BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2008

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : **3 h 30** – COEFFICIENT : **6**

obligatoire

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 9 pages numérotées de 1 à 9, y compris celle-ci et l'annexe.

La page d'annexe (page 9) EST À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE même si elle n'a pas été complétée.

Le candidat doit traiter les trois exercices dans l'ordre qu'il souhaite, ceux-ci étant indépendants les uns des autres.

EXERCICE I : CHIMIE À USAGE DOMESTIQUE (6,5 points)

On s'intéresse dans cet exercice à l'étude de deux produits ménagers d'usage courant.

Les parties 1 et 2 sont indépendantes.

1. Analyse d'un déboucheur de canalisations domestiques

Le DesTop® est un produit ménager qui permet de déboucher les canalisations. Sur l'étiquette on trouve les indications suivantes :

Contient de l'hydroxyde de sodium en solution
20% en masse
N'attaque pas l'émail
Dissout toute matière organique


Corrosif

La solution commerciale S_c, de concentration c_C, étant trop concentrée, on la dilue 100 fois. On obtient une solution, notée S, d'apparence incolore.

1.1. Titrage, en présence d'un indicateur coloré, de la solution diluée de DesTop®
Dans cette partie, on considère, pour simplifier, que le DesTop® est uniquement constitué d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ($Na^+ + HO^-$).

On prélève un volume V = 50,0 mL de la solution S que l'on verse dans un erlenmeyer. On y ajoute quelques gouttes d'indicateur coloré, le bleu de bromothymol (B.B.T.). On dose par de l'acide chlorhydrique, ($H_3O^+ + Cl^-$), de concentration $c_a = 0,20\ mol.L^{-1}$. Il faut verser un volume $V_E = 15,0$ mL d'acide chlorhydrique pour observer le changement de couleur de l'indicateur coloré.

Données :

Couples acide/base : $H_3O^+ / H_2O(\ell)$
$H_2O(\ell) / HO^-(aq)$
Produit ionique de l'eau : $K_e = 1,0 \times 10^{-14}$ *à 25°C*
Bleu de bromothymol :
- *teinte acide : jaune ; teinte basique : bleue ;*
- *dans le domaine de la zone de virage ($6 \leq pH \leq 7,6$) le B.B.T. prend une teinte verte*

Masse molaire de l'hydroxyde de sodium : $M = 40,0\ g.mol^{-1}$
Masse volumique du DesTop® : $\rho = 1,20\ g.mL^{-1}$

1.1.1. Écrire l'équation de la réaction associée à la transformation chimique qui se produit lors du titrage.
1.1.2. Donner l'expression littérale puis calculer la valeur de la constante d'équilibre, notée K_1, associée à la réaction.
1.1.3. Après avoir défini l'équivalence, établir l'expression de la concentration c de la solution diluée S. Calculer c.
1.1.4. Comment repère-t-on expérimentalement le passage à l'équivalence ?
1.1.5. En utilisant les indications du texte encadré et les données, calculer la concentration c_c de la solution commerciale S_c. Comparer avec le résultat du dosage.

1.2. Présence d'ammoniac dans le DesTop®
En réalité, la solution commerciale ne contient pas que de l'hydroxyde de sodium en solution. Quand on ouvre prudemment une bouteille de DesTop®, il se dégage notamment, une odeur d'ammoniac.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

Données :

Couple ion ammonium /ammoniac : $NH_4^+(aq)$ / $NH_3(aq)$
Constante d'acidité du couple ion ammonium / ammoniac :
$$K_A = 6{,}3 \times 10^{-10} \text{ donc } pK_A = 9{,}2 \text{ à } 25°C$$
Masse molaire de l'ammoniac : $M = 17{,}0 \text{ g.mol}^{-1}$

1.2.1. Écrire l'équation de la réaction entre l'ammoniac NH_3 et les ions oxonium H_3O^+ apportés par l'acide chlorhydrique lors du titrage.

1.2.2. Donner l'expression littérale puis calculer la valeur de la constante d'équilibre, notée K_2, associée à l'équation de la réaction précédente.

