BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2006

SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES

ÉPREUVE ÉCRITE DE PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

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

spécialité

L'épreuve a été conçue pour être traitée AVEC calculatrice

L'usage des calculatrices EST autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de papier millimétré.

Les données sont en italique.

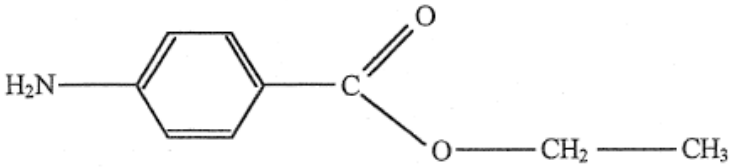
Ce sujet comporte trois exercices présentés sur 8 pages numérotées de 1 à 8, y compris celle-ci.

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

I. Synthèse d'un médicament, la benzocaïne (4 points).
II. Systèmes libres et forcés dans une automobile (6,5 points).
III. À propos des noyaux d'argent (5,5 points).

EXERCICE I. SYNTHÈSE D'UN MÉDICAMENT, LA BENZOCAÏNE (4 points)

La benzocaïne (4-aminobenzoate d'éthyle) est le principe actif de médicaments pouvant soulager la douleur. Par exemple, il est présent dans une pommade qui traite les symptômes de lésions cutanées (brûlures superficielles, érythèmes solaires).
Dans la suite de l'exercice, la benzocaïne sera notée E. sa formule semi-développée est :

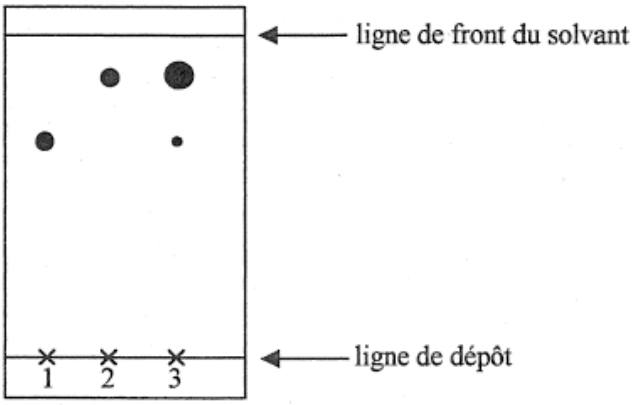


On se propose de préparer la benzocaïne en faisant réagir de l'acide 4-aminobenzoïque, noté ensuite HA et un composé liquide à température ambiante, l'éthanol.
L'équation de la réaction est :

$$HA + CH_3 - CH_2OH = H_2O + E$$

Mode opératoire
Première étape : estérification
- dans un ballon de 100 mL, introduire une masse m_{HA} = 1,30 g de HA, solide constitué de cristaux blancs et un volume V = 17,5 mL d'éthanol. Agiter doucement dans un bain de glace et ajouter peu à peu 2 mL d'une solution aqueuse concentrée d'acide sulfurique ;
- chauffer à reflux pendant une heure, puis laisser revenir le mélange à température ambiante.
Deuxième étape : séparation de la benzocaïne
- verser le mélange très acide contenu dans le ballon dans un bécher et y ajouter peu à peu une solution saturée de carbonate de sodium en mélangeant le tout jusqu'à obtenir une solution ayant un pH voisin de 9. On observe un dégagement gazeux et la formation d'un précipité (sulfate de sodium) ;
- filtrer le mélange pour éliminer le précipité ;
- placer le filtrat dans une ampoule à décanter, rincer le bécher avec 15 mL d'éther que l'on ajoute au contenu de l'ampoule, agiter l'ampoule et laisser décanter ;
- récupérer la phase organique dans un erlenmeyer, rincer de nouveau la phase aqueuse avec 15 mL d'éther, laisser décanter et joindre la phase organique à celle déjà présente dans l'erlenmeyer ;
- ajouter un peu de sulfate de magnésium anhydre au contenu de l'erlenmeyer, laisser au contact quelques minutes puis filtrer ;
- évaporer le solvant de la phase organique sous hotte ; une huile apparaît qui se solidifie dans un bain de glace ;
- filtrer sur büchner ; laver le solide obtenu à l'eau, le sécher ;
- peser le solide obtenu.
Troisième étape : vérification de la pureté du produit
Afin de vérifier la pureté du produit préparé, on effectue une chromatographie sur couche mince. Tous les échantillons à étudier sont d'abord dissous dans l'éthanol.
- réaliser les dépôts de gauche à droite dans l'ordre suivant : le dépôt 1 correspond à l'acide HA, le dépôt 2 à la benzocaïne pure, le dépôt 3 au solide obtenu à la fin de la deuxième étape ;
- placer la plaque dans une cuve de chromatographie contenant l'éluant ;
- après élution, sortir la plaque, repérer le front de solvant, sécher, révéler sous UV pour repérer les différentes taches.
Le chromatogramme obtenu après révélation est fourni ci- après.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 2 / 8
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer



