BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2008

SUJET SORTI

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 12 pages numérotées de 1 à 12.
La page d'annexe (page 12) **EST À RENDRE AGRAFÉE AVEC 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.

8PYOSME1

Page 1/12

EXERCICE I. LES COULEURS DU BLEU DE BROMOTHYMOL (6,5 points)

Les indicateurs colorés sont des entités chimiques étonnantes qui ont la propriété de changer de couleur en fonction du pH de la solution aqueuse qui les contient.
Utilisé au XVIII ème siècle pour des dosages acido-basiques, le premier indicateur coloré fut un extrait de tournesol. Plusieurs autres indicateurs naturels furent utilisés comme le chou rouge, l'artichaut ou la betterave. Le XIX ème siècle voit l'essor considérable de la chimie organique et la mise au point de nouvelles substances qui serviront d'indicateurs colorés.
Dans cet exercice, l'indicateur coloré acido-basique étudié est le bleu de bromothymol que l'on note souvent BBT. Il constitue un couple acide/base dont la forme acide, notée HIn, et la forme basique notée In^-, ont des teintes différentes en solution aqueuse.

L'objectif de cet exercice est d'étudier un titrage acido-basique en présence de bleu de bromothymol, puis de caractériser cet indicateur coloré.
Dans tout l'exercice, la température des solutions est égale à 25 °C.

1. Titrage acido-basique avec le bleu de bromothymol.

Au laboratoire, un flacon de solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ($Na^+ + HO^-$) a une concentration molaire inconnue. L'objectif de cette partie est de déterminer par titrage la concentration molaire c_B d'hydroxyde de sodium dans cette solution notée S. On admettra dans cette partie que le bleu de bromothymol convient pour ce titrage.

Protocole :
On prélève avec précision un volume V_S = 10,0 mL de la solution S que l'on verse dans un erlenmeyer. On titre cet échantillon par de l'acide chlorhydrique ($H_3O^+ + Cl^-$) dont la concentration molaire est $c_A = 1{,}00 \times 10^{-1}$ mol.L^{-1}, en présence de quelques gouttes de bleu de bromothymol comme indicateur de fin de titrage. Il faut verser un volume V_E = 12,3 mL de la solution titrante pour atteindre l'équivalence.

1.1. Écrire l'équation de la réaction support du titrage.
1.2. Identifier les couples acide/base mis en jeu dans cette réaction.
1.3. Définir l'équivalence d'un titrage.
1.4. À partir des résultats expérimentaux, déterminer la concentration molaire c_B d'hydroxyde de sodium de la solution S.

2. Questions autour du couple acido-basique du bleu de bromothymol.

2.1. Écrire l'équation de la réaction de l'acide HIn avec l'eau.
2.2. Rappeler la définition de la constante d'acidité K_A du couple HIn(aq) / In^-(aq). Donner son expression à partir de l'équation de la réaction précédente.

3. Détermination du pK_A du bleu de bromothymol.

3.1. *À l'aide d'un spectrophotomètre, on relève les variations de l'absorbance A des formes acide et basique d'une solution de bleu de bromothymol en fonction de la longueur d'onde λ de la radiation lumineuse traversant la solution. On obtient les courbes suivantes (figure 1) :*

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 2 / 12
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

