BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2006

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

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

ENSEIGNEMENT OBLIGATOIRE

L'USAGE DE LA CALCULATRICE EST AUTORISÉ

Ce sujet comporte trois exercices de PHYSIQUE-CHIMIE présentés sur 9 pages numérotées de 1/9 à 9/9 y compris celle-ci.

Les pages annexes 8/9 et 9/9 sont à rendre avec la copie après avoir été complétées.

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

EXERCICE I	:	LE PIEGE PHOTO	5 points
EXERCICE II	:	CONSERVATEUR ET PARFUM	7 points
EXERCICE III	:	PRODUCTION D'ÉNERGIE NUCLÉAIRE	4 points

EXERCICE I : LE PIÈGE PHOTO – 5 POINTS

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 œuf 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.

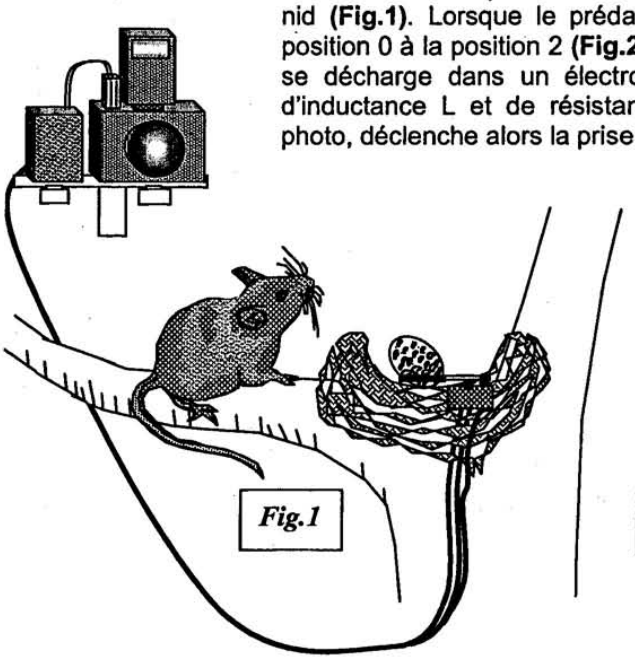


Fig.1

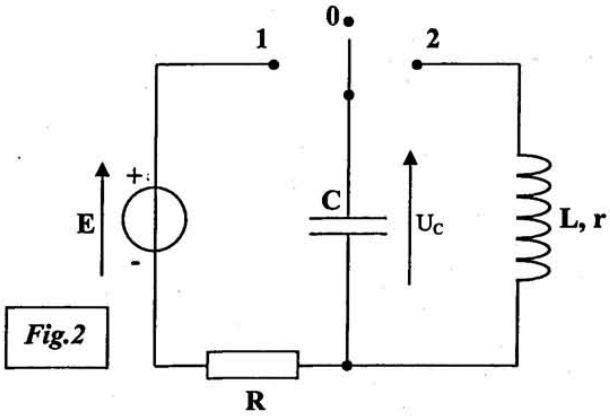


Fig.2

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 V.

I – 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. 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.
   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.
2. Montrer par une analyse dimensionnelle que la constante τ est homogène à un temps.
3. Déduire de l'équation différentielle la valeur U_C de $u_c(t)$ en régime permanent.
4. Montrer que l'expression $u_c(t) = A.(1-e^{-t/\tau})$ est solution de l'équation différentielle à condition que la constante A soit égale à la valeur E de la force électromotrice du générateur.
5. Montrer que pour une durée égale à 5τ on peut considérer que la charge du condensateur est totale.

8/9

6. Un enregistrement de la tension $u_c(t)$ a été réalisé (**graphique 1, annexe 1 page 10 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.

II – 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 page 10à rendre avec la copie)**.

8/9

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 1 page 10)**.

