

Classe de TS

Baccalauréat Blanc

Durée 3heures et trente minutes

L'usage des calculatrices est autorisé.

- *Le sujet comporte un exercice de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 10 pages numérotées de 1 à 10 , y compris celle-ci.*
- *Les pages annexes (pages 9 et 10) sont à rendre avec la copie*
- *Les trois exercices, qui sont indépendants les uns des autres, doivent être traités.*

- **Exercice 1 : Comme un poisson dans l'eau (8 points)**

- **Exercice 2 : Le piège photo (7 points)**

- **Exercice 3 : Scintigraphie Thyroïdienne (5 points)**

- **Exercice de spécialité**

Exercice 1 : Comme un poisson dans l'eau

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

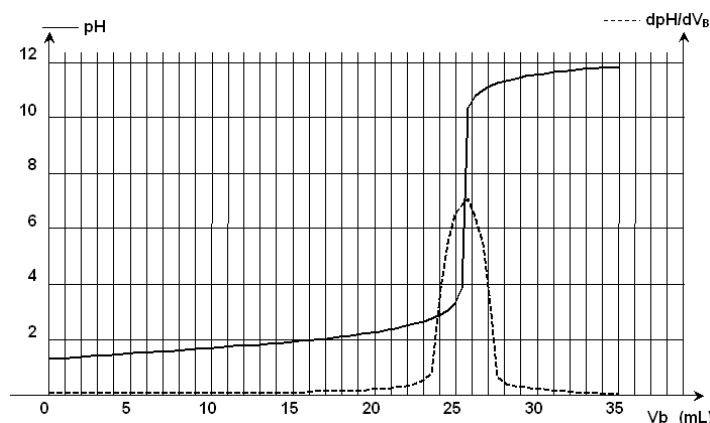
L'exercice suivant est destiné à préciser certains points de ce texte. On étudie d'abord un produit commercial utilisé pour diminuer le pH de l'eau de l'aquarium ; on s'intéresse ensuite à la formation des ions ammonium.

Les parties 1. et 2. sont indépendantes.

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

Sur l'étiquette du produit on peut lire que la solution commerciale S_0 est constituée d'acide chlorhydrique ($\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^- (\text{aq})$) 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 $V_A = 20,0 \text{ mL}$ de la solution diluée S_A à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium S_B ($\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{HO}^- (\text{aq})$) de concentration molaire en soluté apporté $c_B = 4,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. 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



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

1.2. Équivalence

1.2.1. Définir l'équivalence. Déterminer le volume de solution versée pour l'atteindre.

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

Un raisonnement détaillé est attendu.

1.2.3. Montrer que dans la solution commerciale, la concentration des ions oxonium $[\text{H}_3\text{O}^+]$ est voisine de $2,5 \text{ mol.L}^{-1}$. Cette valeur sera utilisée pour la suite de l'exercice.

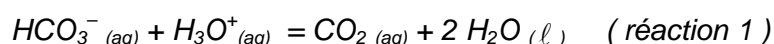
1.3. On désire diminuer le pH de l'eau de l'aquarium et l'amener à une valeur proche de 6 alors qu'il était initialement égal à 7. Sur le mode d'emploi du fabricant on peut lire qu'il faut verser, en une fois, 20 mL de la solution commerciale dans 100 L d'eau. Pour simplifier le calcul, on considérera que le volume final reste égal à 100 L.

1.3.1 Déterminer la quantité de matière en ions oxonium versée

1.3.2 En déduire la valeur du pH final de l'eau de l'aquarium s'il n'y avait qu'une simple dilution des ions H_3O^+ .

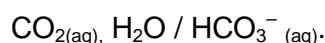
1.4. L'eau étant toujours plus ou moins calcaire, elle contient des ions hydrogénocarbonate ($HCO_3^-(aq)$) dont il faut tenir compte. Les ions H_3O^+ introduits vont, en effet, réagir avec ces ions.

L'équation associée à la réaction considérée est la suivante :



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



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.

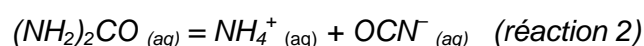
1.5.2. Le pH final sera-t-il supérieur, égal ou inférieur au pH calculé à la question 1.3. ?

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.

Indication : le caractère "calcaire" est dû aux ions HCO_3^-

2. Étude de la formation des ions ammonium.