1.2.3. Tracer le diagramme de prédominance du couple $NH_4^+(aq)$ / $NH_3(aq)$ dont fait partie l'ammoniac.

1.3. Titrage pH-métrique de la solution diluée de DesTop®

On souhaite connaître la composition quantitative du DesTop® en ammoniac et en hydroxyde de sodium. On procède alors à un titrage pH-métrique, réalisé dans les conditions de l'expérience précédente, permettant de déterminer les concentrations molaires volumiques de l'ammoniac et des ions hydroxyde en solution.

Un logiciel permet de tracer les courbes $pH = f(V_a)$ et $\frac{dpH}{dV_a} = g(V_a)$. On obtient les graphes de la figure 1 ci-dessous.

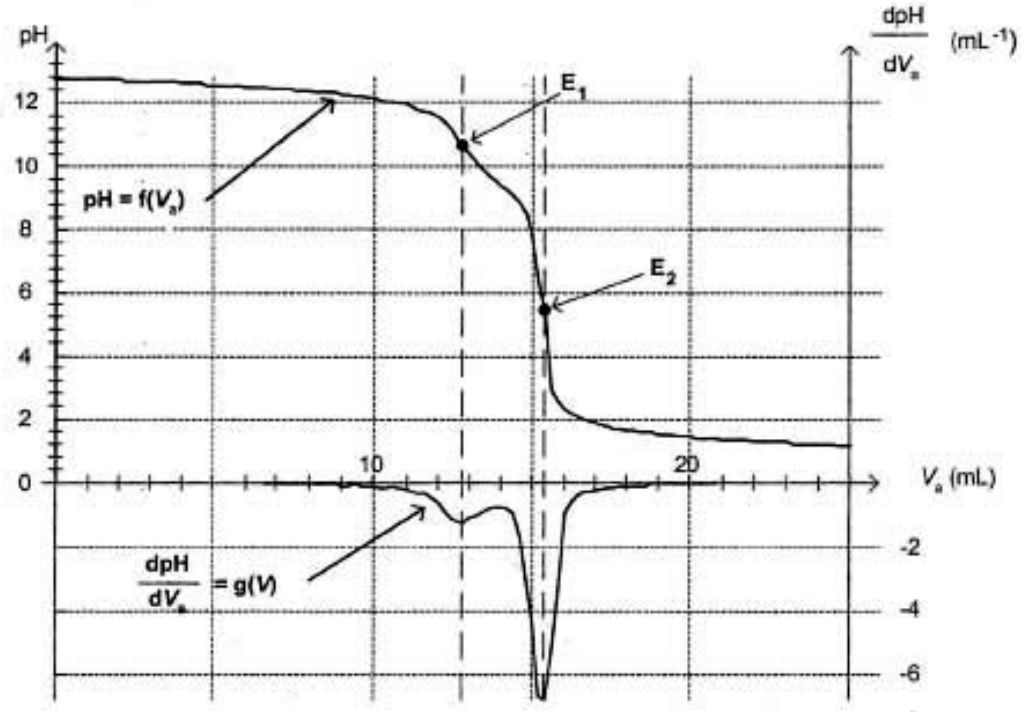


Figure 1

1.3.1. Justifier, à l'aide de la figure 1, le fait que l'indicateur coloré de l'expérience précédente a changé de couleur pour un volume $V_a = 15{,}0$ mL.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

On admet que, lors du dosage d'une solution contenant un mélange d'ions hydroxyde et d'ammoniac par de l'acide chlorhydrique, ce dernier réagit d'abord avec les ions hydroxyde (ce qui correspond au premier point d'équivalence E_1) puis avec l'ammoniac (ce qui correspond au second point d'équivalence E_2).

1.3.2. Quelle est la valeur du pH au premier point d'équivalence E_1 ? Déduire, en s'aidant du diagramme établi à la question 1.2.3., que l'ammoniac est toujours présent dans le mélange à la première équivalence.