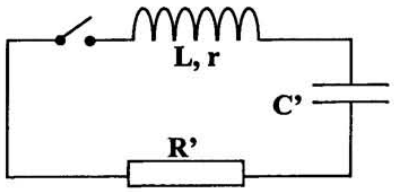
2. Afin que le barreau de l'électroaimant soit éjecté et percute avec la meilleur efficacité le déclencheur de l'appareil photo, l'énergie initialement emmagasinée par le condensateur doit être la plus importante possible.

   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 générateur, ou de ses associations,
   - la résistance R.

III – 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 nF initialement chargé sous une tension de 6V et une résistance R' tel que (R' + r) = 50 Ω. 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 page 10.**

8

1. Comment nomme-t-on le régime correspondant à cette évolution de la tension $u_c(t)$ aux bornes du condensateur.

2. Utiliser l'enregistrement pour déterminer l'inductance L de la bobine.
   Justifier votre démarche.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

EXERCICE II : CONSERVATEUR ET PARFUM (7 POINTS)

Les parties I et II sont indépendantes

PARTIE I – PROPRIÉTÉS DE L'ACIDE BENZOÏQUE

Les conservateurs sont des substances qui prolongent la durée de conservation des denrées alimentaires en les protégeant des altérations dues aux micro-organismes. La présence d'un conservateur dans les aliments et les boissons est repérée par un code européen (E200 à E297)

L'acide benzoïque C_6H_5-COOH (E210) et le benzoate de sodium C_6H_5-COONa (E211) sont utilisés dans l'industrie comme conservateurs alimentaires pour leurs propriétés fongicides et antibactériennes. Ils sont présents en particulier dans de nombreuses boissons « light ».

Données :

✓ Propriétés de l'acide benzoïque :

- solide blanc d'aspect soyeux.
- Masse molaire : $M(C_6H_5\text{-COOH}) = 122\ g.mol^{-1}$
- solubilité dans l'eau (masse maximale que l'on peut dissoudre par litre de solution) : $2,4\ g.L^{-1}$ à 25°C

✓ Couples acide-base à 25°C : $C_6H_5\text{-COOH} / C_6H_5\text{-COO}^-$ $pK_{A1} = 4,2$; H_2O / HO^- $pK_{A2} = 14,0$

A – RÉACTION DE L'ACIDE BENZOÏQUE AVEC L'EAU

On introduit une masse m_0 d'acide benzoïque dans de l'eau distillée afin d'obtenir un volume $V_0 = 100$ mL de solution.
Après dissolution totale, on obtient une solution aqueuse d'acide benzoïque notée S_0 de concentration $C_0 = 1,0 \times 10^{-2}\ mol.L^{-1}$. Le pH-mètre indique 3,1 pour le pH de la solution S_0.

1. Quelle masse m_0 faut-il peser pour préparer la solution S_0 ? La solution est-elle saturée ?
2. Écrire l'équation de la réaction de l'acide benzoïque avec l'eau.
3. Tracer le diagramme de prédominance du couple acide benzoïque / ion benzoate. En déduire l'espèce prédominante dans la solution S_0.
4. Compléter le tableau d'avancement joint en **annexe page ~~11~~ 9 à rendre avec la copie** correspondant à cette transformation chimique, en fonction de C_0, V_0, et $x_{éq}$, avancement à l'état d'équilibre.
5. Déterminer l'avancement maximal x_{max}.

   Montrer que le taux d'avancement final τ de la réaction s'écrit : $\tau = \dfrac{[H_3O^+]_{éq}}{C_0}$, puis le calculer.

   Ce résultat est-il en accord avec la question 3 ?
6. Donner l'expression du quotient de réaction à l'état d'équilibre $Q_{r,éq}$ en fonction de $[H_3O^+]_{éq}$ et C_0. Calculer $Q_{r,éq}$.
7. Retrouver la valeur donnée du pK_{A1} du couple acide benzoïque / ion benzoate.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 4 / 9
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

B – RÉACTION DE L'ACIDE BENZOÏQUE AVEC LA SOUDE

On ajoute à la solution S_0 quelques gouttes d'une solution concentrée de soude (hydroxyde de sodium) $Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$. Le pH-mètre indique alors 6,2.

