bascule l'interrupteur en position 2.
On obtient la courbe $u_C = f(t)$ *donnée sur le* ***document 4 de l'ANNEXE A2 à rendre avec la copie.***

2.1. Pour visualiser à l'ordinateur la tension u_C aux bornes du condensateur, représenter sur le schéma du circuit donné sur le **document 3 de l'ANNEXE A2 à rendre avec la copie** les connexions de la <u>voie 1</u> et de la <u>masse</u> du système d'acquisition.

2.2. Pourquoi qualifie-t-on le régime de la tension u_C de pseudo-périodique ?

2.3. *Dans notre expérience, on peut considérer que la pseudo-période T est égale à la période propre donnée par la relation:* $T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$.
En vous aidant de la courbe $u_C = f(t)$ du **document 4 de l'ANNEXE A2 à rendre avec la copie**, déterminer la valeur de l'inductance L du circuit en expliquant votre démarche.

3. <u>Détermination de la résistance de la bobine</u>

La bobine étudiée a une inductance L que l'on peut régler de 0,1 H à 1,1 H et une résistance r.

On admet que la tension aux bornes de la bobine est donnée par $u_{L,r} = r\,i + L\frac{di}{dt}$ *où* $u_{L,r}$ *et i sont définis en convention récepteur.*

Le circuit d'étude est schématisé sur le ***document 5 de l'ANNEXE A3 à rendre avec la copie.***
L'interrupteur est initialement ouvert. Le conducteur ohmique a une résistance R = 100 Ω. La tension aux bornes du générateur est E = 6,0 V.
À la date t = 0, on ferme l'interrupteur.

La représentation de la tension u_R *aux bornes du conducteur ohmique de résistance R est donnée sur le* ***document 6 de l'ANNEXE A3 à rendre avec la copie.***

3.1. Montrer que l'intensité du courant en régime permanent est $I_P = \frac{E}{R+r}$.

3.2. En utilisant l'expression précédente et le document 6, déterminer la valeur de la résistance r de la bobine.

3.3. Montrer que l' équation différentielle du circuit vérifiée par l'intensité peut s'écrire :

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

3.4. *L'intensité du courant dans le circuit est de la forme* $i(t) = A(1-e^{-t/\tau})$.
Déterminer les expressions des constantes A et τ .

3.5. Sur le graphe donné sur le **document 6**, tracer l'allure de la courbe $u_R = f(t)$ dans le cas où on utilise un conducteur ohmique de résistance R' plus faible avec la même bobine d'inductance L et de résistance r. Justifier.

4. <u>De l'électricité aux ondes</u>

Afin de produire un son avec un haut parleur on souhaite obtenir des oscillations électriques entretenues. Pour cela on réalise le montage du ***document 7 de l'ANNEXE A3 à rendre avec la copie.***
La représentation de la tension u_C *aux bornes du condensateur est donnée sur le* ***document 8 de l'ANNEXE A3 à rendre avec la copie.***

4.1. Quel est le rôle du dipôle D schématisé ?

4.2. Quelle est la période des oscillations de u_C ?

A l'aide d'un dispositif adapté, la tension $u_C(t)$ *est transmise à un haut parleur qui produit alors un son de même fréquence que la tension* u_C.

4.3. Quelle est la valeur de la fréquence du son produit ?

4.4. Quelle est la valeur de la longueur d'onde de ce son si la vitesse du son est de 342 $m \cdot s^{-1}$?

4.5. Le son produit est-il une onde transversale ou longitudinale ?

III- Lunette astronomique d'amateur (5 pts)

Quel astronome amateur n'a pas été émerveillé de voir la première fois Saturne et ses anneaux dans sa lunette astronomique qu'il venait de construire avec simplement deux lentilles et deux tubes en carton.
Cet exercice traite d'une lunette astronomique construite avec deux lentilles dont les caractéristiques indiquées par le constructeur sont les suivantes :

- $\boldsymbol{Objectif\ L_1}$: $\begin{cases} Diamètre : D_1 = 40\ mm \\ Distance\ focale :\ f_1' = 1{,}0\ m \end{cases}$
- $\boldsymbol{Oculaire\ L_2}$: $\begin{cases} Diamètre : D_2 = 15\ mm \\ Distance\ focale :\ f_2' = 25\ mm \end{cases}$

1. <u>Vérification des distances focales</u>
L'astronome amateur veut d'abord vérifier les valeurs des distances focales indiquées par le constructeur.