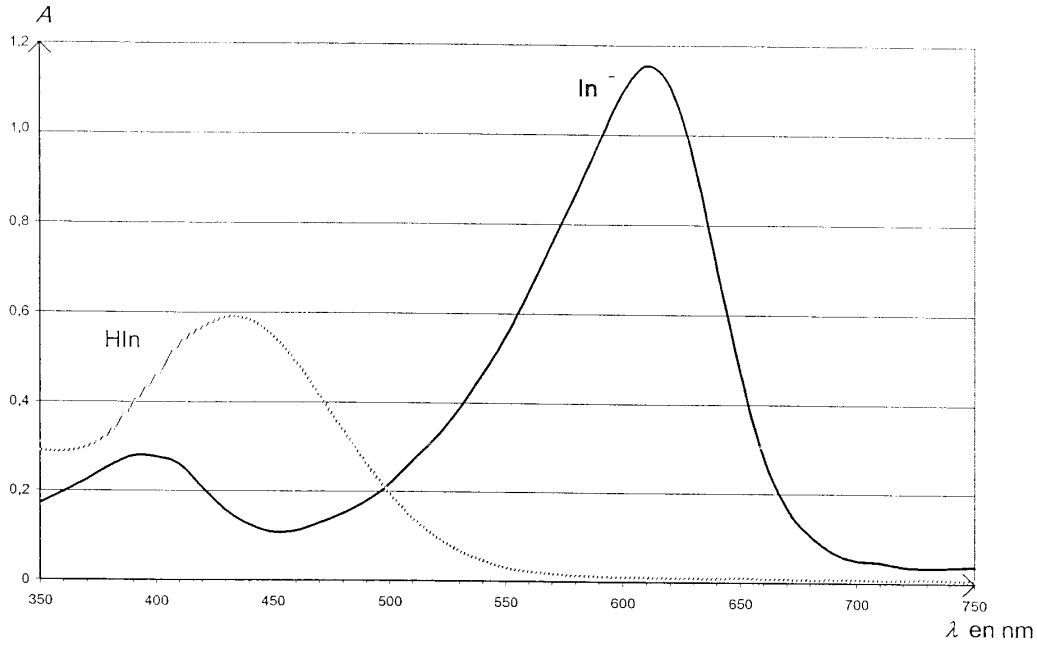


Figure 1

La forme acide HIn du bleu de bromothymol donne en solution aqueuse une coloration jaune.
On rappelle qu'une solution est colorée si elle absorbe une partie des radiations de la lumière blanche.
Sur l'étoile ci-contre (figure 2), la lumière perçue (c'est à dire la couleur de la solution) est la couleur diamétralement opposée à la couleur absorbée.

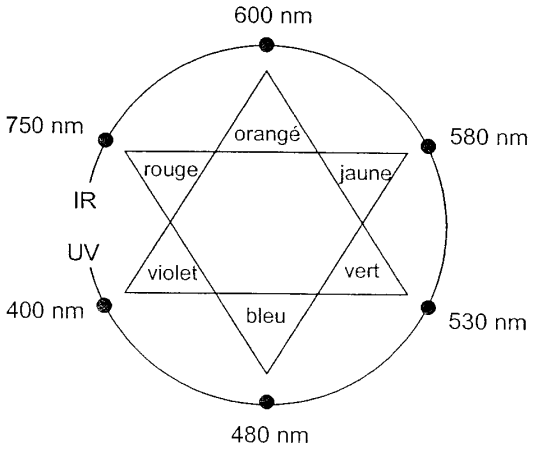


Figure 2

3.1.1. Pour quelle longueur d'onde l'absorbance de la forme basique In^- du bleu de bromothymol est-elle maximale ?
3.1.2. Quelle est la couleur de la lumière absorbée correspondante ?
3.1.3. En déduire la couleur donnée par la forme basique In^- du bleu de bromothymol en solution aqueuse.

3.2. À quelle longueur d'onde λ_0 faut-il régler le spectrophotomètre afin que l'absorbance de la forme acide soit quasiment nulle et celle de la forme basique du bleu de bromothymol soit maximale ?

3.3. *On a préparé treize échantillons de solutions de volume V = 10,0 mL dont les valeurs du pH sont croissantes (voir tableau ci-après). À chacun des échantillons, on ajoute un volume V_0 = 1,0 mL de solution S_0 de bleu de bromothymol de concentration molaire $c_0 = 3{,}0 \times 10^{-4}$ mol.L^{-1}.*

On appelle c la concentration molaire du bleu de bromothymol apporté dans ces solutions.
On rappelle : $c = [HIn]_{éq} + [In^-]_{éq}$
Après réglage du zéro du spectrophotomètre, on peut admettre que l'absorbance de telles solutions s'exprime par : $A = A_{HIn} + A_{In^-}$
où A_{HIn} *et* A_{In^-} *sont les absorbances respectives des espèces HIn et* In^-.
On mesure alors le pH de chacune de ces solutions et après avoir réglé un spectrophotomètre à la longueur d'onde λ_0 *précédemment déterminée, on mesure l'absorbance A de chacune de ces solutions en utilisant des cuves identiques. Les résultats sont regroupés dans les tableaux ci-dessous.*