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 :



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 $H_3O^+_{(aq)}$ et $HO^-_{(aq)}$ sont en très faible quantité et pourront ne pas être pris en compte). On a donc la relation suivante :

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

2.1. Évolution du système chimique

2.1.1. Compléter littéralement le tableau descriptif de l'évolution du système, figurant **EN ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE**.

2.1.2. En déduire la relation, à chaque instant, entre la concentration en ions $NH_4^+_{(aq)}$ en solution et l'avancement de la réaction. Même question avec la concentration en ions OCN^- .

2.1.3 Exprimer la conductivité σ , à chaque instant, en fonction des conductivités molaires ioniques, de l'avancement de la réaction et du volume V de solution.

2.1.4 Montrer qu'on peut, à chaque instant, calculer l'avancement x par la relation

$$x = \frac{\sigma}{\sigma_{max}} \cdot x_{max}$$

2.1.5. Calculer l'avancement maximal x_{max} .

2.2. On peut ainsi représenter l'évolution de l'avancement de la réaction en fonction du temps (voir **figure 2 EN ANNEXE**).

En déduire le taux d'avancement de la réaction à l'instant de date $t = 110$ min.

2.3. La vitesse volumique de réaction est donnée par la relation : $v(t) = \frac{1}{V} \left(\frac{dx}{dt} \right)$ 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.

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

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

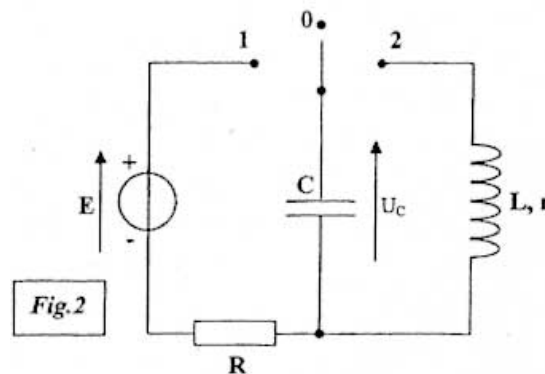
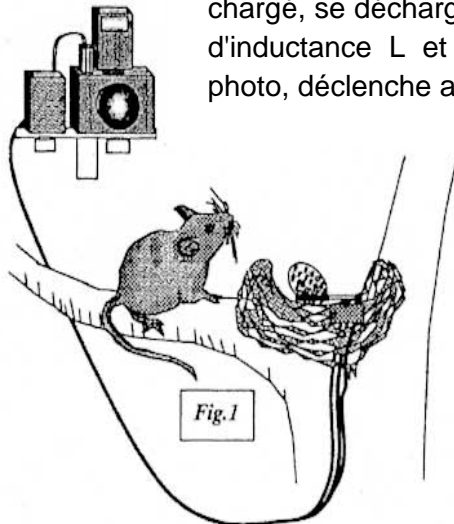
2.6. Dans l'aquarium, la valeur de la température est seulement de 27°C . Tracer sur la **figure 2 EN ANNEXE** , l'allure de la courbe précédente à cette température.

2.7. 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".

Exercice 2 : Le piège photo

Cet exercice étudie le principe de fonctionnement d'un piège photo réalisé par un ornithologue afin d'identifier le prédateur d'une espèce d'oiseaux en voie de disparition.

Un oeuf de caille posé sur un commutateur à bascule sert d'appât dans un vieux nid (**Fig.1**). Lorsque le prédateur prélève l'œuf, le commutateur bascule de la position 0 à la position 2 (**Fig.2**). Le condensateur du dispositif, initialement chargé, se décharge dans un électroaimant que l'on peut modéliser par une bobine d'inductance L et de résistance interne r . L'électroaimant, placé sur l'appareil photo, déclenche alors la prise de vue.



Le circuit de charge (**Fig.2**), outre le condensateur de capacité C , est constitué d'un conducteur ohmique de résistance R et d'un générateur idéal de tension de force électromotrice $E = 8,0 \text{ V}$.

1 – Armement du dispositif

Le dispositif s'arme en plaçant le commutateur en position 1 pendant la durée nécessaire à la charge du condensateur. Cette opération réalisée, l'œuf est déposé sur le bras du commutateur à bascule qui est ainsi maintenu en position 0.

- 1.1. Recopier soigneusement le schéma du circuit de charge du condensateur sur votre copie. Indiquer sur ce schéma le sens réel du courant lors de la charge du condensateur.
- 1.2. Établir l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur lors de sa charge.