1.1. *Avec l'objectif, il cherche l'image du Soleil sur un écran. Quand il obtient une image nette, petite et très lumineuse, il mesure la distance séparant l'objectif de l'écran.*
Quelle doit être normalement cette valeur ? Justifier à l'aide de la relation de conjugaison des lentilles minces.

1.2. *La méthode précédente ne lui semble pas suffisamment précise pour vérifier la valeur très petite f_2' de la distance focale de l'oculaire, aussi préfère-t-il utiliser une autre méthode, dite de Silbermann, dans son laboratoire.*
*Il place un objet lumineux AB au zéro d'un banc d'optique et perpendiculaire à celui-ci. Il déplace l'oculaire et un écran de manière à obtenir une image **A'B' renversée et de même grandeur que l'objet AB**. Les points A et A' sont sur l'axe optique de l'oculaire. Il mesure une distance AA' = 10,0 cm.*

- **1.2.1.** Sur le **document 1 de l'ANNEXE A4 à rendre avec la copie**, placer l'image A'B'. A l'aide de deux rayons remarquables issus de B permettant d'obtenir l'image B', placer l'oculaire L_2 ainsi que ses foyers F_2 et F'_2.
- **1.2.2.** À partir de ce schéma, trouver la relation entre f_2' et la distance AA' (aucune démonstration n'est demandée !). La valeur de f_2' trouvée est-elle conforme à l'indication du constructeur ?

2. <u>Grossissement de la lunette</u>
*L'astronome amateur utilise sa lunette dans les meilleures conditions d'observations. Le foyer image de l'objectif et le foyer objet de l'oculaire sont alors confondus : la lunette est afocale. Il observe un objet AB considéré à l'infini et perpendiculaire à l'axe optique en A. Le diamètre apparent de l'objet est noté α. **Le schéma du document 2 de l'ANNEXE A4 (à rendre avec la copie**) reproduit la situation sans souci d'échelle.*

2.1. Construire, sur **le schéma du document 2,** l'image intermédiaire A_1B_1 de l'objet AB donnée par l'objectif L_1.

2.2. Où se forme l'image définitive A'B' donnée par la lunette ? Justifier la réponse.

2.3. Sur **le schéma du document 2,** tracer le rayon émergent de l'oculaire correspondant au rayon incident issu de B passant par le centre optique O_1 de l'objectif, en laissant la construction apparente.

2.4. *Le grossissement de la lunette est donné par l'expression :* $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$
α' étant l'angle sous lequel on voit l'image A'B' dans l'instrument.
Les angles α et α' étant petits et exprimés en radians, on pourra écrire : tan α = α et tan α' = α'.

Indiquer α' sur **le schéma du document 2** et montrer que le grossissement G peut s'exprimer ainsi : $G = \frac{f_1'}{f_2'}$.

Puis calculer sa valeur numérique.

<u>3. Cercle oculaire</u>

3.1. Donner la définition du cercle oculaire.

3.2. Construire le cercle oculaire sur **le schéma du document 3 de l'ANNEXE A4 à rendre avec la copie.**

3.3. Calculer la valeur d du diamètre du cercle oculaire (à l'aide par exemple du théorème de Thalès).

3.4. Où l'astronome doit-il placer son œil et comment doit être le diamètre de sa pupille pour recevoir le maximum de lumière ?

NOM : **ANNEXE A1 (À RENDRE AVEC LA COPIE)**
Prénom :
Classe :