Solution	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7
pH	4,0	4,8	5,2	5,8	6,1	6,7	7,0
Absorbance A	0	0	0	0,004	0,008	0,260	0,420
Couleur de la solution	jaune	jaune	jaune	jaune	jaune	verte	verte

Solution	S_8	S_9	S_{10}	S_{11}	S_{12}	S_{13}
pH	7,3	7,6	8,2	8,7	8,8	9,5
Absorbance A	0,630	0,794	1,050	1,090	1,094	A_{max} = 1,094
Couleur de la solution	verte	verte	bleue	bleue	bleue	bleue

3.3.1. Calculer la quantité de matière n_{BBT} en bleu de bromothymol apporté dans chaque solution.
3.3.2. Montrer que la concentration molaire c en bleu de bromothymol apporté dans chaque solution vaut $c = 2{,}7 \times 10^{-5}$ mol.L^{-1}.
3.3.3. En utilisant la question 3.2, montrer qu'à la longueur d'onde d'étude λ_0 l'absorbance des solutions peut s'écrire : $A = A_{In^-}$.

On peut montrer que l'absorbance des solutions est alors donnée par :
$A = A_{In^-} = k\,[In^-]_{éq}$ *où k est une constante de proportionnalité.*

3.3.4. *Dans la solution* S_{13}*, l'absorbance est maximale et a pour valeur* A_{max}*. On peut alors supposer que la concentration effective en HIn dans cette solution est négligeable devant celle en* In^-.
Quelle est alors la relation entre A_{max} et c ?
3.3.5. À partir des questions 3.3.3 et 3.3.4, montrer que dans les solutions étudiées, la concentration effective en In^- peut se calculer par :

$$[In^-]_{éq} = \frac{A}{A_{max}} \cdot c$$

3.4. *À partir des mesures précédentes, il est possible de calculer les concentrations effectives des formes acide* ($[HIn]_{éq} = c - [In^-]_{éq}$) *et basique du bleu de bromothymol dans chacun des treize échantillons et ainsi de construire le diagramme de distribution des espèces du couple* HIn/In^- *(figure 3).*

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

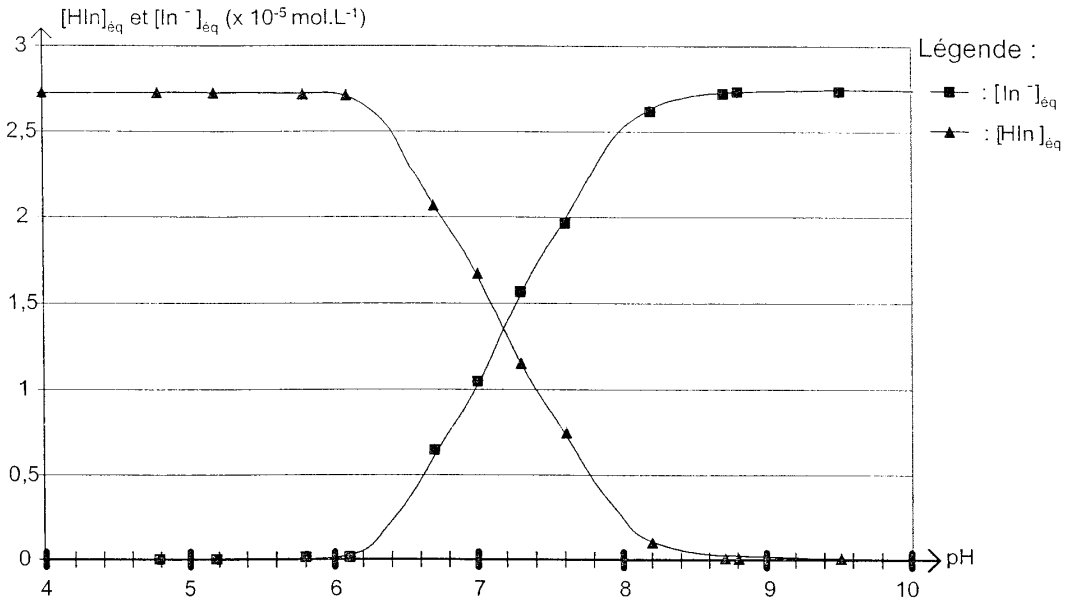


Figure 3

3.4.1. Pour quelle valeur de pH la concentration effective en HIn est-elle égale à celle en In^- ? À partir de la question 2.2 appliquée à ce cas particulier, trouver la relation entre le pH et le pK_A. En déduire le pK_A du bleu de bromothymol à 25°C.