Vérifier que cette équation différentielle est de la forme $u_C(t) + \tau \frac{du_C(t)}{dt} = E$.

En déduire l'expression de la constante τ en fonction des paramètres du circuit.

- 1.3. Que vaut $\frac{du_C(t)}{dt}$ en régime permanent ? En déduire de l'équation différentielle la valeur U_C de $u_C(t)$ en régime permanent.
- 1.4. Montrer que l'expression $u_C(t) = A \cdot (1 - e^{-t/\tau})$ est solution de l'équation différentielle à condition que la constante A soit égale à la valeur E de la force électromotrice du générateur.

1.5. Montrer que pour une durée égale à 5τ on peut considérer que la charge du condensateur est totale.

1.6. Un enregistrement de la tension $u_C(t)$ a été réalisé (**graphique 1, annexe à rendre avec la copie**). Évaluer le plus précisément possible la valeur de τ sur cet enregistrement en expliquant la méthode utilisée.

En déduire la durée minimale durant laquelle l'opérateur doit maintenir l'interrupteur en position 1 afin de réaliser la charge du condensateur.

2 - Déclenchement du piège

Lorsque l'œuf est prélevé par le prédateur, le commutateur bascule de la position 0 dans laquelle l'opérateur l'avait placé après la charge du condensateur, à la position 2.

Un enregistrement de la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur est réalisé lors de l'étude de ce dispositif (**graphique 2, annexe à rendre avec la copie**).

2.1. On admet que la décharge du condensateur dans la bobine de l'électroaimant est apériodique. C'est l'énergie transférée qui provoque le déplacement du barreau de l'électroaimant. Le " temps de réaction " du piège peut être caractérisé par la durée notée $t_{1/2}$ au bout de laquelle la tension du condensateur est réduite de moitié.

Déterminer cette durée caractéristique en exploitant l'enregistrement (**graphique 2, annexe**). La valeur trouvée vous semble-t-elle en accord avec le fonctionnement du "piège photo" ?

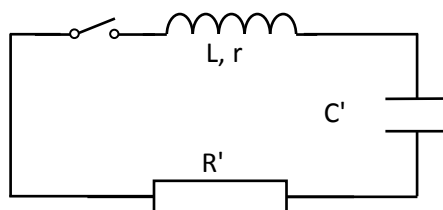
2.2 Afin que le barreau de l'électroaimant soit éjecté et percute avec la meilleure efficacité le déclencheur de l'appareil photo, l'énergie initialement emmagasinée par le condensateur doit être la plus importante possible.

En justifiant vos choix, indiquer, parmi les paramètres ci-dessous, quels sont ceux sur lesquels on peut agir pour atteindre cet objectif :

- la force électromotrice E du générateur idéal de tension,
- la capacité C du condensateur,
- la résistance R .

3 - Détermination de l'inductance L de la bobine qui constitue l'électroaimant

Afin de déterminer l'inductance L de la bobine qui constitue l'électroaimant, on place cette bobine en série avec un condensateur de capacité $C' = 10 \text{ nF}$ initialement chargé sous une tension de 6 V et une résistance R' tel que $(R' + r) = 50 \Omega$, le circuit ainsi constitué est représenté ci-dessous :



L'évolution de la tension aux bornes du condensateur a été enregistrée à la fermeture de l'interrupteur, elle figure sur **le graphique n°3 de l'annexe** .

- 3.1. Comment nomme-t-on le régime correspondant à cette évolution de la tension $u_c(t)$ aux bornes du condensateur.
- 3.2. La pseudo période propre est donnée par la relation $T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$. Montrer que cette expression est bien homogène à un temps.
- 3.3 Utiliser l'enregistrement pour déterminer l'inductance L de la bobine.
Justifier votre démarche.
- 3.4 Expliquer en termes d'énergie l'amortissement des oscillations obtenues.

Exercice 3 : Scintigraphie Thyroïdienne

Données : Numéro atomique de l'élément iode : $Z(I) = 53$.

La thyroïde est une glande, située dans la région cervicale antérieure, appliquée contre le larynx et la partie supérieure de la trachée. La fonction principale de cette glande est la sécrétion des hormones thyroïdiennes à partir de **l'iode** alimentaire qui se fixe temporairement sur cette glande.