1. Indiquer sans calcul, quelle est l'espèce du couple acide benzoïque/ion benzoate qui prédomine alors dans la solution obtenue.
2. Écrire l'équation de la réaction qui se produit entre l'acide benzoïque et les ions hydroxyde.

Exprimer la constante d'équilibre K de cette réaction. Calculer K.

PARTIE II – LA SYNTHÈSE DU BENZOATE DE MÉTHYLE

Les esters font partie de notre vie : le monde des parfums, les arômes en cuisine…
Ils peuvent être extraits de végétaux, mais il est parfois plus facile et moins onéreux de synthétiser ces molécules en laboratoire. Le benzoate de méthyle, ester utilisé en parfumerie, est un des constituants de diverses huiles essentielles (essence de Niobé, d'œillet ou d'Ylang Ylang).

On prépare le benzoate de méthyle par réaction de l'acide benzoïque de formule C_6H_5-COOH avec le méthanol de formule CH_3OH

Pour réaliser cette réaction, on mélange une masse m_1 = 12,2 g d'acide benzoïque avec un volume V_2 = 30 mL de méthanol, quelques gouttes d'une solution concentrée d'acide sulfurique et quelques grains de pierre ponce.
On chauffe à reflux pendant 60 minutes. Après refroidissement, on verse le contenu du ballon dans une ampoule à décanter contenant de l'eau glacée. On obtient alors deux phases bien distinctes. Après traitement de la phase contenant l'ester, on isole une masse égale à 9,52 g de benzoate de méthyle.

Données :

Composés	Formule	Masse molaire ($g.mol^{-1}$)	Masse volumique ($g.mL^{-1}$)	Solubilité dans l'eau
Acide benzoïque	C_6H_5-COOH	122	1,3	Faible
Méthanol	CH_3OH	32	0,80	Forte
Benzoate de méthyle		136	1,1	Nulle

A – A PROPOS DU MODE OPÉRATOIRE

1. Déterminer les quantités de matière n_1 d'acide benzoïque et n_2 de méthanol introduites.
2. Au vu du mode opératoire, identifier les facteurs cinétiques sur lesquels on joue pour réaliser le plus rapidement cette synthèse.
3. On a effectué un chauffage à reflux du mélange réactionnel. Quelle en est l'utilité ?

B – ÉTUDE DE LA RÉACTION DE SYNTHÈSE DU BENZOATE DE MÉTHYLE

1. Écrire l'équation de la réaction de synthèse du benzoate de méthyle.
2. Déterminer le réactif limitant.

   En déduire la quantité de matière théorique d'ester que l'on pourrait obtenir si la transformation était totale.
3. Définir et calculer le rendement expérimental de cette synthèse.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

EXERCICE III : PRODUCTION D'ÉNERGIE NUCLÉAIRE (4 points)

I – Fission nucléaire

Une centrale nucléaire est une usine de production d'électricité. Actuellement ces centrales utilisent la chaleur libérée par des réactions de fission de l'uranium 235 qui constitue le "combustible nucléaire". Cette chaleur transforme de l'eau en vapeur. La pression de la vapeur permet de faire tourner à grande vitesse une turbine qui entraîne un alternateur produisant l'électricité.

Certains produits de fission sont des noyaux radioactifs à forte activité et dont la demi-vie peut être très longue.

1. Définir le terme demi-vie.
2. Définir l'activité d'une source radioactive.

   Préciser son unité dans le Système International.
3. Le bombardement d'un noyau d'uranium 235 par un neutron peut produire un noyau de strontium et un noyau de xénon selon l'équation suivante :

$$^{235}_{92}\mathrm{U} + ^{1}_{0}\mathrm{n} \rightarrow ^{94}_{Z}\mathrm{Sr} + ^{A}_{54}\mathrm{Xe} + 3\ ^{1}_{0}\mathrm{n}$$

   3.1. Déterminer les valeurs des nombres A et Z.

   3.2. Calculer en MeV l'énergie libérée par cette réaction de fission.

   3.3. Quelle est l'énergie libérée par nucléon de matière participant à la réaction ?

II – Fusion nucléaire

Le projet ITER s'installera prochainement sur le site de Cadarache en France.