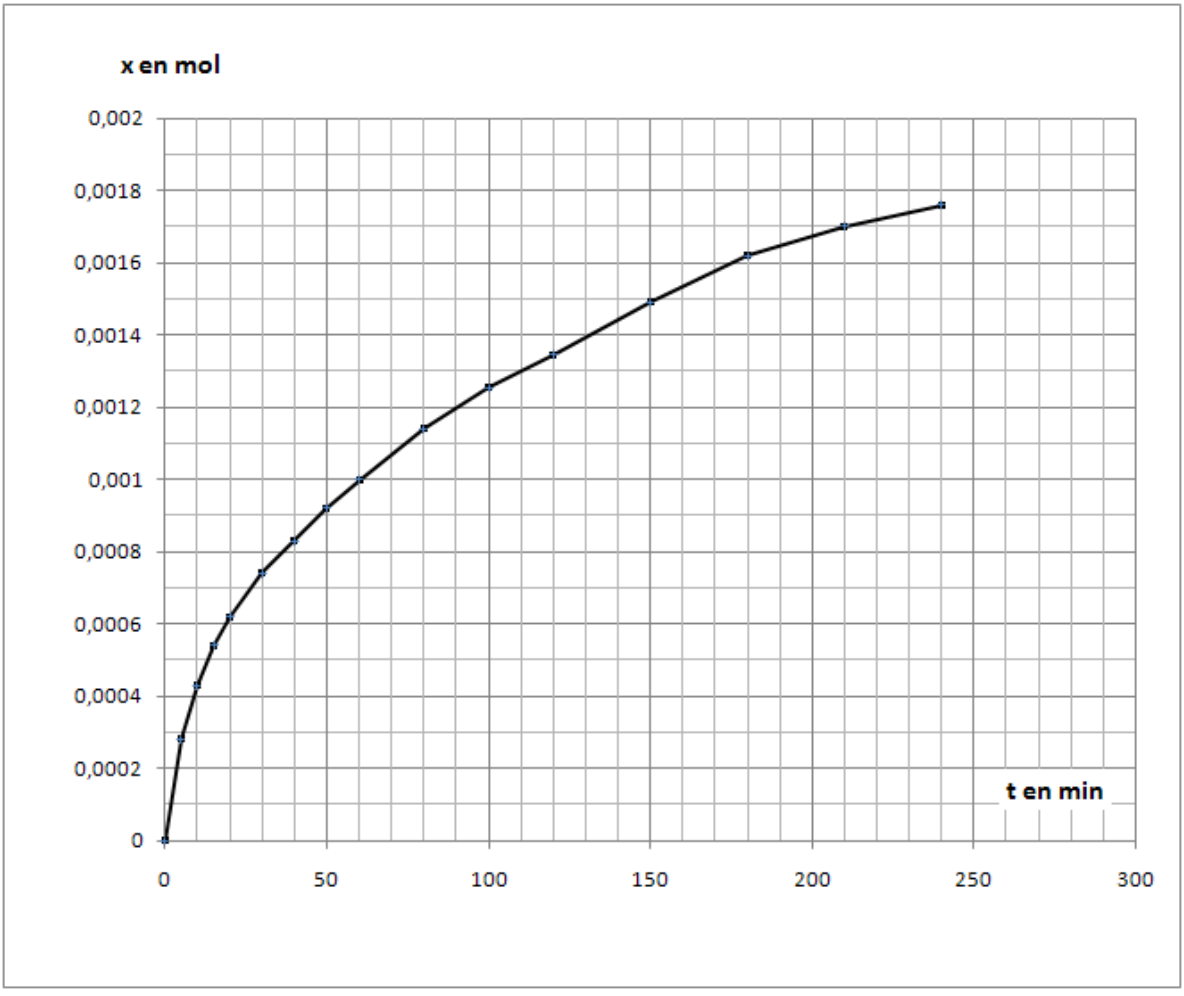
I- Comme un poisson dans l'eau

2. Étude de la formation des ions ammonium.

Tableau d'évolution du système chimique

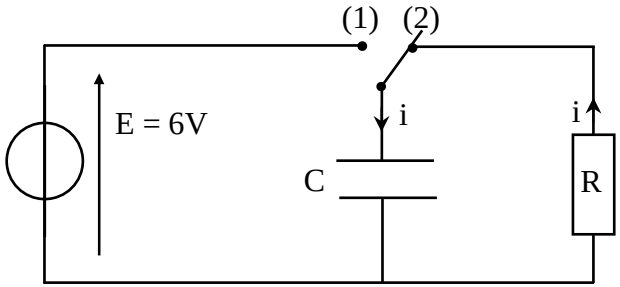
	$(NH_2)_2CO_{(aq)}$ =	$NH_4^+{}_{(aq)}$ +	$OCN^-{}_{(aq)}$
État	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)	
		$(NH_2)_2CO_{(aq)}$	$NH_4^+{}_{(aq)}$	$OCN^-{}_{(aq)}$
État initial	$x = 0$			
État en cours d'évolution	x			
État final en supposant la transformation totale	x_{max}			

Figure 2 : Cinétique de la décomposition de l'urée.