De petite taille, pesant 15 à 25 g chez l'adulte et mesurant environ 4 cm en largeur et 3 cm en hauteur, elle n'est normalement pas, ou à peine, palpable. Mais elle peut s'hypertrophier, soit de manière plus ou moins diffuse et homogène, soit de manière localisée avec la formation de **nodule(s)**. Ces nodules peuvent principalement être de deux sortes : hypofixant ou hyperfixant. Ils sont dits hypofixants s'ils fixent peu d'iode par rapport au reste de la thyroïde. Inversement, ils sont dits hyperfixants s'ils fixent plus d'iode que le reste de la thyroïde.

Ce sont ces nodules qu'il faut déceler pour traiter le patient si nécessaire. Ceci est réalisé à l'aide de traceurs radioactifs, les isotopes ^{123}I et ^{131}I , de constantes radioactives respectives $\lambda_{123}=1,459.10^{-5} \text{ s}^{-1}$ et $\lambda_{131} = 1,001.10^{-6} \text{ s}^{-1}$. Ces isotopes sont en effet des émetteurs de rayons gamma pouvant être détectés par un appareil de mesure appelé "détecteur à scintillations". La condition pour que l'appareil de mesure utilisé ici compte les rayons gamma, est que ceux-ci aient une énergie supérieure à 20 eV. Il en résulte alors une image reconstituée de l'organe étudié, sur laquelle les zones foncées représentent les zones de l'organe fortement émettrices en rayons gamma. La scintigraphie est donc une sorte de photographie.

Lorsque l'analyse est pressée, on préfère utiliser l'isotope ^{123}I qui nécessite un temps de pose de l'ordre du quart d'heure. On injecte alors, au patient, une dose de ^{131}I , d'activité $A = 7,0 \text{ MBq}$, contenu dans une solution d'iodure de sodium NaI où l'iode est le traceur radioactif. On laisse alors l'iode se fixer, soit environ 4 heures, temps au bout duquel on réalise la scintigraphie.

1. Choix de l'isotope ^{123}I :

1.1 L'isotope ^{123}I est préparé par réaction nucléaire entre un deutérium ^2_1H de haute énergie, et du tellure $^{122}_{52}\text{Te}$. Ecrire l'équation correspondante. Préciser les lois de conservation utilisées et le nom de la particule émise.

1.2 Calculer le temps de demi-vie des deux isotopes. Quel peut être alors l'avantage d'utiliser l'isotope ^{123}I par rapport au ^{131}I ? Justifier.

2. Administration de l'iode à un ensemble de patients.

L'hôpital commande un flacon d'une solution de Nal avec de l'iode ^{123}I , pour l'utiliser sur plusieurs patients.

Pour des raisons pratiques, les injections sont effectuées toutes les 30 minutes.

La première injection a lieu le matin à 9 h. Juste avant cette injection, l'activité du flacon de l'hôpital est de 28,5 MBq.

A chaque injection, on prélève une dose d'activité égale à 7 MBq.

2.1 Quelle est l'activité de la solution restant dans le flacon juste après l'injection (supposée instantanée) au premier patient ?

2.2 Calculer la valeur de $e^{-\lambda \cdot \Delta t}$, si $\Delta t = 30$ min.

En déduire l'activité du flacon à 9h30, juste avant l'injection au second patient.

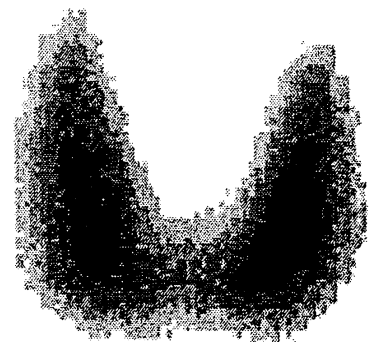
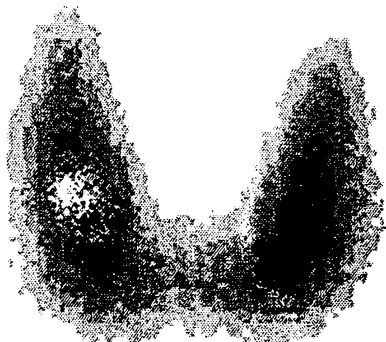
2.3 Les injections suivantes ont lieu toutes les demi-heures. Combien de patients pourront alors recevoir la dose nécessaire (7 MBq) à la réalisation d'une scintigraphie ?