3.4.2. *On considère qu'une solution de bleu de bromothymol, éclairée en lumière blanche, prend « sa teinte acide » lorsque pH < pK_A – 1 et qu'elle prend « sa teinte basique » lorsque pH > pK_A + 1.*

Donner le diagramme de prédominance des espèces acide et basique du bleu de bromothymol. Ajouter sur le diagramme les couleurs respectives de la solution de bleu de bromothymol.

3.4.3. Quelle est la couleur de la solution de bleu de bromothymol dans la zone de virage ?

4. Utilisation du bleu de bromothymol pour le titrage de la partie 1.

4.1. Quelle est la couleur de la solution contenue dans l'erlenmeyer avant l'équivalence ? Comment repère-t-on l'équivalence ?
4.2. *Lors de ce titrage le pH du mélange réactionnel à l'équivalence est égal à 7.*
Pourquoi peut-on affirmer que le bleu de bromothymol convient pour ce titrage ?

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 5 / 12
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

EXERCICE II. UN RÉVEIL EN DOUCEUR (5,5 points)

On commercialise aujourd'hui des réveils « éveil lumière / éveil douceur ». Le concept utilisé est le suivant : lorsque l'heure du réveil programmé est atteinte, la lampe diffuse une lumière dont l'intensité lumineuse augmente progressivement jusqu'à une valeur maximale. On évite de cette façon un réveil trop brutal. La durée nécessaire pour atteindre la luminosité maximale est modifiable.

Lors d'un atelier scientifique, deux élèves décident de construire un circuit électrique permettant de faire varier doucement la luminosité d'une lampe, en utilisant les propriétés électriques d'une bobine.

Dans une première partie, ces propriétés sont mises en évidence de façon qualitative. Dans une seconde partie, les élèves déterminent l'inductance de la bobine utilisée. Le fonctionnement est ensuite étudié expérimentalement à l'aide d'une acquisition informatique.

Certaines données ne sont pas utiles à la résolution de l'exercice.

1. Influence d'une bobine dans un circuit électrique.

Les élèves réalisent le circuit représenté sur la figure 4. Ce circuit est constitué d'une source de tension idéale de force électromotrice (fem) E_1, d'une bobine d'inductance L et de résistance r, d'un conducteur ohmique de résistance R_1 de même valeur que r et de deux lampes identiques (L_1) et (L_2).

Données :
Valeur de la fem : $E_1 = 24$ V.
Valeurs données par le constructeur : $L = 1$ H ; $r = R_1 = 7\ \Omega$.

***Dans cette partie seulement**, pour simplifier l'analyse qualitative, on suppose que chaque lampe a le même comportement électrique qu'un conducteur ohmique de résistance R_{Lampe}.*

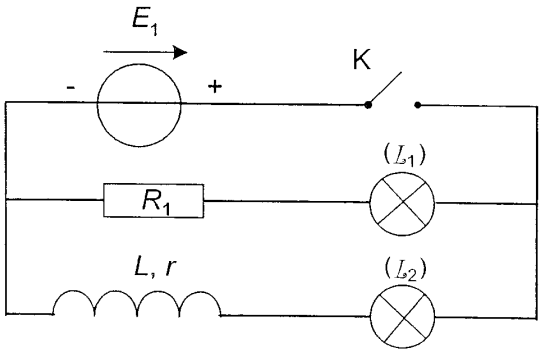


Figure 4

1.1. *Immédiatement après la fermeture de l'interrupteur K, les deux lampes ne s'allument pas simultanément : une lampe brille quasi-instantanément, l'autre brille avec retard.*
Quelle lampe s'allume la première ? Pourquoi l'autre lampe s'allume-t-elle avec retard ?

1.2. *Dans la branche du circuit contenant la bobine, on peut observer successivement deux régimes différents pour le courant électrique.*
Nommer ces deux régimes.

1.3. Que peut-on dire de la luminosité des deux lampes en fin d'expérience ? Justifier.

1.4. *On appelle τ la constante de temps caractérisant l'évolution temporelle de l'intensité du courant électrique lors de l'association en série d'un conducteur ohmique de résistance R et d'une bobine*

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 6 / 12
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

d'inductance L. Dans le cas étudié $R = R_1 + R_{Lampe}$. La durée nécessaire pour atteindre la luminosité maximale est de l'ordre de 5 τ.