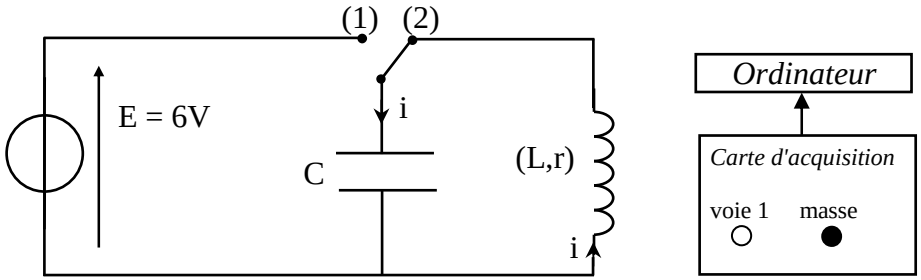


ANNEXE A2 (À RENDRE AVEC LA COPIE)

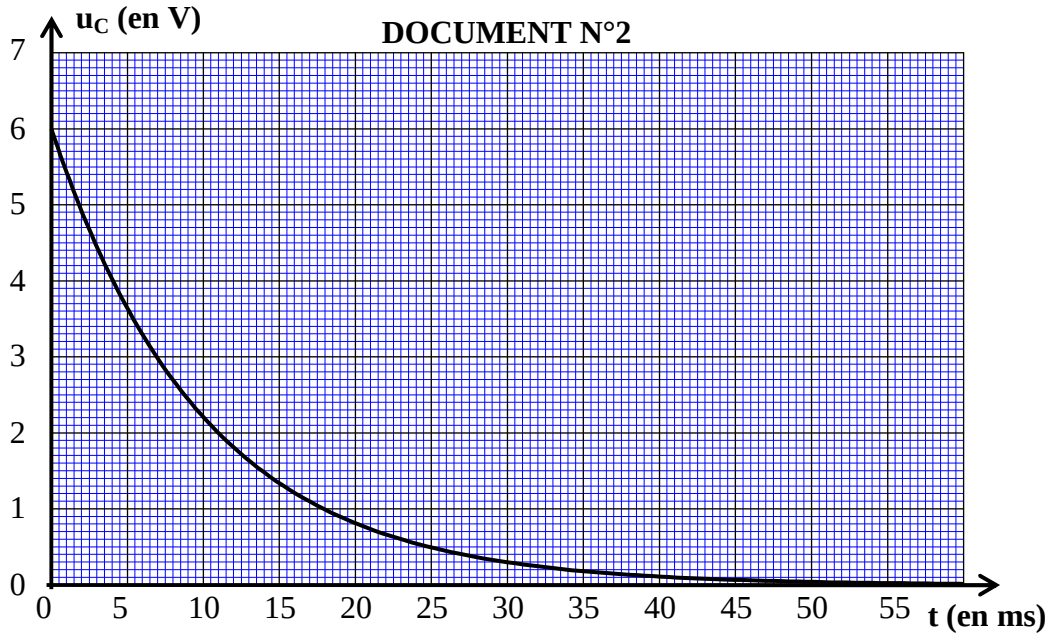
DOCUMENT N°1



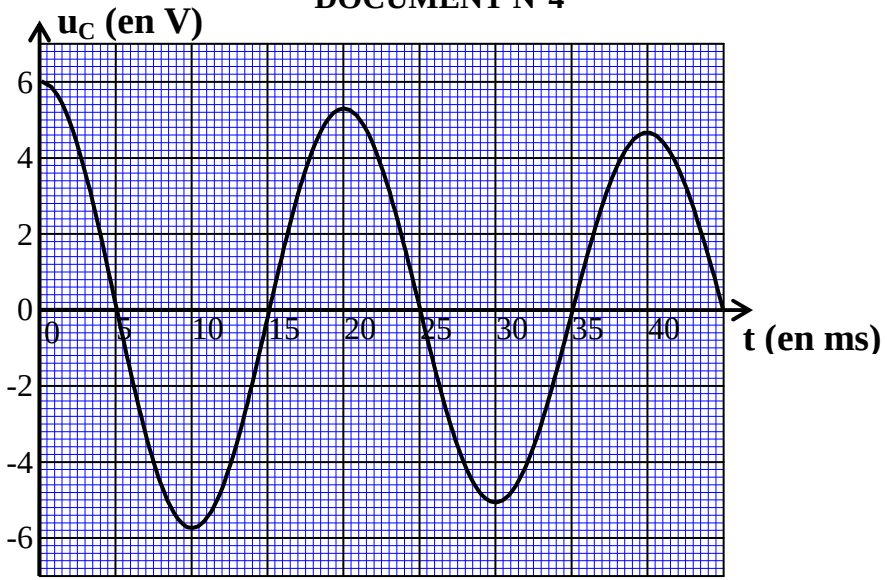
DOCUMENT N°3