3. Précaution et analyse des images obtenues.

3.1 Quel est le nombre de noyaux radioactifs N_0 injectés à chaque patient ?

3.2 Il est courant de réaliser une deuxième injection aux patients, afin de vérifier que le traitement a été efficace. On estime qu'entre 2 injections à un patient, il doit s'écouler environ 6 semaines afin que la première n'influence pas la scintigraphie de la deuxième. Montrer que la première injection n'a alors aucune influence sur la scintigraphie qui suit la deuxième injection.

3.3 La scintigraphie permet d'obtenir les images ci-dessous. On y trouve notamment une thyroïde comportant un nodule, puis cette thyroïde après traitement. S'agit-il d'un nodule hyperfixant ou hypofixant ? Justifier.



Exercice de spécialité (5 points)

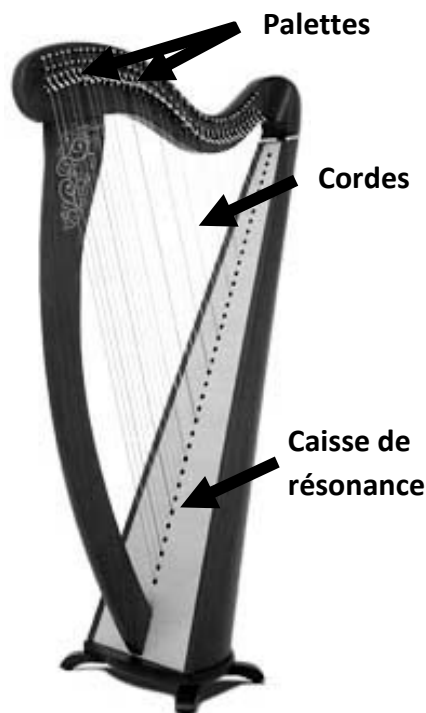
La harpe est un instrument triangulaire à cordes pincées. La harpe celtique est munie de 32 à 38 cordes de longueurs variables. Des chevilles, non visibles sur la photographie, permettent de tendre plus ou moins les cordes et ainsi d'accorder la harpe. En soulevant les palettes (en position basse sur la photographie), on raccourcit de quelques centimètres la longueur de chaque corde ce qui permet d'obtenir des notes altérées (dièses, bémols).

Données :

notes	la_1	la_3
Fréquences (Hz)	110	440

Relation entre la célérité v de l'onde sur la corde, la tension T de la corde, et la masse linéique μ de cette corde :

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}, \text{ avec } T \text{ en } N \text{ et } \mu \text{ en } kg.m^{-1}.$$



1. Émission d'un son

- 1.1. Quelles sont les deux fonctions que doit remplir un instrument de musique pour produire un son ?
- 1.2. Parmi les différents éléments qui constituent la harpe, quels sont ceux qui assurent ces fonctions ?
2. On considère la corde « la_3 » de longueur $L = 72$ cm. Lorsque l'on pince la corde, elle vibre suivant ses différents modes propres de vibration.
 - 2.1. Représenter l'allure de la corde lorsqu'elle vibre dans le mode fondamental.
 - 2.2. En déduire, pour ce mode, la relation entre la longueur L de la corde et la longueur d'onde λ .
 - 2.3. Établir la relation liant la fréquence f du fondamental et la célérité v de l'onde sur la corde.
 - 2.4. En déduire la valeur de la célérité de l'onde se propageant sur la corde.
 - 2.5. Quelle devrait être la longueur L_1 d'une corde de même nature que la précédente et utilisée dans les mêmes conditions pour émettre le son « la_1 » ?

Une telle longueur est-elle envisageable ?

2.6. Sur quels paramètres est-il possible d'agir et dans quels sens pour obtenir le son « la₁ », avec une corde de longueur proche de 72 cm ?

2.7. Si le musicien soulève la palette de l'une des cordes, le son émis par cette corde sera-t-il plus grave ou plus aigu ? Justifier.

3. Le musicien joue un « do₂ ». On analyse le son émis et on obtient le spectre n°1 figurant page suivante.

3.1. Quelle est la fréquence fondamentale du son émis ?

Préciser la grandeur physiologique associée à cette fondamentale.

3.2. À quoi correspondent les autres fréquences obtenues ?

Par quelle(s) relation(s) sont-elles liées à la fondamentale ?