L'objectif de ce projet est de démontrer la possibilité scientifique et technologique de la production d'énergie par la fusion des atomes.

La fusion est la source d'énergie du soleil et des autres étoiles.

Pour obtenir une réaction de fusion, il faut rapprocher suffisamment deux noyaux qui se repoussent, puisqu'ils sont tous deux chargés positivement. Une certaine énergie est donc indispensable pour franchir cette barrière et arriver dans la zone, très proche du noyau, où se manifestent les forces nucléaires capables de l'emporter sur la répulsion électrostatique.

La réaction de fusion la plus accessible est la réaction impliquant le deutérium et le tritium. C'est sur cette réaction que se concentrent les recherches concernant la fusion contrôlée.

La demi-vie du tritium consommé au cours de cette réaction n'est que de 15 ans.

De plus il y a très peu de déchets radioactifs générés par la fusion et l'essentiel est retenu dans les structures de l'installation ; 90 % d'entre eux sont de faible ou moyenne activité.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

Tableaux de données :

Particule ou Noyau	Neutron	Hydrogène 1 ou proton	Hydrogène 2 ou Deutérium	Hydrogène 3 ou Tritium	Hélium 3	Hélium 4	Uranium 235	Xénon	Strontium
Symbole	${}_{0}^{1}n$	${}_{1}^{1}H$	${}_{1}^{2}H$	${}_{1}^{3}H$	${}_{2}^{3}He$	${}_{2}^{4}He$	${}_{92}^{235}U$	${}_{54}^{A}Xe$	${}_{Z}^{94}Sr$
Masse en u	1,00866	1,00728	2,01355	3,01550	3,01493	4,00150	234,9942	138,8892	93,8945

Unité de masse atomique	$u = 1{,}66054 \times 10^{-27}$ kg
Énergie de masse de l'unité de masse atomique	E = 931,5 MeV
Électronvolt	$1\ eV = 1{,}60 \times 10^{-19}$ J
Vitesse de la lumière dans le vide	$c = 3{,}00 \times 10^{8}$ m.s^{-1}

1. Le deutérium de symbole ${}_{1}^{2}H$ et le tritium de symbole ${}_{1}^{3}H$ sont deux isotopes de l'hydrogène.

   1.1. Définir le terme de noyaux isotopes.
   1.2. Donner la composition de ces deux noyaux.

2. Qu'appelle-t-on réaction de fusion ?

3. Sur la courbe d'Aston **(annexe page 9 à rendre avec la copie)** indiquer clairement dans quel domaine se trouvent les noyaux susceptibles de donner une réaction de fusion.

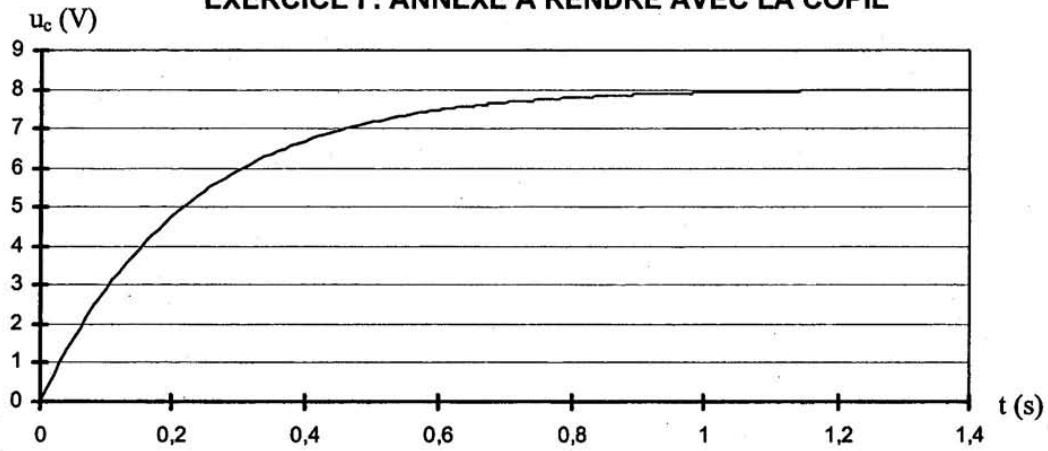
4. Écrire l'équation de la réaction nucléaire entre un noyau de Deutérium et un noyau de Tritium sachant que cette réaction libère un neutron et un noyau noté ${}_{Z}^{A}X$.
   Préciser la nature du noyau ${}_{Z}^{A}X$.

