

# BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2008

PHYSIQUE - CHIMIE

Série S

ENSEIGNEMENT OBLIGATOIRE

Durée de l'épreuve : 3 heures 30 – Coefficient : 6

*L'usage des calculatrices EST autorisé.*

**Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.**

**Ce sujet comporte 9 pages numérotées de 1/9 à 9/9.**

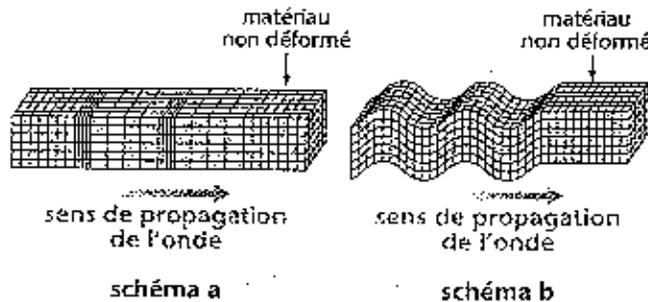
**La feuille d'annexe (page 9/9) EST À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE.**

## EXERCICE 1 : du système à sa modélisation (9 points)

La physique valide des modèles par l'expérience. Mais les modèles ont leurs limites. Nous allons étudier cinq systèmes et leurs modèles. Les situations étudiées sont indépendantes.

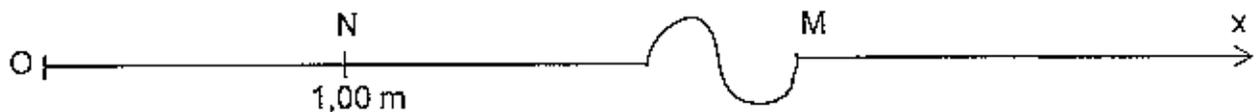
### I. Modélisation des ondes sismiques.

1. Les séismes sont provoqués par les mouvements des plaques. Ils s'accompagnent de la propagation d'ondes à partir du foyer (lieu du séisme). Les ondes de fond se propagent à l'intérieur du globe, elles sont constituées des ondes primaires P, les plus rapides, et d'ondes secondaires S. Les ondes P sont des ondes de compression-dilatation (schéma a), les S des ondes de cisaillement vertical (schéma b).



(Nathan Term S 2006)

- 1.1. À quels types d'ondes mécaniques les ondes P et S correspondent-elles ? Justifier.
- 1.2. À partir du texte, quelle grandeur peut-on utiliser pour comparer la propagation des deux ondes ?
2. On modélise la propagation des ondes S par la propagation d'une onde sur une corde tendue. Le séisme est matérialisé par une perturbation à la source O à  $t_0 = 0$  s. L'allure de la corde à la date  $t_1 = 0,20$  s est schématisée ci-dessous :



- 2.1. Calculer la célérité de l'onde.
- 2.2. Une modification de l'amplitude de la perturbation modifie-t-elle la célérité de l'onde ? Une modification de la tension de la corde modifie-t-elle la célérité de l'onde ? Justifier.
- 2.3. Calculer le retard  $\tau$  de la perturbation en un point N situé à 1,00 m de la source, par rapport à la source O.
- 2.4. Représenter l'allure du déplacement du point N de la corde sur un axe temporel.

3. On modélise toujours la propagation des ondes S par la propagation d'une onde sur une corde tendue, mais le séisme est matérialisé par un vibreur de fréquence  $f = 100$  Hz.

Déterminer la période et la longueur d'onde.

## II. Modélisation de la décroissance radioactive.

L'étude expérimentale porte sur le radon 220 noyau radioactif émetteur  $\alpha$ . À l'aide d'un compteur de radioactivité naturelle, on effectue une acquisition toutes les 5 s pendant 10 min. Chaque acquisition a une durée de 1 s. On obtient la courbe, en annexe, représentant le nombre de désintégrations détectées en fonction du temps.

On donne  ${}_{86}^{220}\text{Rn}$  ;  ${}_{84}^{216}\text{Po}$

2.1 Donner la composition du noyau du radon 220.

2.2 Écrire l'équation de désintégration du radon 220 en polonium 216.

2.3 Tracer la courbe moyenne sur l'enregistrement de l'annexe, à rendre avec la copie.

Déterminer graphiquement la demi-vie  $t_{1/2}$  du radon 220. La méthode utilisée doit être clairement explicitée sur le graphique.