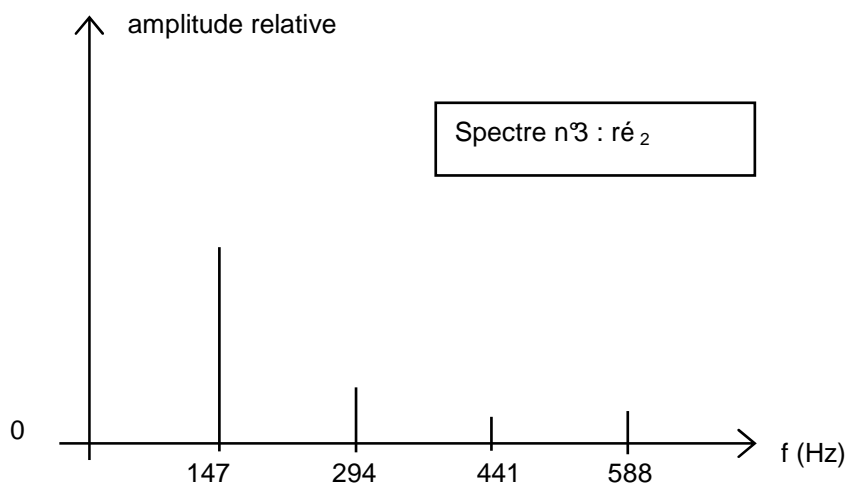
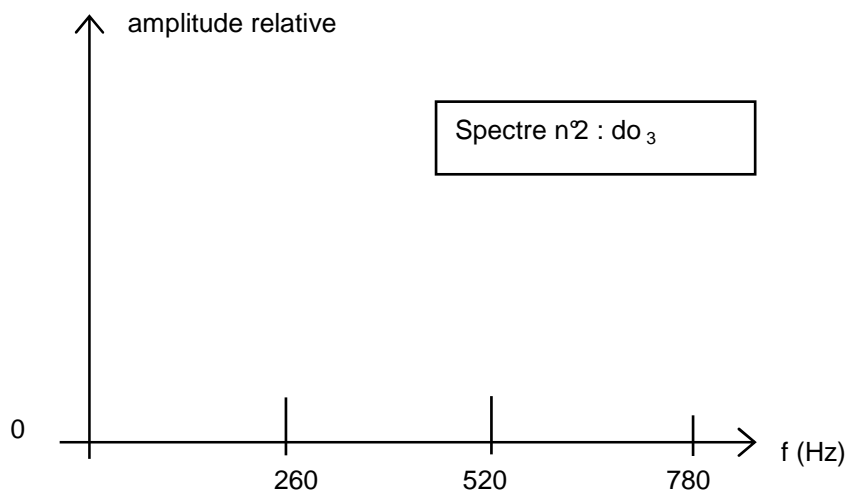
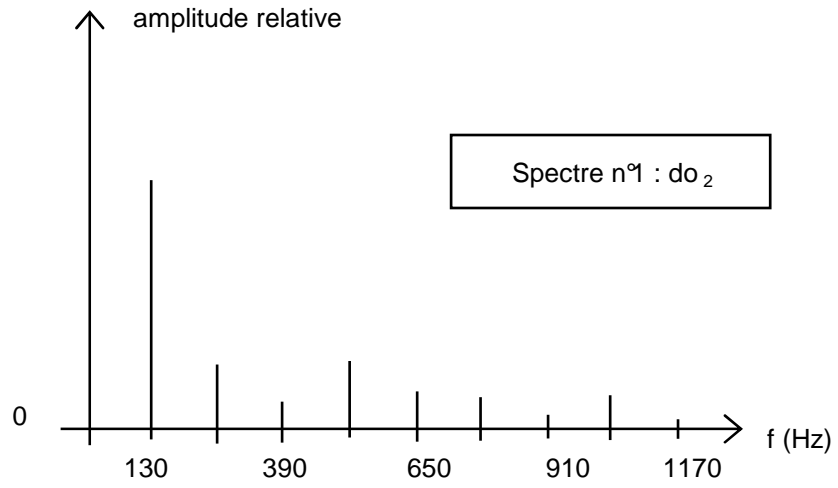
4. *Lorsque le musicien joue deux notes simultanément, l'effet produit à l'oreille dépend de l'intervalle entre les deux notes jouées. On appelle intervalles consonants, ou consonances, les intervalles agréables à l'oreille, et intervalles dissonants, ou dissonances, ceux pour lesquels l'impression est plus ou moins désagréables. L'effet de consonance de deux notes peut s'expliquer par le recouvrement plus ou moins important des harmoniques de chacune d'elles, autrement dit, les deux notes consonantes doivent avoir des harmoniques en commun.*

4.1. Choisir parmi les deux ensembles de notes proposés, do₂-do₃ ou do₂-ré₂, celui que doit jouer le musicien pour obtenir un intervalle consonant. On s'appuiera sur les spectres de fréquences donnés page suivante et on justifiera la réponse.