1.3.3. Déterminer graphiquement le volume équivalent V_{E_1} et en déduire la concentration en ions hydroxyde dans la solution diluée.

1.3.4. En raisonnant de la même façon qu'à la question 1.3.2., montrer que tout l'ammoniac a réagi à la seconde équivalence E_2.

1.3.5. En déduire le volume V_a' d'acide chlorhydrique qui a servi à doser l'ammoniac.

1.3.6. Calculer la concentration en ammoniac dans la solution diluée de DesTop®.

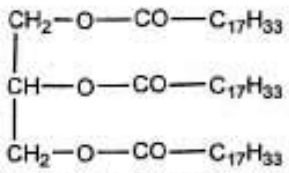
2. Obtention de savon

2.1. Synthèse d'un savon au laboratoire

Dans un ballon, on introduit 10 mL de solution aqueuse d'hydroxyde de sodium, 5 mL d'éthanol, 20 mL d'huile d'olive et quelques grains de pierre ponce. On chauffe à reflux pendant 30 minutes. On verse le mélange obtenu dans de l'eau salée et froide, un précipité blanc-jaune apparaît.
L'huile d'olive contient essentiellement l'oléine.

Données :

Formule de l'oléine :



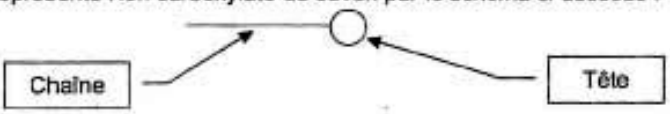
2.1.1. Faire un schéma annoté du montage utilisé pour fabriquer le savon.

2.1.2. Écrire l'équation chimique de la réaction de synthèse du savon.

2.2. Propriétés du savon

2.2.1. Donner la définition des mots hydrophile et hydrophobe.

2.2.2.a. On représente l'ion carboxylate du savon par le schéma ci-dessous :



Reproduire ce schéma sur la copie en indiquant la partie hydrophile et la partie hydrophobe.

2.2.2.b. Choisir parmi les schémas proposés figure 2 ci-dessous, celui qui montre comment se positionnent les ions carboxylate à la surface d'une goutte d'huile en suspension dans l'eau. Justifier la réponse.

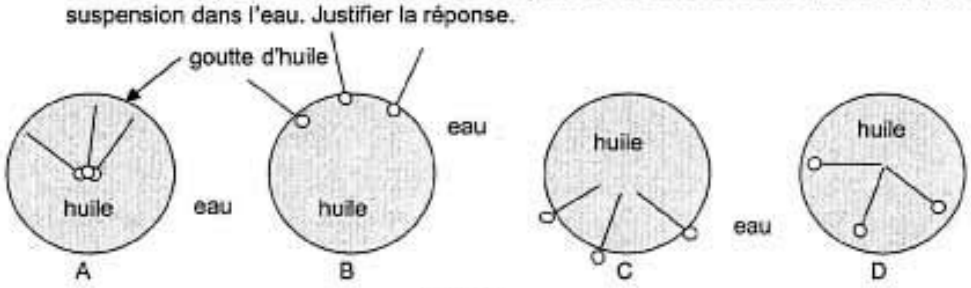


Figure 2

ERREURS CONCERNANT LES VALEURS NUMERIQUES ANNONCEES DANS L'EXERCICE 2 :

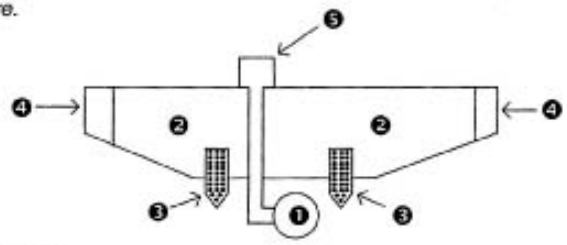
A PROPOS DE SOUS MARIN **PAGE 6** PARAGRAPHE **2** : la propulsion du sous-marin le Terrible.