2.4 Déterminer graphiquement la constante de temps  $\tau$ .

En déduire la constante radioactive  $\lambda$ .

2.5 Le logiciel modélise le phénomène par la fonction  $n(t) = 450 e^{-0,012t}$  avec  $t$  en s.

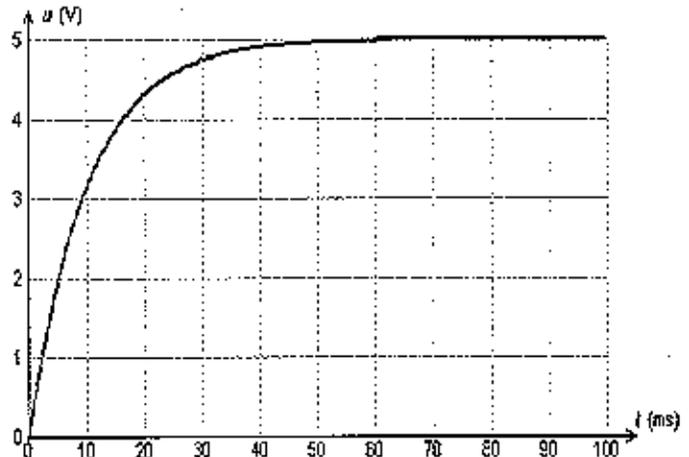
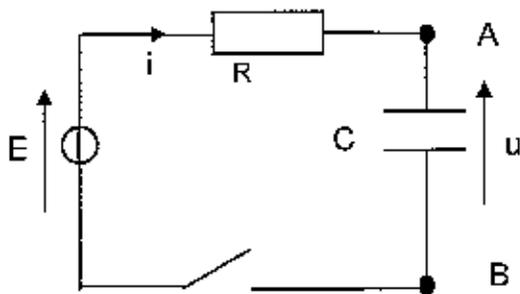
En déduire la valeur de la constante radioactive  $\lambda$ .

2.6 Montrer que l'on a la relation  $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$  et vérifier l'accord de sa valeur numérique avec les résultats précédents.

2.7 Donner la définition de l'activité et son unité.

## III. Modélisation de la charge d'un condensateur.

On charge un condensateur, initialement déchargé, sous une tension continue  $E$ . On réalise l'acquisition par ordinateur de la tension  $u$  aux bornes du condensateur.



Données :  $C = 10 \mu\text{F}$  ;  $R = 1,0 \text{ k}\Omega$ .

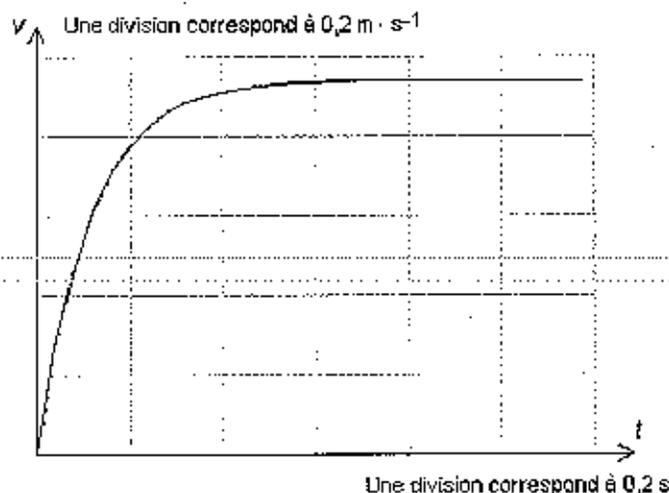
- 3.1 Donner la relation entre la charge du condensateur  $q(t) = q_A(t)$  et l'intensité du courant  $i(t)$ .
- 3.2 Donner la relation entre  $q(t)$ , la tension  $u(t)$  aux bornes du condensateur et sa capacité  $C$ .
- 3.3 Montrer que la tension  $u(t)$  vérifie l'équation différentielle suivante :

$$E = R C \frac{du}{dt} + u$$

- 3.4 La solution proposée par le logiciel de modélisation est :  $u = 5,0 \cdot (1 - e^{-100t})$  avec  $t$  en s.  
À quoi correspondent les valeurs numériques 5,0 et 100 ?
- 3.5 Déterminer graphiquement la constante de temps  $\tau$  sur la courbe fournie en annexe. Calculer sa valeur théorique et conclure.