1.4.1. Exprimer la constante de temps τ en fonction de l'inductance L et de la résistance R.
1.4.2. Vérifier par analyse dimensionnelle, que l'expression obtenue est bien homogène à un temps.
1.4.3. Justifier par un calcul d'ordre de grandeur le fait que ce phénomène est détectable par un observateur. On prendra $R \approx 10\ \Omega$.
On précise que l'œil est capable de distinguer deux images consécutives séparées d'au moins 0,1 s.

2. Vérification de la valeur de l'inductance *L* de la bobine utilisée.

Dans cette partie, les élèves cherchent à déterminer précisément la valeur de l'inductance L de la bobine qui est utilisée. Ils réalisent le montage, représenté sur la figure 5, permettant d'enregistrer la décharge d'un condensateur de capacité C = 22 µF à travers la bobine. Le condensateur est initialement chargé sous une tension E_2 = 6,0 V (commutateur en position 1).

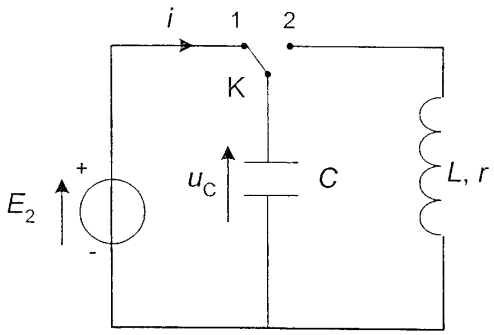


Figure 5

Après avoir basculé le commutateur en position 2, on enregistre l'évolution de la tension aux bornes du condensateur au cours du temps ; la courbe obtenue est représentée sur la figure 6.

2.1. Comment nomme-t-on le régime correspondant à cette évolution de la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur ?
2.2. Quelle est la cause, en termes d'énergie, de l'amortissement des oscillations observé sur l'enregistrement donné en figure 6 ?
2.3. Qualifier l'évolution temporelle de l'énergie totale emmagasinée dans le circuit en choisissant un ou plusieurs adjectifs parmi : périodique ; croissante ; décroissante ; sinusoïdale.
2.4. *On rappelle que la période propre T_0 d'un circuit LC est égale à $T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$ et que dans le cas où l'amortissement est faible, la pseudo-période T des oscillations est proche de la période propre T_0.*
Déterminer la valeur de la pseudo-période T des oscillations puis l'inductance L de la bobine.
2.5. La valeur de l'inductance L calculée est-elle compatible avec les données du constructeur ?

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

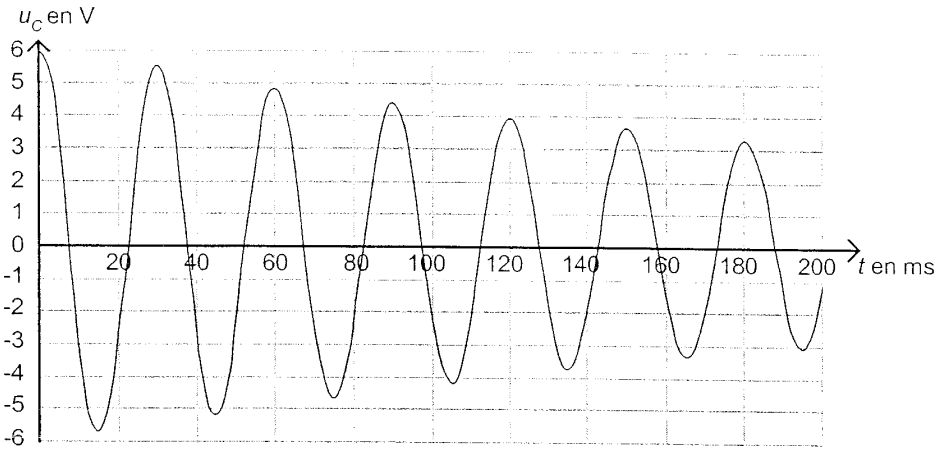


Figure 6

3. Étude expérimentale de la luminosité d'une lampe dans un circuit électrique contenant une bobine.