Données :

Valeurs de pK_A à 25 °C : $pK_A(HA(aq)/A^-(aq)) = 4,9$; on rappelle que l'ion carbonate est une base.

Quelques solubilités :

Solubilité dans 100 mL	*HA : acide 4-aminobenzoïque*	*NaA : 4-aminobenzoate de sodium*	*E : benzocaïne*	*éthanol*	*éther*
d'eau	*très faible*	*très soluble*	*très faible*	*infinie*	*7,5 g*
d'éthanol	*11,3 g*	*très faible*	*20,0 g*		*infinie*
d'éther	*8,2 g*	*très faible*	*14,3 g*	*infinie*	

Masses volumiques : eau : 1,0 $g.cm^{-3}$; éther : 0,79 $g.cm^{-3}$

1. À propos de l'estérification.

1.1. La benzocaïne est un ester. Recopier sa formule et entourer le groupe caractéristique justifiant l'appartenance à cette famille.

1.2. Écrire la formule semi-développée de l'acide HA.

1.3. Citer deux caractéristiques de la réaction d'estérification.

2. Quelques justifications de certaines opérations du mode opératoire.

2.1. *À propos de la première étape.*

2.1.1. Quel est le rôle des ions hydronium apportés par l'acide sulfurique ?

2.1.2. Pourquoi faut-il chauffer ? Et pourquoi à reflux ?

2.1.3. L'éthanol est le réactif en excès. Quel est l'intérêt d'un tel excès dans ce type de transformation chimique ?

2.2. *À propos de la deuxième étape.*

2.2.1. Pourquoi ajouter la solution de carbonate de sodium ?

2.2.2. Quelle est l'espèce prédominante du couple $HA(aq)/A^-(aq)$ présente dans le bécher après ajout de la solution de carbonate de sodium ? Justifier la réponse.

2.2.3. En déduire dans quelle phase se trouve cette espèce dans l'ampoule à décanter ?

2.2.4. Faire le schéma annoté de l'ampoule à décanter. Préciser sur le schéma les différentes phases.

2.2.5. Quel est le rôle du sulfate de magnésium ?

2.3. *À propos de la troisième étape.*

Le solide synthétisé est-il pur ? Justifier.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 3 / 8
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

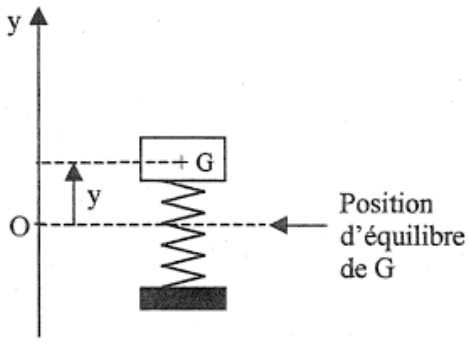
EXERCICE II. SYSTÈMES LIBRES ET FORCÉS DANS UNE AUTOMOBILE (6,5 points)

Les parties 1 et 2 de cet exercice sont indépendantes

1. La suspension : les amortisseurs. (4 pts)

La suspension d'une automobile permet d'atténuer les oscillations verticales, inconfortables et dangereuses pour les passagers, se produisant lors du passage dans un trou ou sur un obstacle. Elle se compose au niveau de chaque roue d'un ressort et d'un amortisseur (généralement à huile) .