DOCUMENT N°2



DOCUMENT N°4

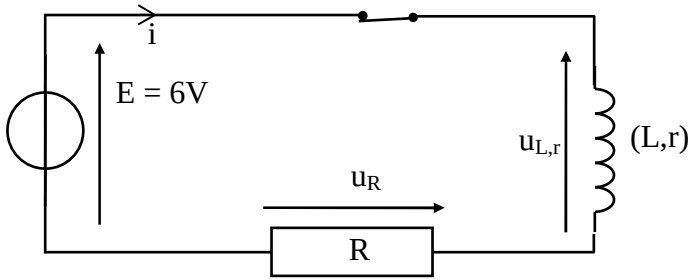


ANNEXE A2

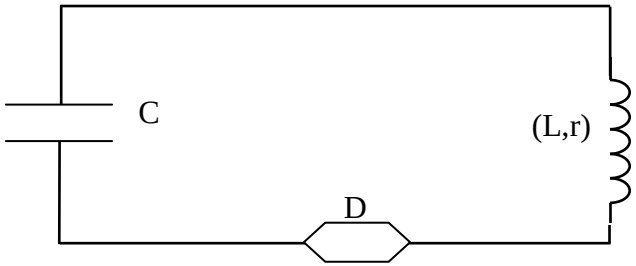
NOM :
Prénom :
Classe :

ANNEXE A3 (À RENDRE AVEC LA COPIE)