La luminosité de la lampe est liée à la puissance électrique qu'elle reçoit. On rappelle l'expression, en convention récepteur, de la puissance électrique instantanée p(t) reçue par un dipôle soumis à la tension u(t) et traversé par un courant d'intensité i(t) : $\boldsymbol{p(t) = u(t).i(t)}$

Pour étudier l'évolution temporelle de la puissance électrique reçue par la lampe, les élèves réalisent maintenant le circuit représenté sur la figure 7 et procèdent à une acquisition informatique des données à l'aide d'une interface possédant deux bornes d'entrée notées (Y_1) et (Y_2) et une masse notée (M). Ils utilisent la lampe (L_1), la bobine d'inductance L, un conducteur ohmique dont la résistance a pour valeur R_0 = 1 Ω et une source de tension continue de fem E .

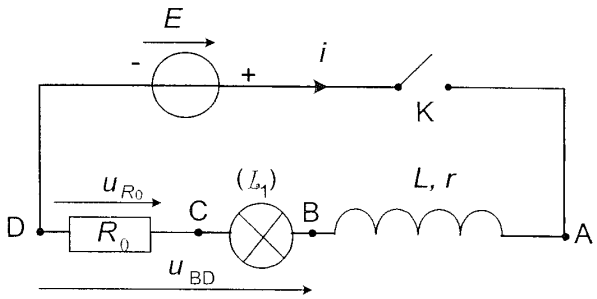


Figure 7

3.1. De quelle(s) manière(s) l'énergie électrique reçue par la lampe est-elle transférée à l'environnement ?

3.2. À quels points du circuit (A, B, C ou D) peut-on brancher (Y_1), (Y_2) et (M) pour enregistrer les tensions u_{R_0} et u_{BD} sur l'interface d'acquisition ?

3.3. *Les élèves souhaitent suivre l'évolution temporelle de la puissance électrique reçue par la lampe (L_1).* À partir des grandeurs mesurées u_{R_0} , u_{BD} et de la résistance R_0, exprimer :

3.3.1. la tension $u(t) = u_{BC}$ aux bornes de la lampe;
3.3.2. l'intensité $i(t)$ du courant électrique ;
3.3.3. la puissance électrique $p(t)$ reçue par la lampe.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 8 / 12
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

3.4. Pourquoi les élèves ont-ils choisi un conducteur ohmique dont la valeur de résistance est très faible ?

3.5. *La figure 8 représente l'évolution temporelle de la puissance électrique p(t) reçue par la lampe (L_1). On estime que pour réveiller un individu, la lumière est suffisante lorsque cette puissance atteint 90 % de sa valeur maximale.*
À partir de cette courbe, déterminer la durée nécessaire pour permettre le réveil.

3.6. Cette durée est-elle compatible avec l'utilisation d'un tel montage pour une « lampe à diffusion douce » ? Quels paramètres faudrait-il pouvoir modifier pour contrôler la durée du phénomène ?