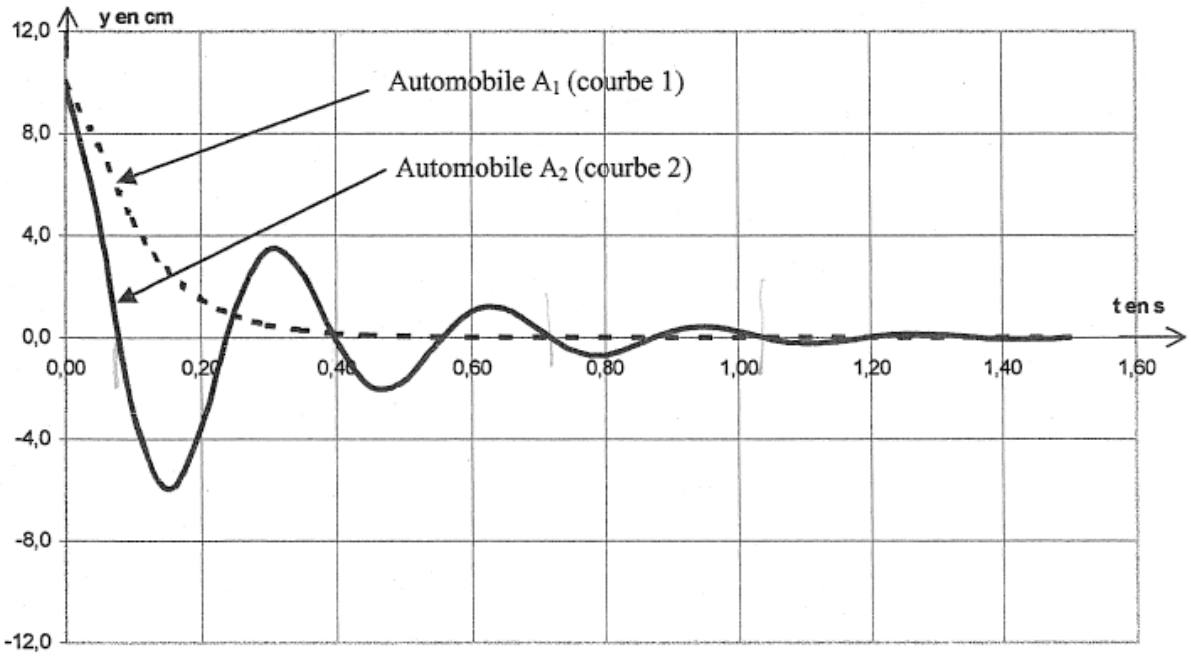
Pour étudier ce système, l'automobile est modélisée par un solide de masse m, de centre d'inertie G reposant sur un ressort vertical de constante de raideur k. Le repérage des positions y du centre d'inertie de l'automobile se fait selon un axe vertical Oy orienté vers le haut ; l'origine O est choisie à la position d'équilibre G_0 du centre d'inertie du solide. Les amortisseurs engendrent globalement une force de frottement opposée au vecteur vitesse du solide et proportionnelle à sa valeur ; le coefficient de proportionnalité η s'appelle coefficient d'amortissement.