Les valeurs numériques énoncées des questions 2.2.2 et 2.2.3.a et 2.2.3.b sont légèrement erronées :

- les chiffres après la virgule sont différents de ceux énoncés :
- question 2.2.2 : à la place de 2,92 **lire 2,91**
- question 2.2.3.a à la place de 5,20 **lire 5,15**
- question 2.2.3.b à la place de 2,00 **lire 2,01**

EXERCICE II : À PROPOS DE SOUS-MARINS (5,5 points)

Les bathyscaphes sont des sous-marins d'exploration abyssale. En service de 1948 à 1982, ils ont été les seuls submersibles capables d'atteindre les profondeurs les plus grandes (10916 mètres dans la fosse des Mariannes, le 23 janvier 1960).
Un bathyscaphe est constitué d'une lourde cabine sphérique en acier, pouvant accueillir deux ou trois passagers, suspendue à un flotteur rempli d'un liquide noté « L » moins dense que l'eau qui compense le poids. Le bathyscaphe descend par gravitation et remonte en lâchant du lest.
À cause de leur poids, les bathyscaphes ne peuvent être embarqués et sont remorqués par leur navire.



❶ *cabine*
❷ *flotteurs remplis de liquide « L »*
❸ *lest*
❹ *ballasts*
❺ *puits d'accès pour l'équipage*

- Pour plonger le bathyscaphe remplit ses ballasts d'eau ou largue une partie du liquide « L » qu'il remplace par de l'eau de mer (dans notre étude on se placera dans la deuxième hypothèse).
- Il s'alourdit et descend verticalement s'il n'y a pas de courants marins.
- Il se pose ensuite sur le fond.
- Pour remonter, il largue une partie de son lest.

D'après un site internet.

Les parties 1 et 2 sont indépendantes.

1. Etude de la plongée d'un bathyscaphe

Les données fournies ci-dessous sont relatives au bathyscaphe Archimède qui a navigué entre les années 1961 et 1974. Il est maintenant exposé à la Cité de la mer à Cherbourg.
Dans tout l'exercice on supposera que l'on peut négliger les courants marins et donc que le bathyscaphe descend verticalement.
Les mouvements seront étudiés dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

Toutes les données suivantes ne sont pas utiles.

Données : *Masse totale du bathyscaphe : $M = 200$ t (tonnes) (liquide « L » compris)*
Volume total du bathyscaphe : $V = 194\ m^3$
Volume de liquide « L » embarqué : $V_L = 170\ m^3$
Masse volumique de l'eau de mer : $\rho_E = 1{,}03.10^3\ kg.m^{-3}$
Masse volumique du liquide « L » : $\rho_L = 0{,}66.\ 10^3\ kg.m^{-3}$
Intensité de la pesanteur : $g = 9{,}8\ m.\ s^{-2}$

1.1. *Le bathyscaphe est complètement immergé mais ne plonge pas encore.*

1.1.1. Donner l'expression littérale, en fonction des données, de la valeur F_A de la poussée d'Archimède exercée sur le bathyscaphe complètement immergé. Calculer sa valeur numérique.

1.1.2. Comparer les valeurs du poids du bathyscaphe et de la poussée d'Archimède qu'il subit. Que peut-on en conclure ?

1.2. *On admettra que, rapidement, le bathyscaphe remplace un volume V'_L du liquide « L » par un même volume $V'_E = V'_L$ d'eau de mer. Ceci est en fait un modèle simplifié.*

1.2.1. La valeur F_A de la poussée d'Archimède varie-t-elle ? Expliquez.

1.2.2. Déterminer l'expression littérale de la variation de masse du bathyscaphe (par la suite, elle sera notée ΔM et comptée positivement). Faire l'application numérique.

Donnée : $V'_E = V'_L = 2{,}0\ m^3$.

1.2.3. Expliquez pourquoi le bathyscaphe se met à descendre.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 6 / 10
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

1.3. Plongée du bathyscaphe.

Dans cette partie, on considère que la masse totale du bathyscaphe est à présent M' = 200,74 t.