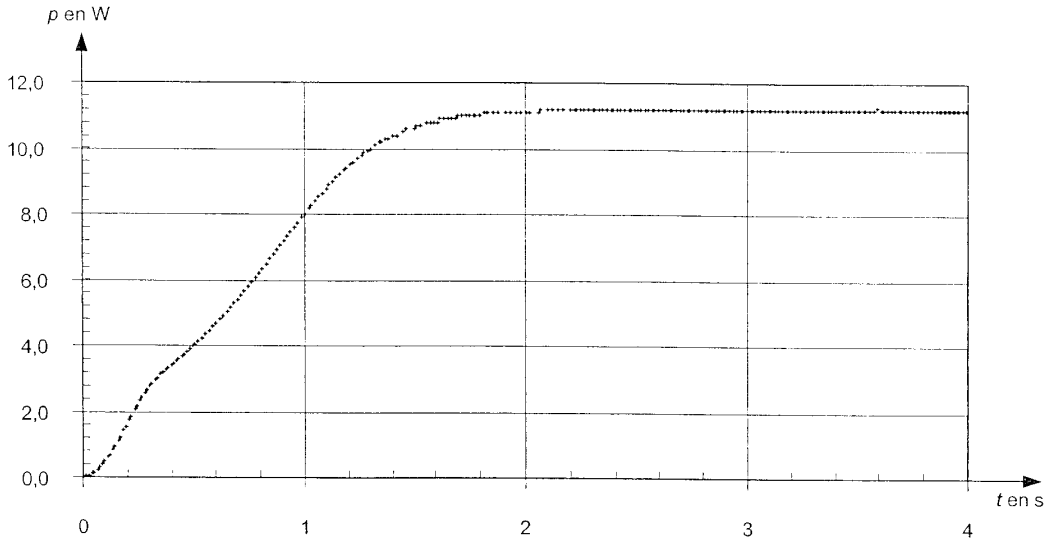


Figure 8

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

EXERCICE III. LA TERRE, UNE MACHINE THERMIQUE (4 points)

Les parties 1 et 2 sont indépendantes

1. Transfert thermique et radioactivité du globe terrestre.

Dès l'Antiquité, les premiers mineurs ont constaté que la température du sol augmente avec la profondeur. L'intérieur de la Terre est donc chaud. Comme le transfert thermique a toujours lieu des corps chauds vers les corps froids, il y a une fuite constante d'énergie de la Terre vers l'espace. Vers 1860, Lord Kelvin avait calculé le temps mis par le globe terrestre pour se refroidir complètement, à partir de la perte d'énergie constatée : quelques centaines de millions d'années au plus. Or la Terre est beaucoup plus vieille, et elle n'est pas froide. L'énergie qui s'échappe est donc, pour une grande part, produite par la Terre elle-même. C'est la radioactivité naturelle qui est à l'origine de l'essentiel de cette énergie. Toutes les couches de la Terre contiennent de l'uranium, du thorium et du potassium 40. Ces noyaux radioactifs produisent de l'énergie en se désintégrant.

D'après « Enseigner la géologie » Editions Nathan.

Données :
À l'état naturel, il existe trois isotopes du potassium : les isotopes 39, 40 et 41. Le potassium 40 est radioactif et se transforme en argon 40.

	argon ^{40}Ar	potassium ^{40}K	calcium ^{40}Ca
Numéro atomique Z	18	19	20
Masse des noyaux (kg)	$m(Ar) = 6{,}635913\times10^{-26}$	$m(K) = 6{,}636182\times10^{-26}$	$m(Ca) = 6{,}635948\times10^{-26}$

Masse d'un électron et d'un positon (ou positron) : $m_e = 9{,}1 \times 10^{-31}$ kg.
Célérité de la lumière dans le vide $c = 3{,}0 \times 10^{8}$ m.s^{-1}.
1 eV = $1{,}6 \times 10^{-19}$ J.

1.1. Le potassium 40 et le diagramme (N, Z).

Les noyaux dont le numéro atomique Z ≤20 et tels que le nombre de neutrons N = Z sont stables (sauf exceptions).

1.1.1. Sur la figure représentée en **ANNEXE PAGE 12,** tracer la droite sur laquelle se situent ces noyaux stables.

1.1.2. Placer sur le diagramme (N, Z) les positions respectives des noyaux de potassium 40 et de calcium 40. À partir de ces positions, indiquer lesquels de ces noyaux sont stables ou instables.

1.1.3. Écrire l'équation de la désintégration du potassium 40 en calcium 40 en précisant les lois de conservation utilisées. Déterminer le type de radioactivité correspondant à cette désintégration.

1.2. Autre désintégration du potassium 40.

Le potassium 40 peut également se désintégrer en argon 40 selon l'équation $^{40}_{19}K \rightarrow {}^{40}_{18}Ar + {}^{0}_{1}e$.

1.2.1. Quel est le type de radioactivité correspondant à cette désintégration ?

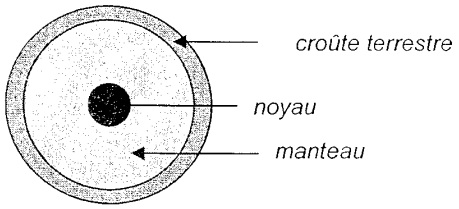
1.2.2. Déterminer la valeur de l'énergie libérée lors de cette désintégration ; exprimer le résultat en joules et en mégaélectronvolts (MeV).

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 10 / 12
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

2. Évolution temporelle et dynamique interne du globe terrestre.