4.2. On rappelle que le niveau sonore en décibels est défini par la relation $L = 10 \log \frac{I}{I_0}$, où I est

l'intensité sonore et I_0 l'intensité sonore de référence. Si deux notes sont jouées simultanément avec la même intensité sonore, le niveau sonore doublera-t-il ? Justifier.

Spectres de fréquence



Feuille Annexe

Nom :

Prénom

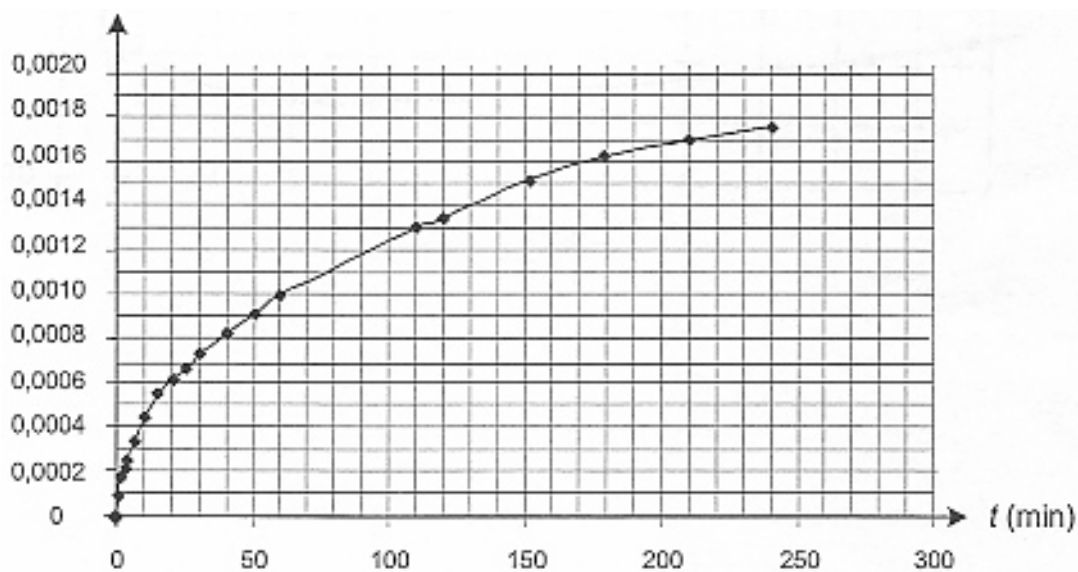
Comme un poisson dans l'eau

2. Étude de la formation des ions ammonium.

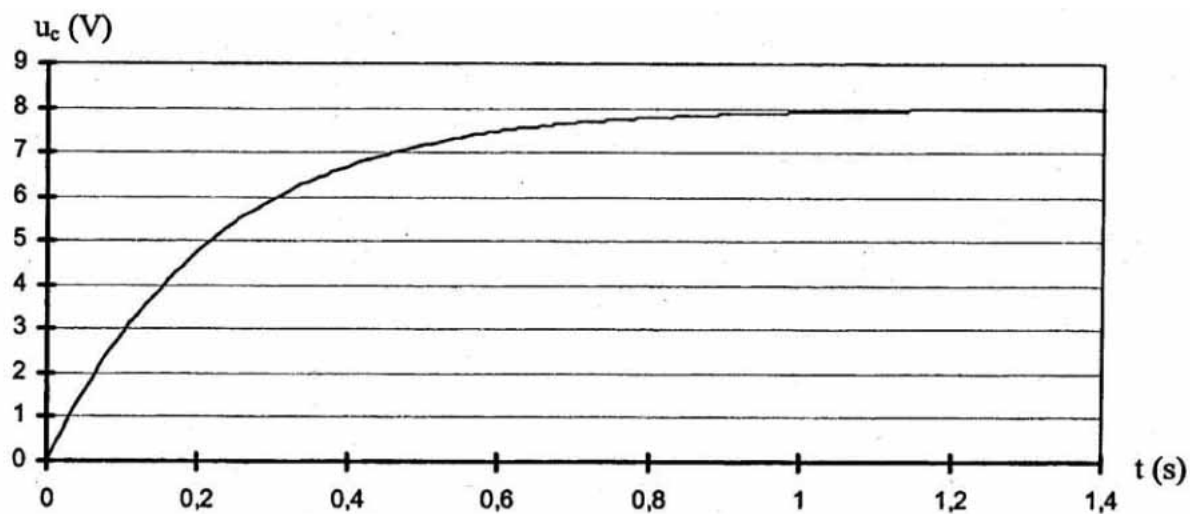
$(\text{NH}_2)_2\text{CO} (\text{aq}) = \text{NH}_4^+ (\text{aq}) + \text{OCN}^- (\text{aq})$				
État	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)		
		$(\text{NH}_2)_2\text{CO} (\text{aq})$	$\text{NH}_4^+ (\text{aq})$	$\text{OCN}^- (\text{aq})$
État initial	$x = 0$			
État en cours d'évolution	x			
État final en supposant la transformation totale	x_{max}			