5. Montrer que l'énergie libérée au cours de cette réaction de fusion est de 17,6 MeV. Quelle est l'énergie libérée par nucléon de matière participant à la réaction ?

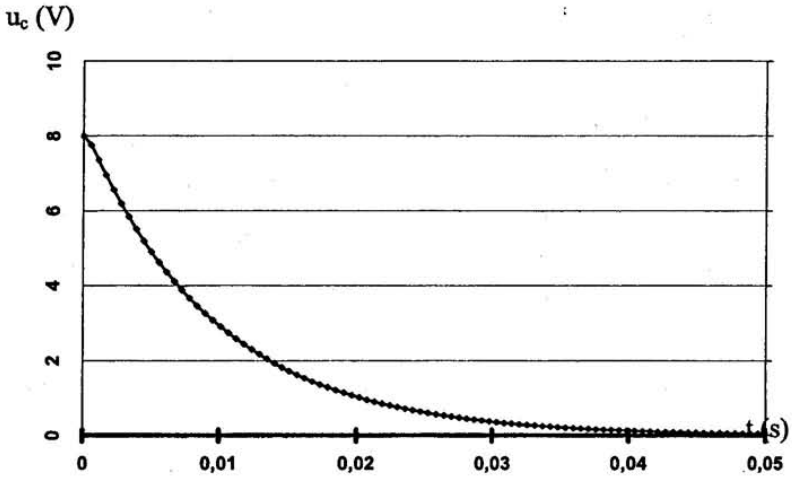
6. Conclure sur l'intérêt du projet ITER en indiquant les avantages que présenterait l'utilisation de la fusion par rapport à la fission pour la production d'électricité dans les centrales nucléaires.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 7 / 9
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

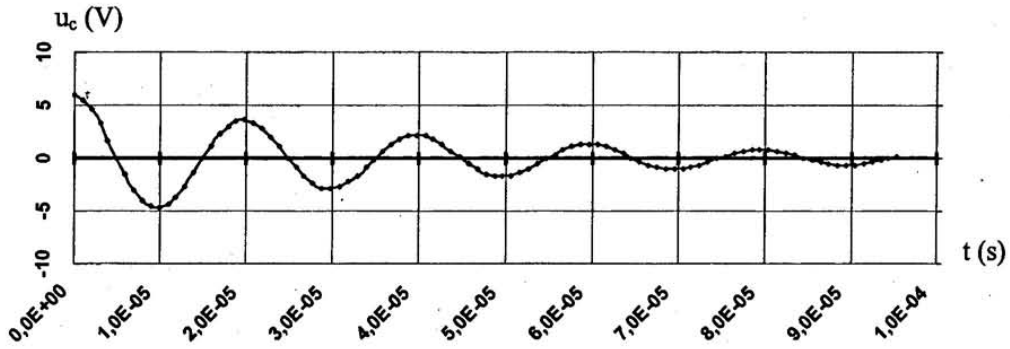
EXERCICE I : ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE



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.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

EXERCICE II : ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

Tableau d'avancement

Équation de la Réaction					
État du système	Avancement en mol	Quantités de matière en mol			
État initial	0				
État final (à l'équilibre)	$x_{éq}$				

EXERCICE III : ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