1.1. Quelle est l'expression correcte de la période propre T_0 de l'oscillateur ? La justifier par une analyse dimensionnelle :

a) $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{k}{m}}$ b) $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ c) $T_0 = 2\pi\sqrt{k\ m}$

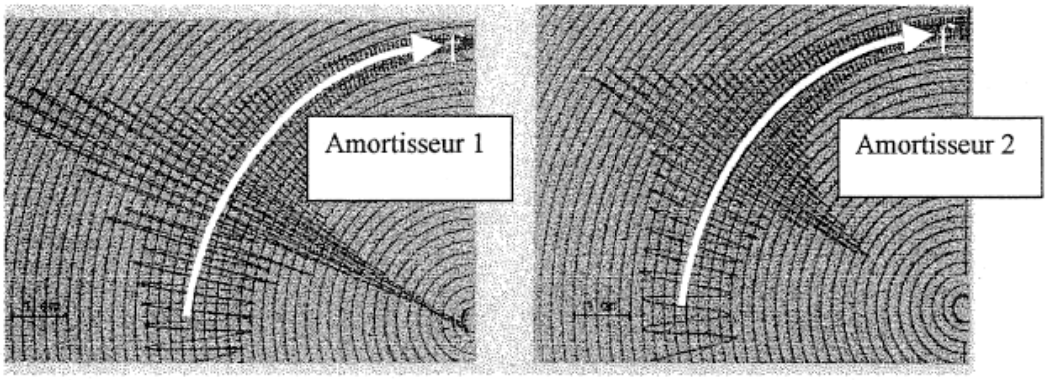
1.2. *On considère deux automobiles A_1 et A_2, assimilables chacune à un solide de même masse m reposant sur un ressort vertical de constante de raideur $k = 6{,}0 \times 10^5\ N\ .\ m^{-1}$. La figure ci-après présente les courbes y(t) des positions du centre d'inertie G du solide modélisant chaque automobile lors du passage sur une bosse.*



Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 4 / 8
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

1.2.1. Les oscillations sont-elles libres ou forcées ?
1.2.2. Donner les noms des régimes associés aux courbes 1 et 2.
1.2.3. *L'une des courbes présente une pseudo-période.* Déterminer graphiquement sa valeur.
1.2.4. *En admettant que la valeur de la pseudo-période est très voisine de celle de la période propre,* calculer la masse *m* commune de chaque automobile.
1.2.5. *Les allures différentes des courbes sont dues au coefficient d'amortissement* η.
Quelle courbe correspond à la plus grande valeur de η ? Justifier la réponse.
Quelle automobile possède la meilleure suspension ?

1.3. *De nombreux garages possèdent un dispositif permettant de tester la suspension d'une automobile : il impose à la roue testée une excitation verticale périodique dont on peut faire varier la fréquence f. Le dispositif permet d'enregistrer l'amplitude des oscillations de la caisse en fonction de la fréquence.*
Les courbes ci-dessous ont été obtenues lors de deux tests réalisés sur deux amortisseurs.



1.3.1. À quel type d'oscillations sont soumis les amortisseurs lors de ces tests ? Justifier la réponse en citant un verbe dans la description du dispositif servant au test.
1.3.2. L'amplitude des oscillations passe par un maximum pour une fréquence voisine d'une fréquence caractéristique de l'amortisseur. Laquelle ? Comment s'appelle alors ce phénomène?
1.3.3. Quel est l'amortisseur qui assure le plus de confort aux passagers ?

2. L'alimentation électrique : l'accumulateur au plomb.

La batterie de démarrage d'une automobile est constituée par l'association, en série, de plusieurs éléments d'accumulateurs au plomb.
Un élément d'accumulateur comprend deux électrodes : l'une est en plomb métal Pb(s), l'autre est recouverte de dioxyde de plomb $PbO_2(s)$. *Elles sont immergées dans une solution aqueuse d'acide sulfurique.*
Les deux couples oxydant / réducteur impliqués dans le fonctionnement de cet accumulateur sont : $PbO_2(s) / Pb^{2+}(aq)$ *et* $Pb^{2+}(aq) / Pb(s)$