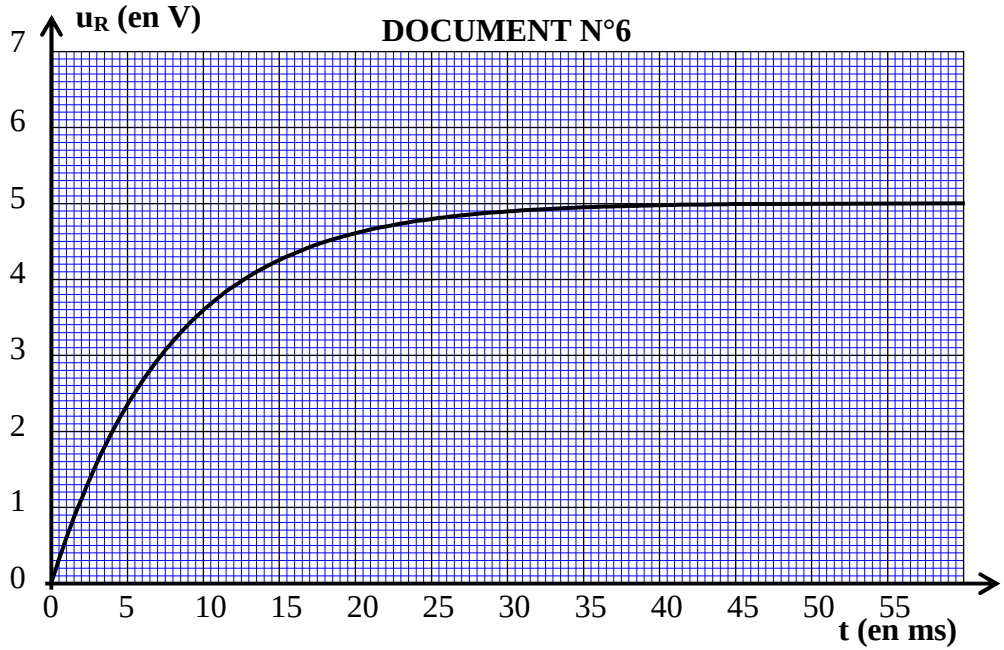
DOCUMENT N°5



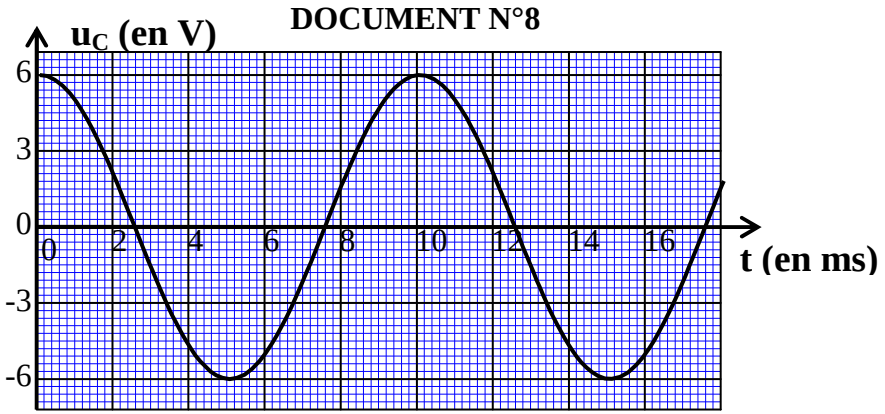
DOCUMENT N°7



DOCUMENT N°6



DOCUMENT N°8

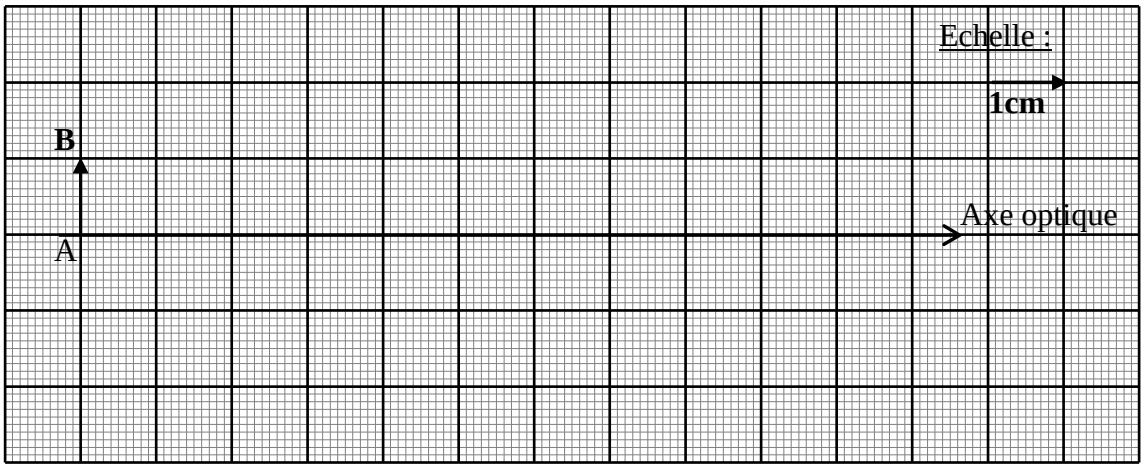


ANNEXE A3