1.3.1. Faire le bilan des forces exercées sur le bathyscaphe quand il descend. Représenter, sans échelle, ces forces sur un schéma.

1.3.2. *On suppose que l'expression de la valeur de la force de frottement exercée par l'eau de mer est modélisée par la relation* $f = k.v^2$ *où k est une constante positive qui dépend de la nature du fluide et de la forme de l'objet.*

Établir l'équation différentielle du mouvement selon un axe vertical descendant (Oy).

1.3.3. *La vitesse limite atteinte par le bathyscaphe est* $v_{lim} = 1,0\ m.s^{-1}$.

1.3.3.a. Déterminer l'expression littérale de cette vitesse limite v_{lim}.

1.3.3.b. En déduire la valeur de *k*. Justifier l'unité de k par une analyse dimensionnelle.

2. La propulsion du sous-marin « Le Terrible »

D'abord propulsés par des moteurs Diesel rechargeant des batteries, les sous-marins ne pouvaient pas rester en plongée très longtemps car pour utiliser leur moteur, ils devaient obligatoirement faire surface pour évacuer les gaz d'échappement des moteurs. Tout changea avec la propulsion nucléaire : ce n'était plus la propulsion qui limitait la durée de plongée mais la résistance physique de l'équipage.

Dans cette partie, on se propose d'étudier le mode de propulsion du dernier sous-marin nucléaire français « Le Terrible » qui entrera bientôt en service.

Un tel sous-marin utilise comme combustible de l'uranium enrichi en isotope $^{235}_{92}U$ *(cet isotope est fissile).*

Données : *Masse d'un noyau* $^{235}_{92}U$ *:* $m(U) = 235,0439\ u$

Masse d'un noyau $^{94}_{38}Sr$ *:* $m(Sr) = 93,9154\ u$

Masse d'un noyau $^{140}_{54}Xe$ *:* $m(Xe) = 139,9252\ u$

Masse d'un neutron $^{1}_{0}n$ *:* $m(n) = 1,0087\ u$

Unité de masse atomique : $1\ u = 1,66 \times 10^{-27}\ kg$

Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,00 \times 10^{8}\ m.s^{-1}$

Constante d'Avogadro : $N_A = 6,02.10^{23}\ mol^{-1}$

Masse molaire de $^{235}_{92}U$ *:* $M(U) = 235\ g.mol^{-1}$

2.1. Donner la structure du noyau noté $^{235}_{92}U$.

2.2. Les noyaux d'uranium $^{235}_{92}U$ peuvent subir différentes fissions. La plus fréquente est donnée par l'équation suivante :

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{94}_{38}Sr + ^{140}_{54}Xe + x\,^{1}_{0}n$$

2.2.1. Montrer que $x = 2$. Une justification soignée est demandée.

2.2.2. Montrer que l'énergie libérée par la fission, selon l'équation ci-dessus, d'un noyau d'uranium 235 vaut $E_{lib} = 2,92 \times 10^{-11}$ J.

2.2.3. *On suppose, pour simplifier, que les énergies libérées par toutes les réactions de fission sont approximativement égales à celle calculée au 2.2.2.*

Le réacteur fournit une puissance moyenne de 150 MW. On rappelle que $1\ W = 1\ J.\ s^{-1}$.

2.2.3.a. Montrer qu'il se produit $5,20 \times 10^{18}$ fissions par seconde.

2.2.3.b. En déduire que la masse d'uranium consommée en 1s vaut $2,00 \times 10^{-3}$ g.

2.2.4. *Un tel sous-marin est prévu pour naviguer pendant une durée de 2 mois.*

Quelle masse minimum d'uranium 235 devra-t-il embarquer pour assurer son approvisionnement en énergie pendant cette durée ?