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

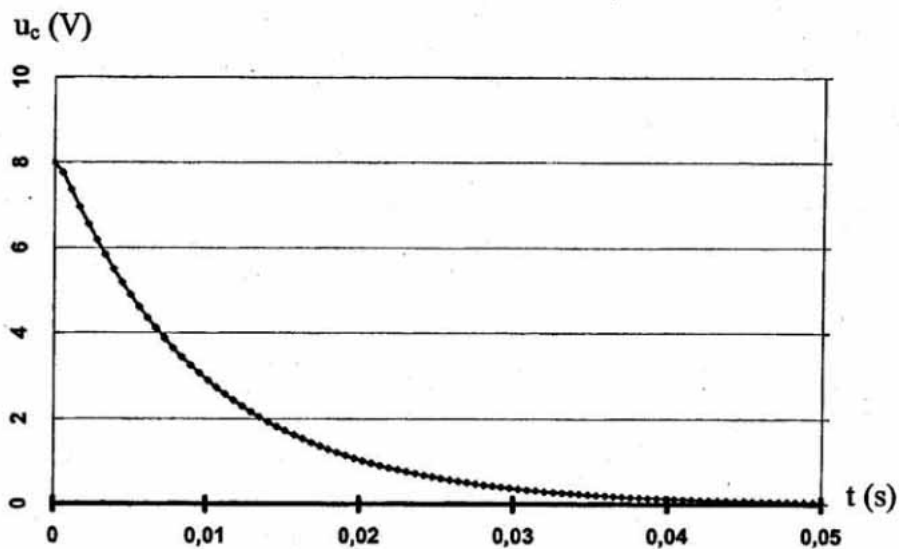
Avancement x en mol.



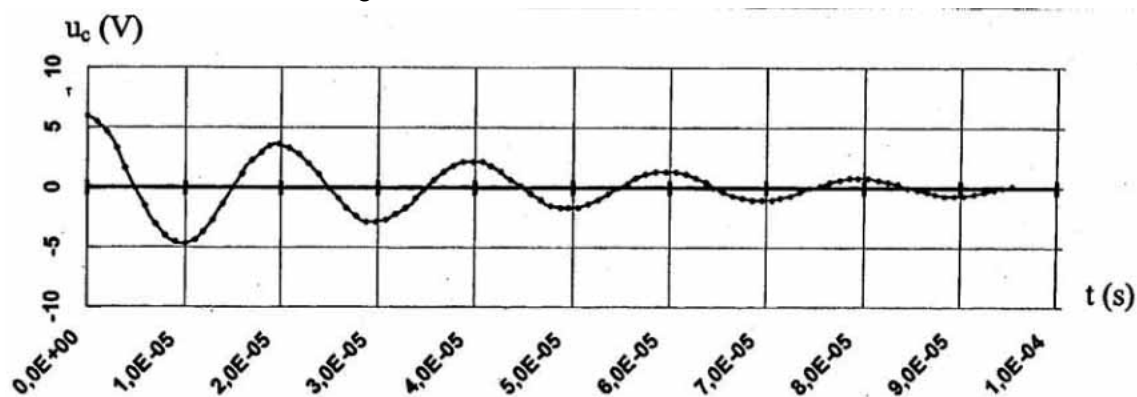
Le piège photo



Graphique 1 : Évolution de la tension u_c aux bornes du condensateur lors de sa charge.



Graphique 2 : Évolution apériodique de la tension u_c aux bornes du condensateur lors de sa décharge dans la bobine de l'électroaimant.



Graphique 3 : Évolution de la tension u_c aux bornes du condensateur.