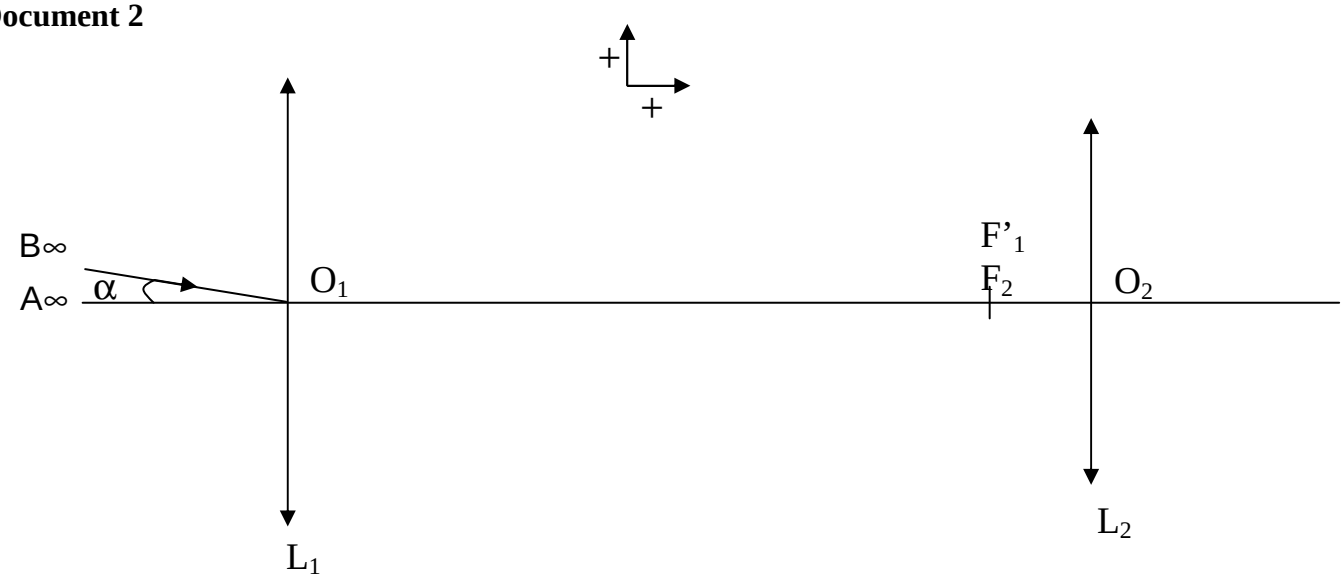
ANNEXE A4 (À RENDRE AVEC LA COPIE)

III- Lunette astronomique d'amateur

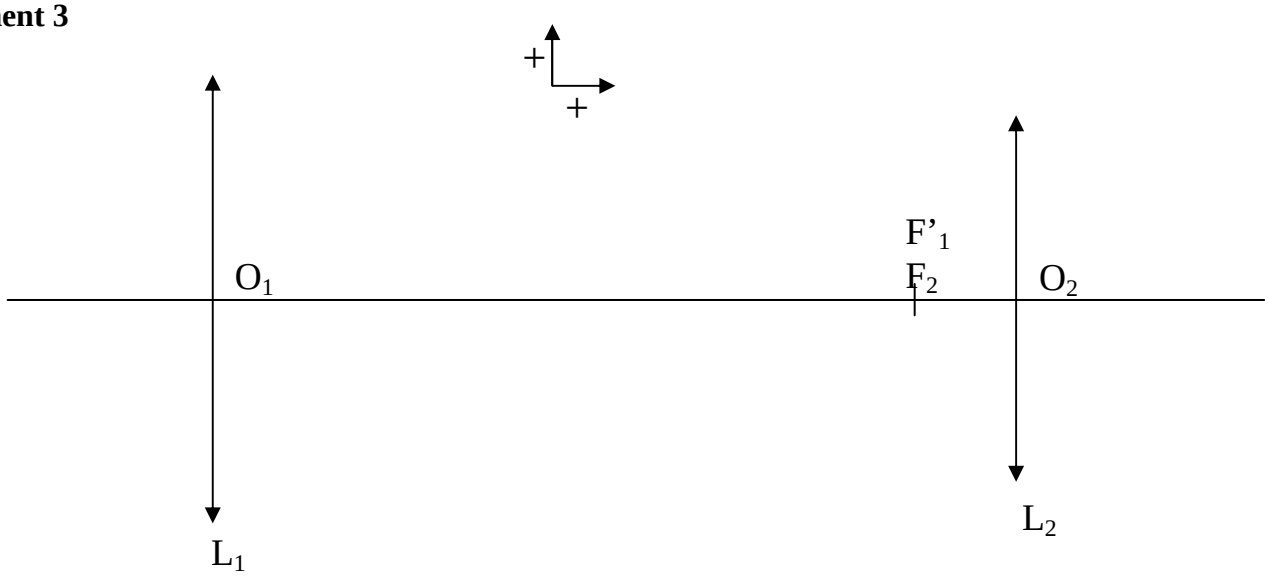
Document 1



Document 2



Document 3



ANNEXE A4