#### IV. Modélisation d'une chute avec frottement.

On étudie la chute d'une bille en acier dans un fluide. On se place dans le référentiel du laboratoire et on prend un axe vertical  $Oz$  dirigé vers le bas. L'acquisition de la vidéo permet au logiciel de déterminer l'évolution des valeurs de la vitesse de la bille en fonction du temps.



Bille : Rayon :  $R = 1,00 \text{ cm}$   
 Volume :  $V = 4,20 \text{ cm}^3$   
 Masse :  $m = 32,6 \text{ g}$

Fluide : Viscosité :  $\eta = 1,50 \text{ N} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-2}$   
 Masse volumique :  $\rho = 1,30 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Accélération de la pesanteur :  $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

(Simulateur Microméga Hatier)

On prend comme modèle pour la force de frottement  $\vec{f} = -k\vec{v}$  avec  $k = 6\pi R\eta$  et  $v$  vitesse de la bille. La poussée d'Archimède a pour expression  $\vec{F} = -\rho V\vec{g}$ .

- 4.1. Représenter, sur un schéma, les forces extérieures appliquées à la bille en chute verticale dans le fluide.
- 4.2. En appliquant la deuxième loi de Newton, montrer que l'expression de l'équation différentielle régissant l'évolution de  $v$  est de la forme  $a - bv = \frac{dv}{dt}$   
avec  $a = 8,2 \text{ m.s}^{-2}$  et  $b = 8,7 \text{ s}^{-1}$ .
- 4.3 Déterminer la vitesse limite à l'aide du graphique page 4.  
Calculer la vitesse limite à l'aide de l'équation différentielle et conclure.

#### V. Modélisation et longitude.

« Le système GALILEO sera constitué de satellites en orbite autour de la Terre. Ils envoient des ondes électromagnétiques vers la Terre, ce qui permet de déterminer la longitude, la latitude et l'altitude. Avec ce système de radionavigation, chacun pourra connaître sa position à un instant donné. Le modèle de calcul repose sur une triangulation avec au moins 4 satellites et une synchronisation sur les horloges atomiques embarquées sur les satellites (horloges au césium ou rubidium avec une précision de  $10^{-12}$  s). Célérité de la lumière  $c = 3,00.10^8 \text{ m.s}^{-1}$ . »

D'après le site [futura-sciences.com](http://futura-sciences.com)

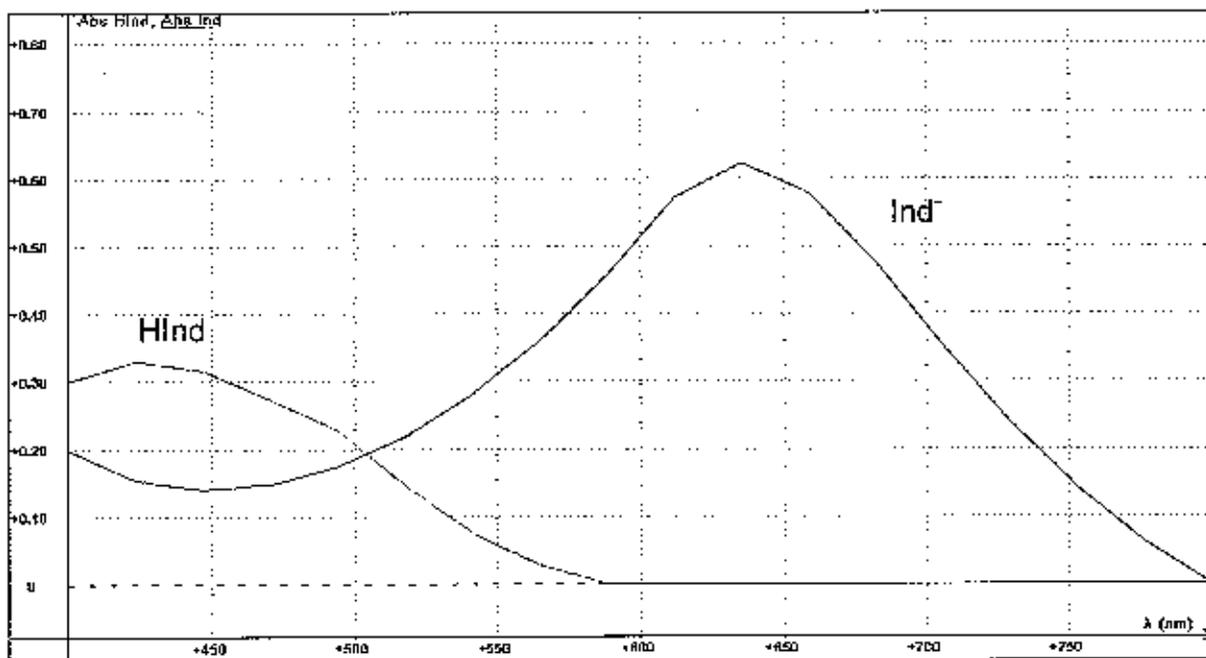
- 5.1 Avec un modèle d'orbite circulaire, la vitesse du satellite situé à l'altitude  $h = 2,00 \cdot 10^4 \text{ km}$  s'exprime par la relation  $v = \sqrt{\frac{GM_T}{R_T + h}}$  avec :  
 $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ SI}$  : constante de gravitation ;  
 $R_T = 6380 \text{ km}$  : rayon de la Terre ;  
 $M_T = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$  : masse de la Terre.  
Calculer la vitesse du satellite, en déduire sa période.
- 5.2 Déterminer la durée  $t$  minimale mise par les ondes envoyées par le satellite pour arriver au récepteur situé au sol.
- 5.3 Le système GALILEO prévoit un écart sur la position d'un centimètre. Quel sera l'écart  $\Delta t$  sur la durée  $t$  ? La "précision" des horloges est-elle suffisante ?
- 5.4 Les horloges atomiques au césium fonctionnent sur une transition atomique de fréquence  $\nu = 9\,192\,631\,770 \text{ Hz}$ , calculer l'énergie du photon correspondant.  
La constante de Planck a pour valeur  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$ .