2.1. *Lors de la décharge, l'accumulateur joue le rôle de générateur. L'oxydant* $PbO_2(s)$ *et le réducteur Pb(s) réagissent spontanément l'un sur l'autre.*
2.1.1. En écrivant les équations aux électrodes, montrer que l'équation de la réaction s'écrit alors :

$$PbO_2(s) + 4\,H^+(aq) + Pb(s) = 2\,Pb^{2+}(aq) + 2\,H_2O(\ell)$$

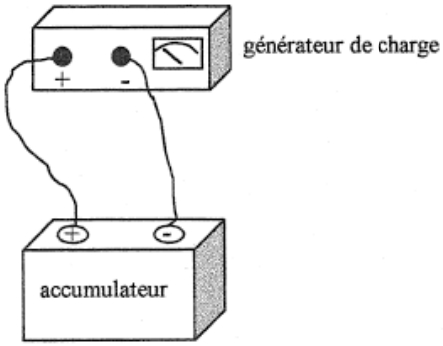
2.1.2. Identifier l'électrode négative de ce générateur en justifiant la réponse.

2.1.3. *Le fonctionnement du démarreur nécessite un courant d'intensité 200 A.*
Le conducteur actionne le démarreur pendant 1,0 s ; quelle est la masse de plomb Pb(s) consommée ?
Données : masse molaire atomique du plomb : 207,2 g.mol^{-1}

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 5 / 8
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

1 faraday (1$\mathcal{F}$) = 96500 C. mol^{-1}; constante d'Avogadro $N_A = 6{,}02\times10^{23}$ mol^{-1} ; charge électrique élémentaire e = $1{,}6\times10^{-19}$ C.

2.2. *Lors de la charge, l'accumulateur joue le rôle d'électrolyseur. Un générateur de charge, de force électromotrice supérieure à celle de l'accumulateur est branché en opposition avec celui-ci : la borne positive du générateur est reliée à l'électrode positive de l'accumulateur, la borne négative à l'électrode négative. Le sens du courant est imposé par le générateur de charge.*



2.2.1. Écrire l'équation de la réaction chimique se produisant lors de la charge.
2.2.2. La transformation est-elle spontanée ou forcée ?

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 6 / 8
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

EXERCICE III. À PROPOS DES NOYAUX D'ARGENT. (5,5 points)

On soumet à un flux de neutrons lents un échantillon d'argent ne contenant que des atomes d'argent 107. Un noyau d'argent 107 capte un neutron et il se forme un noyau d'argent 108.
Le noyau d'argent 108 est radioactif. Il se désintègre suivant plusieurs processus compétitifs dont la radioactivité β^- et la radioactivité β^+.
Donnée : extrait de la classification périodique fournissant les symboles des éléments et leur numéro atomique

Rh *Z = 45*	*Pd* *Z =46*	*Ag* *Z = 47*	*Cd* *Z = 48*	*In* *Z = 49*

1. Capture d'un neutron.
1.1. Rappeler les deux lois de conservation qui permettent d'écrire l'équation d'une réaction nucléaire.
1.2. Écrire l'équation de la réaction de capture d'un neutron par un noyau d'argent 107.

2. Désintégration du noyau d'argent 108.
2.1. Rappeler la nature des particules émises au cours des radioactivités β^- et β^+. Écrire leur symbole.
2.2. Écrire les équations correspondant à chacune des transformations radioactives pour l'argent 108.