Donnée : $1\ mois = 2,6 \times 10^{6}\ secondes$

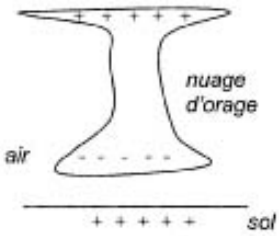
EXERCICE III : UN JOUR D'ORAGE (4 points)

Parmi les phénomènes atmosphériques, l'éclair est le plus aveuglant et le tonnerre le plus bruyant. Cet exercice a pour but l'étude de ces deux phénomènes étroitement liés.

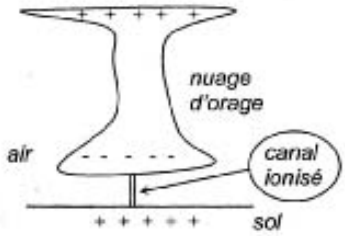
1. Modélisation de l'éclair nuage - sol

Les nuages d'orage sont des cumulonimbus, gros nuages en forme d'enclume ou de hautes tours.
Ils sont composés à la fois d'eau et de glace.

Lors des orages, le cumulonimbus est fortement chargé électriquement. Globalement, le sommet du nuage est chargé positivement alors que sa base est négative.
La partie du nuage qui se trouve en regard de la Terre étant chargée négativement, le sol se charge positivement par influence.



Par temps d'orage, on peut comparer le système (base du nuage – sol) à un gigantesque condensateur constitué par de l'air placé entre le bas du nuage et le sol.



L'isolant entre les deux armatures est l'air ; dans certaines conditions, il devient localement conducteur. Il s'établit alors un canal ionisé entre le sol et le nuage dans lequel une ou plusieurs décharges se produisent. Ces décharges constituent la foudre proprement dite.
Elles se déplacent à une vitesse considérable et correspondent à une tension U de l'ordre de 100 millions de volts et à une intensité d'environ 30 kiloampères.

L'éclair est le phénomène lumineux qui accompagne la foudre. Les gaz, sur le trajet de la décharge électrique sont surchauffés et ionisés, ils émettent alors de la lumière.

D'après un texte du site Eduscol – CultureSciences-Physiques : Quelle est l'origine des orages ?

1.1. *L'éclair nuage - sol peut être modélisé de façon très simple : il correspond à la décharge d'un condensateur géant de capacité C, à travers un fil conducteur, le canal ionisé, matérialisé par un conducteur ohmique de résistance r.*

Situation réelle

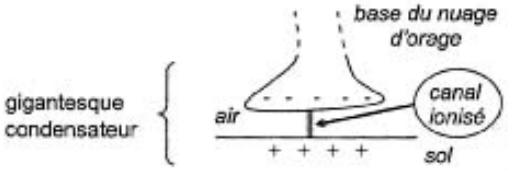
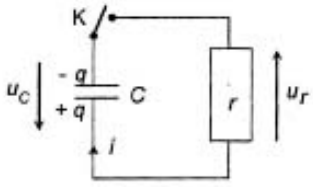


Schéma électrique équivalent



Le condensateur est initialement chargé sous une tension continue U positive.
À la date $t_0 = 0$ s, on ferme l'interrupteur K et la décharge débute.
En utilisant les informations contenues sur le schéma électrique équivalent, montrer que l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur pendant la décharge s'écrit :

$$\frac{du_C}{dt} + \frac{1}{\tau}u_C = 0 \quad (1) \quad \text{avec} \quad \tau = r\,C$$

1.2. *τ est la constante de temps du circuit.*
Vérifier par une analyse dimensionnelle que τ est homogène à un temps.
1.3. Vérifier que l'expression $u_C(t) = U \cdot e^{-t/\tau}$ est solution de l'équation différentielle (1).

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

2. Foudre et sécurité

Lors d'une décharge atmosphérique, la foudre peut s'abattre en un point de la Terre. L'intensité du courant ainsi généré peut être modélisée par une fonction du temps dont l'expression peut s'écrire :

$$i(t) = -I \cdot e^{-t/\tau} \qquad \text{où } I \text{ est une constante positive.}$$

2.1. Retrouver l'expression de la fonction $i(t)$ à partir de celle de $u_C(t)$ donnée dans la question 1.3. . On exprimera I en fonction de U et r.