## EXERCICE 2 : le bleu de bromothymol (3 points)

Le bleu de bromothymol est un indicateur coloré obtenu par synthèse. Il permet la mesure de pH des eaux de piscine ou d'aquarium. C'est un couple acide/base, noté  $\text{HInd} / \text{Ind}^-$ , la forme acide est jaune, la forme basique bleue. La teinte sensible est verte. Son  $\text{p}K_a$  est 6,8.

### 1. Étude spectrophotométrique

Les courbes ci-dessous représentent l'absorbance de l'espèce  $\text{HInd}$  et celle de l'espèce  $\text{Ind}^-$  en fonction de la longueur d'onde  $\lambda$ .



- 1.1 Pour quelle longueur d'onde  $\lambda_1$  l'absorbance de la forme  $\text{HInd}$  est-elle maximale ? Justifier la teinte jaune de la forme acide.
- 1.2 Avec quel appareil mesure-t-on l'absorbance ? Quelle est la relation entre l'absorbance d'une espèce chimique en solution et sa concentration molaire ?
- 1.3 L'appareil est réglé sur  $\lambda = 600 \text{ nm}$ . Quel est l'intérêt de ce réglage ?

### 2. Zone de virage

- 2.1 Écrire l'équation de la réaction du bleu de bromothymol avec l'eau. Utiliser les notations  $\text{HInd}$  et  $\text{Ind}^-$ .
- 2.2 Donner l'expression de la constante d'acidité  $K_a$ .

2.3 La zone de virage de l'indicateur coloré correspond à l'intervalle de pH :

$$pK_a - 1 < \text{pH} < pK_a + 1$$

2.3.1 Tracer le domaine de prédominance du bleu de bromothymol en fonction du pH. Indiquer, sur ce même tracé, les trois couleurs du bleu de bromothymol.

2.3.2 Exprimer le pH en fonction de  $pK_a$ ,  $[\text{HInd}]$  et  $[\text{Ind}^-]$ . Calculer le pH pour

$$\frac{[\text{Ind}^-]}{[\text{HInd}]} = 100. \text{ En déduire la teinte du bleu de bromothymol.}$$

### EXERCICE 3 : de Marcellin Berthelot à Yves Chauvin (4 points)

En 1862, Marcellin Berthelot, qui a étudié la réaction d'estérification, écrit dans les annales de chimie et physique « Trois phénomènes\* essentiels caractérisent la combinaison d'un acide avec un alcool ».

Par ailleurs, on peut lire sur le site de l'Institut Français du Pétrole : « En 2005, Yves Chauvin obtient le prix Nobel de chimie pour l'étude de la réaction de métathèse (changer de place) sur les doubles liaisons carbone-carbone. Grâce au développement de catalyseurs, on produit de nouveaux médicaments, polymères et surtout on économise de nombreuses étapes dans les processus de synthèses organiques. La métathèse s'intègre dans une chimie verte ».