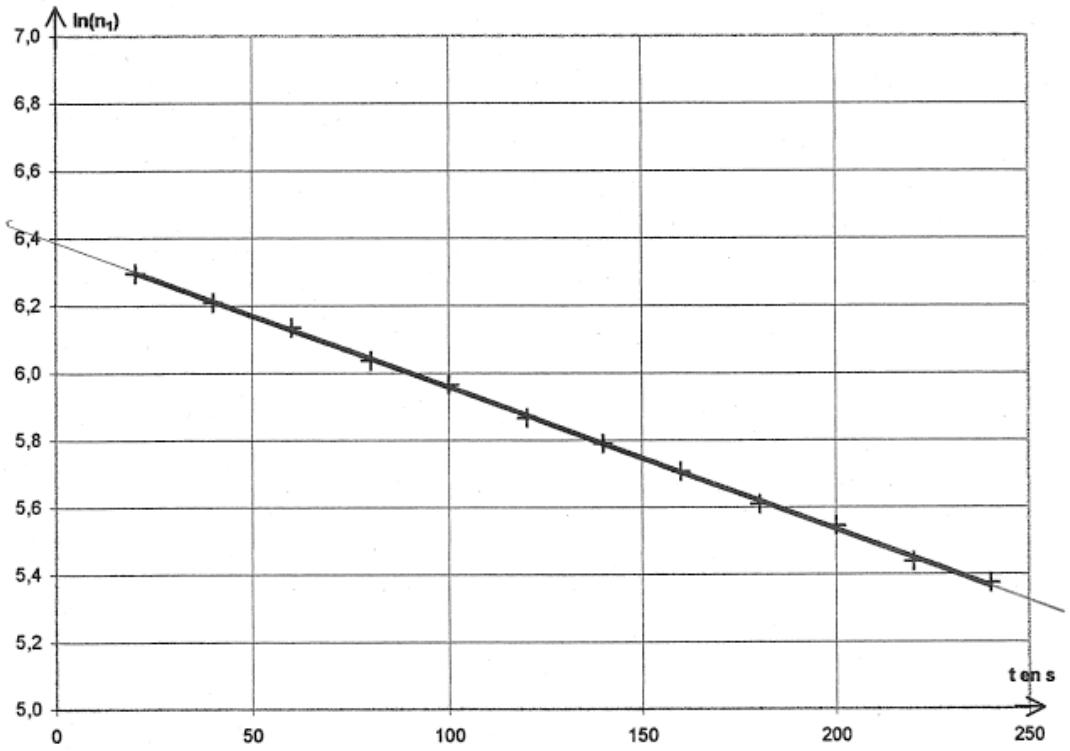
3. Activité d'un échantillon de noyaux d'argent 108.
On considère un échantillon contenant N_0 noyaux d'argent 108 à l'instant de date $t = 0$ s. Soit N, le nombre de noyaux restant à l'instant de date t.
3.1. Rappeler l'expression de N en fonction de N_0, de t et de la constante radioactive λ.
3.2. Donner la définition de la demi-vie radioactive $t_{1/2}$.
3.3. *La relation entre la demi-vie radioactive $t_{1/2}$ et la constante radioactive λ est* $t_{1/2} = \dfrac{\ln 2}{\lambda}$. *Le symbole ln représente le logarithme népérien.* Quelle est l'unité de λ ?
3.4. *L'activité à l'instant t d'un échantillon est définie par la relation* $A = -\dfrac{dN}{dt}$. *Elle représente le nombre de désintégrations qui ont lieu par seconde.*
On détermine l'activité en mesurant le nombre n_1 de désintégrations qui se produisent pendant une durée Δt très petite devant la demi-vie radioactive $t_{1/2}$. On a alors $A = \dfrac{n_1}{\Delta t}$.
3.4.1. Montrer que l'activité peut aussi s'exprimer par $A = \lambda N$.
3.4.2. Exprimer n_1 en fonction de Δt, N_0, t et λ.
3.4.3. En déduire l'expression de $\ln(n_1)$ en fonction de Δt, N_0, t et λ.

4. Demi-vie radioactive de l'argent 108.
On se propose de déterminer expérimentalement la demi-vie de l'argent 108. On s'inspire des résultats théoriques de la question 3 et on mesure le nombre n_1 de désintégrations obtenues pendant la durée $\Delta t = 0{,}50$ s. Cette mesure se répète toutes les 20 s. Les résultats sont rassemblés dans le tableau ci-dessous.

t en s	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240
n_1	542	498	462	419	390	353	327	301	273	256	230	216

Grâce à un tableur, il est possible de tracer le graphe représentant l'évolution de $\ln(n_1)$ en fonction du temps. Le graphe est donné ci-après.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 7 / 8
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer



4.1. La représentation graphique est-elle en accord avec la relation trouvée à la question 3.4.2. ?
4.2. En utilisant le graphe, déterminer λ et N_0.
4.3. En déduire $t_{1/2}$.

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