2.2. Choisir parmi les deux courbes (A et B) données **EN ANNEXE PAGE 9,** celle qui correspond à l'évolution de l'intensité du courant électrique pendant la décharge au cours du temps. Justifier.

2.3. Par une méthode au choix, déterminer la valeur de τ. Justifier clairement.
On rappelle qu'il faut une durée d'environ 5τ pour que la décharge soit quasi terminée.
En déduire une valeur approximative de la durée de décharge parmi celles proposées ci-dessous :
a) 30 µs b) 150 µs c) 6 µs

2.4. *L'énergie électrique mise en jeu lors de la décharge vaut $E_{el} = 5{,}0 \times 10^7$ J.*
Donner l'expression littérale de la capacité C du condensateur géant en fonction de U et E_{el}, puis calculer sa valeur approchée en nanofarads (nF).

3. Le tonnerre

La contraction puis la dilatation des masses d'air surchauffé sur le trajet de l'éclair (le long du canal ionisé) créent une onde de choc qui engendre le bruit appelé "tonnerre".

3.1. Donner la définition d'une onde mécanique progressive.

3.2. Le tonnerre est-il une onde longitudinale ou une onde transversale ? Justifier.

3.3. *On rappelle que le domaine des fréquences audibles par l'Homme s'étend de 20 Hz à 20 kHz et que la célérité du son dans l'air vaut $v_{son} = 340$ m.s^{-1} à la température de 20°C.*
Quelles sont les longueurs d'onde correspondant à ces fréquences ?

4. L'orage est tout près ...

Dans un livre pour enfant, on peut lire :

> ***Le sais-tu ?***
> *Pendant un coup de foudre, l'éclair et le bruit du tonnerre se produisent en même temps. Mais comme la lumière va plus vite que le son, on voit l'éclair avant d'entendre le tonnerre. Pour savoir à quelle distance se trouve l'orage, compte les secondes entre l'éclair et le tonnerre, puis divise par trois. S'il y a six secondes, c'est que l'orage est à deux kilomètres de toi.*

On considère, dans cette dernière partie, que la valeur de la célérité c de la lumière dans l'air est identique à celle dans le vide. On prendra donc comme valeur : $c = 3 \times 10^8$ m.s^{-1}.

4.1. Montrer que la durée Δt qui s'écoule entre l'éclair et le tonnerre en fonction de la distance d qui sépare l'observateur de l'orage, de la célérité du son dans l'air v_{son} et de la célérité c de la lumière dans l'air s'écrit : $\Delta t = d\left(\frac{1}{v_{son}} - \frac{1}{c}\right)$.

4.2. Justifier le calcul proposé dans l'encadré ci-dessus permettant de connaître la distance qui sépare l'observateur de l'orage en kilomètres. (la valeur « 3 » est arrondie pour simplifier le calcul destiné à un enfant).

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

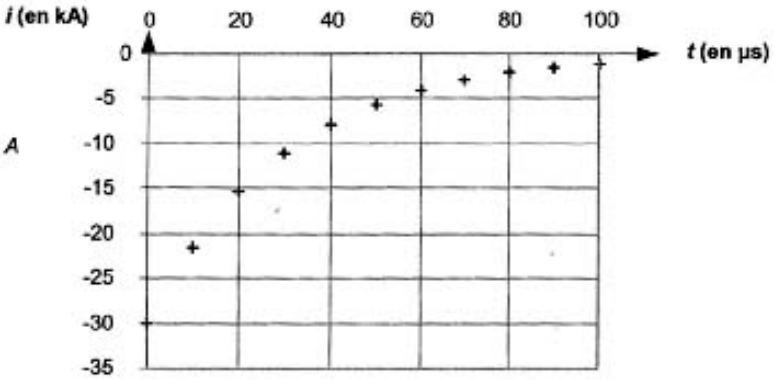
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE III

Questions 2.2. et 2.3.

Courbe A



Courbe B