\* phénomènes : caractéristiques.

#### 1. Les activités du chimiste.

1.1 Citer au moins un « phénomène » sur les trois « phénomène essentiels » cités par Berthelot.

1.2 Quel nom donne-t-on à la réaction d'un ester et de l'eau ?

1.3 Quel est l'intérêt d'un catalyseur ?

#### 2. Une estérification historique par Berthelot.

Marcellin Berthelot a utilisé un mélange équimolaire d'acide acétique (acide éthanóique) et d'éthanol. Par titrage de l'acide, il a obtenu les résultats suivants à 20°C.

Durée en jours	15	22	70	128	154	277	368
Pourcentage de l'acide initial estérifié	10,0	14,0	37,3	46,8	48,1	53,7	55,0

L'un des produits de réaction a pour formule semi-développée  $\text{CH}_3 - \text{C} - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$

$$\begin{array}{c} \parallel \\ \text{O} \end{array}$$

2.1 Reproduire sur votre copie la formule semi-développée du produit, entourer le groupe caractéristique et donner le nom de ce groupe.

2.2 Nommer le produit obtenu.

2.3 Écrire l'équation de la réaction d'estérification et sa constante d'équilibre  $K$ .

2.4 La quantité initiale d'acide acétique est de 1,00 mol.

2.4.1 Dresser le tableau d'avancement du système.

2.4.2 Déterminer l'avancement final.

2.4.3 Calculer le rendement de la transformation.

2.4.4 Actuellement on obtient, comme valeur finale, 0,67 mol d'ester. Comment interpréter la différence avec l'expérience historique ?

### 3. La métathèse par Chauvin.

3.1 Dans le texte, on cite les doubles liaisons carbone-carbone. Quel est le nom de la famille qui contient de telles liaisons ?

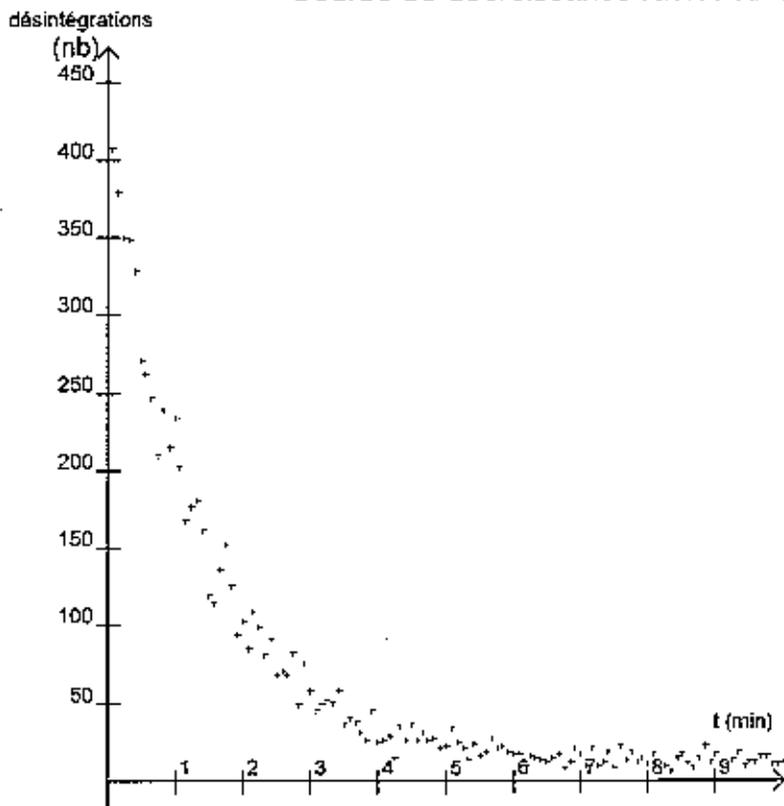
3.2 La catalyse utilisée peut être homogène ou hétérogène. Expliquer les deux termes homogène et hétérogène.

3.3 En production industrielle pétrochimique, l'eau formée par la réaction de métathèse est évacuée en continu. Quel est l'intérêt de cette élimination ?

3.4 Proposer un facteur cinétique qui peut augmenter la vitesse de réaction de métathèse.

**ANNEXE**  
**(à rendre avec la copie)**

Courbe de décroissance radioactive du Radon 220



Charge du condensateur.