L'énergie thermique produite par le globe terrestre est évacuée par des courants de convection dans le manteau qui se traduisent en surface par la tectonique des plaques.
Le nombre de noyaux radioactifs diminue régulièrement au cours du temps, par simple décroissance radioactive. Par exemple, la quantité d'uranium 238 présente dans la Terre diminue de moitié tous les 4,5 milliards d'années.
Mais la diminution du nombre de noyaux radioactifs dans le manteau s'est intensifiée il y a environ deux milliards d'années, à l'époque où s'est formée la majorité du matériel continental de la croûte terrestre. En effet, celui-ci intégra, au fur et à mesure de sa formation, une quantité croissante d'uranium, thorium et potassium, appauvrissant ainsi le manteau en noyaux radioactifs.
D'après « Enseigner la géologie » Editions Nathan.

Schéma très simplifié du globe terrestre



2.1. Choisir le ou les adjectif(s) relatif(s) à la désintégration d'un noyau radioactif donné :
a) prévisible dans le temps b) spontanée c) aléatoire.

2.2. *« Le nombre de noyaux radioactifs … diminue … par simple décroissance radioactive ».*
On s'intéresse à une espèce de noyaux radioactifs. On note N le nombre de noyaux radioactifs présents à l'instant t, et N_0 le nombre de noyaux radioactifs présents à l'instant t_0 choisi comme origine des dates. Soit λ la constante radioactive de l'ensemble des noyaux considérés.

2.2.1. Donner l'expression de la loi de décroissance radioactive du nombre de noyaux *N* au cours du temps. Rappeler l'unité de la constante radioactive λ dans les unités du Système International.

2.2.2. Tracer l'allure de la courbe représentant les variations du nombre de noyaux *N* au cours du temps. Placer quelques points remarquables (au moins deux points).

2.2.3. À quel instant la décroissance radioactive est-elle la plus rapide ? Justifier à partir du graphique tracé.

2.3. Déterminer, en utilisant le texte, la durée au bout de laquelle les trois quarts des noyaux d'uranium 238 présents aujourd'hui auront disparu par désintégration.

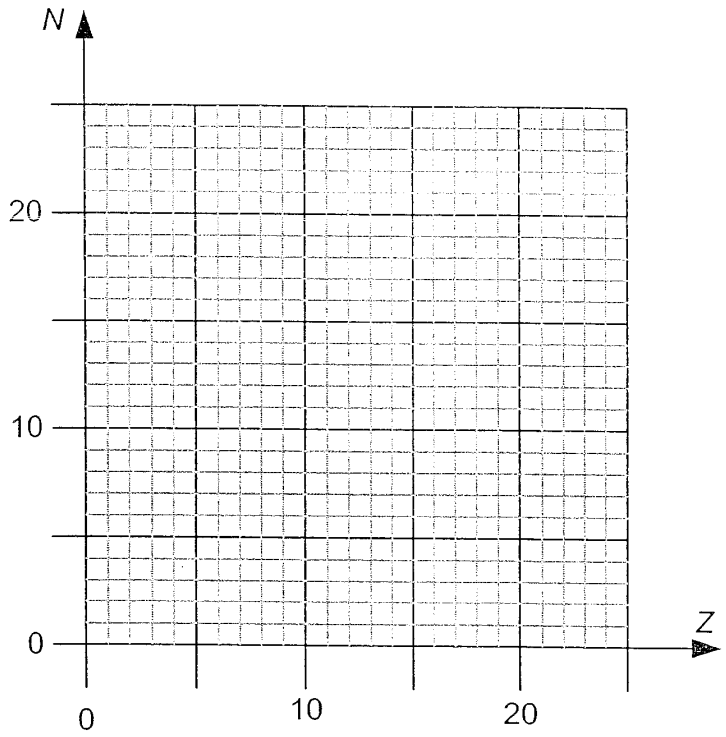
2.4. Choisir la proposition correcte en justifiant par une courte phrase issue en partie du texte introduisant cette partie 2.
La croissance des continents explique :
a) l'augmentation du nombre de noyaux radioactifs dans le manteau
b) une diminution plus rapide du nombre de noyaux radioactifs dans le manteau
c) la décroissance radioactive par désintégration de l'uranium dans le manteau.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 11 / 12
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE III

Le diagramme (*N*, *Z*)



Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer