

# BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2008

PHYSIQUE - CHIMIE

Série S

ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

Durée de l'épreuve : 3 heures 30 – Coefficient : 8

*L'usage des calculatrices EST autorisé.*

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

**Ce sujet comporte 10 pages numérotées de 1/10 à 10/10.**

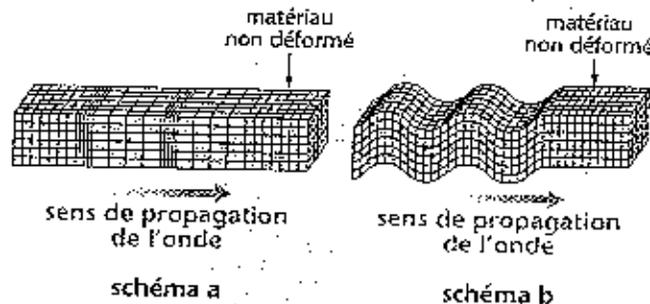
**La feuille d'annexe (page 10/10) EST À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE.**

## 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.

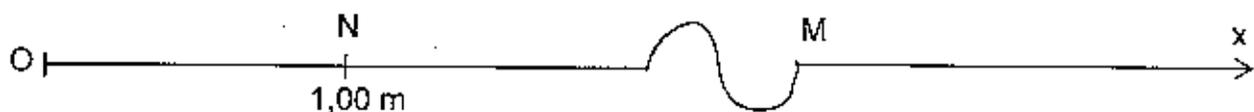
### I. Modélisation des ondes sismiques.

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  $f = 100 \text{ Hz}$ .

Déterminer la période et la longueur d'onde.

## II. Modélisation de la décroissance radioactive.

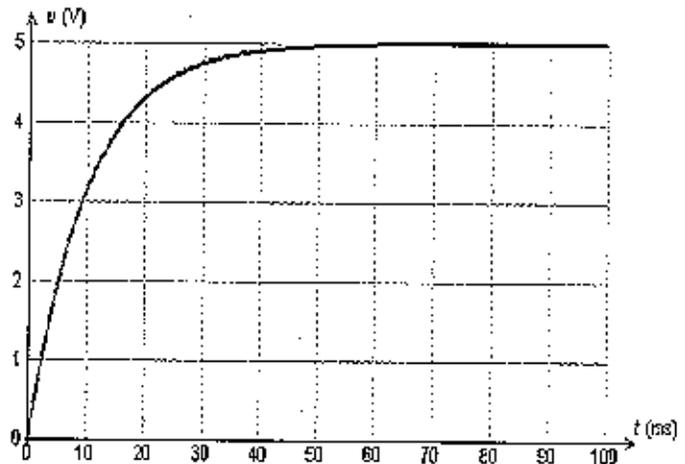
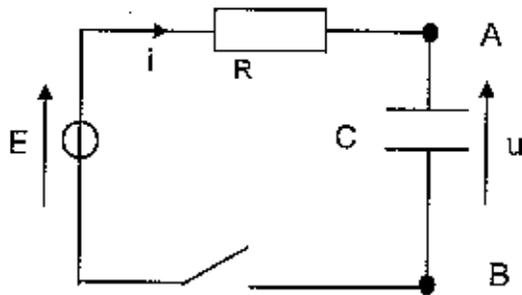
L'étude expérimentale porte sur le radon 220 noyau radioactif émetteur  $\alpha$ . À l'aide d'un compteur de radioactivité naturelle, on effectue une acquisition toutes les 5 s pendant 10 min. Chaque acquisition a une durée de 1 s. On obtient la courbe, en annexe, représentant le nombre de désintégrations 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 :  $C = 10 \mu\text{F}$  ;  $R = 1,0 \text{ k}\Omega$ .

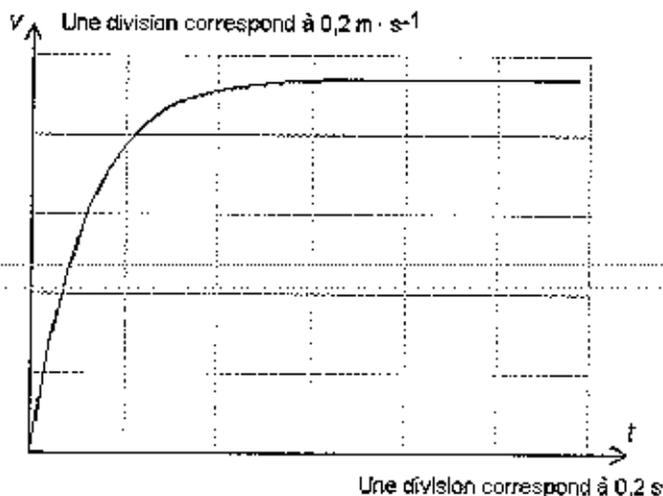
- 3.1 Donner la relation entre la charge du condensateur  $q(t) = q_A(t)$  et l'intensité du courant  $i(t)$ .
- 3.2 Donner la relation entre  $q(t)$ , la tension  $u(t)$  aux bornes du condensateur et sa capacité  $C$ .
- 3.3 Montrer que la tension  $u(t)$  vérifie l'équation différentielle suivante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

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

- 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.

---

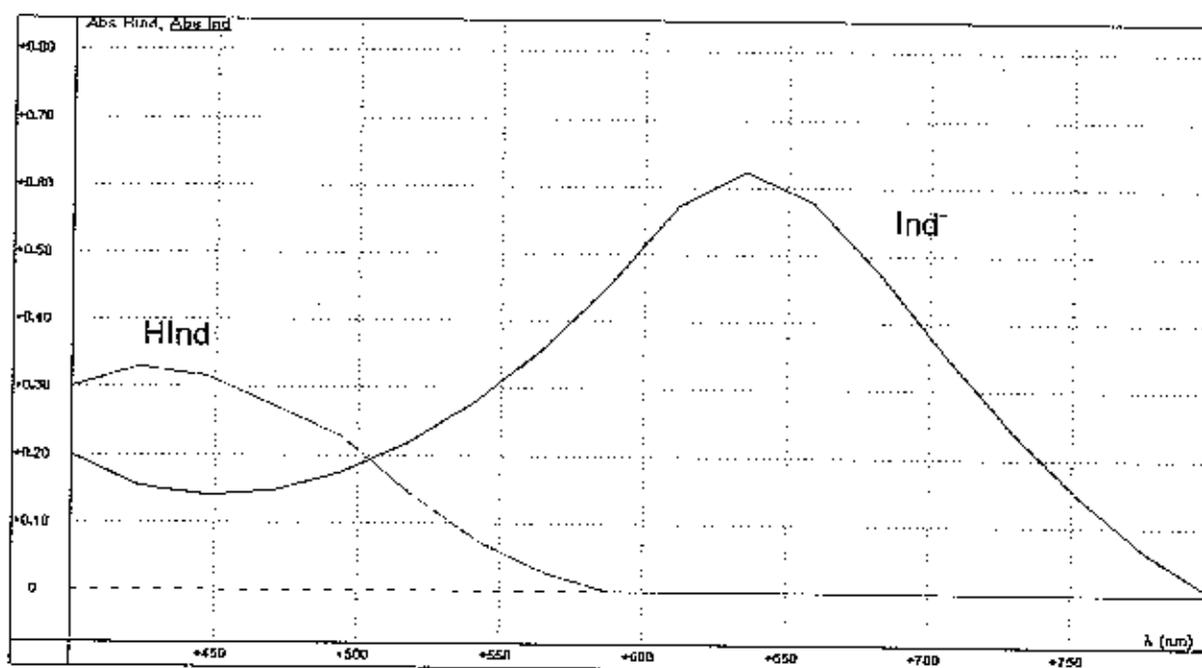
- 5.3 Le système GALILEO prévoit un écart sur la position d'un centimètre. Quel sera l'écart  $\Delta t$  sur la durée  $t$  ? La "précision" des horloges est-elle suffisante ?
- 5.4 Les horloges atomiques au césium fonctionnent sur une transition atomique de fréquence  $\nu = 9\,192\,631\,770 \text{ Hz}$ , 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  $\lambda = 600$  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 : Le nylon (4 points)

En 1937, W.H. Carothers, de la société Dupont de Nemours, déposait aux États-unis le brevet du nylon. Le nylon est un polyamide obtenu par une réaction chimique appelée polycondensation. C'est une réaction de polymérisation entre motifs monomères avec élimination de petites molécules. Une application industrielle est le « bas nylon » ou « soie synthétique ». Cette fibre est insoluble dans l'eau et les solvants organiques usuels, elle se dissout dans le phénol et fond à 263°C. Elle présente une meilleure élasticité que les fibres naturelles.

Le Nylon-6,6 est produit par la réaction entre l'hexane-1,6-diamine et l'acide hexanedioïque. Le polymère a pour formule  $\text{OH}-[\text{CO}-(\text{CH}_2)_4-\text{CO}-\text{NH}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}]_n-\text{H}$ .

Au laboratoire, on utilise le dichlorure d'hexanedioyle au lieu de l'acide. Dans un bécher, on verse avec précaution 10 mL d'une solution de dichlorure d'hexanedioyle en solution à 5% en masse dans le dichlorométhane. Le long d'un agitateur en verre, on fait couler la solution aqueuse d'hexane-1,6- diamine. Il se forme deux phases. On rajoute quelques gouttes de phénolphtaléine. À l'aide d'un crochet, on tire une fibre que l'on enroule autour d'un agitateur. On obtient un fil nylon rose. On effectue un lavage du fil à l'eau puis on le met à l'étuve.

Données physico-chimiques.

Espèces chimiques	Solubilité dans l'eau	Densité	Sécurité
Dichlorure d'hexanedioyle	Insoluble	1,1	Corrosif
Hexane-1,6- diamine	Soluble	0,9	Corrosif
Dichlorométhane	Insoluble	1,3	Inflammable

Masses molaires en  $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$  : C = 12 ; H = 1 ; N = 14 ; O = 16

Zone de virage de la phénolphthaléine pH 8,2-10 ; couleur acide incolore ; couleur basique rose.

#### 1. Polymère-monomère.

1.1 Recopier la formule du Nylon-6,6 et entourer le groupe amide.

1.2 Donner la formule semi-développée du monomère hexane-1,6-diamine.

1.3 Dans le texte on lit « avec élimination de petites molécules ».

Quelle petite molécule est éliminée lorsque le Nylon-6,6 est synthétisé à partir du diacide (acide hexanedioïque) ?

1.4 Dans la formule du polymère, n est appelé degré de polymérisation, c'est-à-dire le nombre de fois où le motif se répète dans la macromolécule (n est très grand). Il est possible de déterminer la masse molaire du polymère par chromatographie.

1.4.1 Rappeler le principe de la chromatographie.

1.4.2 Le motif du polymère étant  $[-CO-(CH_2)_4-CO-NH-(CH_2)_6-NH-]$ , calculer sa masse molaire.

1.4.3 On obtient une masse molaire égale à  $1,2 \cdot 10^5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  pour le Nylon-6,6, calculer dans ces conditions le degré  $n$  de polymérisation.

## 2. Synthèse du nylon.

2.1 À l'aide des données physico-chimiques, expliquer pourquoi les deux solutions ne sont pas miscibles.

2.2 Justifier l'ordre dans lequel les solutions sont versées.

2.3 Pourquoi qualifie-t-on cette polycondensation d'interfaciale ?

2.4 Dans quel état physique obtient-on la fibre de nylon ?

2.5 La solution aqueuse est colorée ainsi que la fibre de nylon. La solution d'hexane-1,6-diamine est-elle acide, neutre ou basique ?

2.6 Quel est le rôle du lavage ? Quelle opération effectue-t-on dans l'étuve ?

## 3. Recyclage et rendement.

*« Le procédé d'ammonolyse développé par Dupont permet de traiter des mélanges de polyamide 6,6 et de polyamide 6. Le cœur du procédé repose sur la dépolymérisation... le Nylon® réagit avec un excès d'ammoniaque entre 300 et 350°C, à des pressions comprises entre 35 et 175 bar en présence d'un catalyseur au phosphate. Les produits obtenus correspondent à un mélange de monomères et d'eau. Le rendement en monomère atteint 18% avec le nylon.*

*Les moquettes ou tapis de sol automobiles récupérés sont triés manuellement afin de conserver uniquement ceux ayant du polyamide et du polypropylène. L'unité de production de l'Ontario devrait traiter 1000 tonnes par an. »*

*D'après le site : [ademe.fr](http://ademe.fr)*

3.1 Quel est le réactif utilisé par l'ammonolyse ?

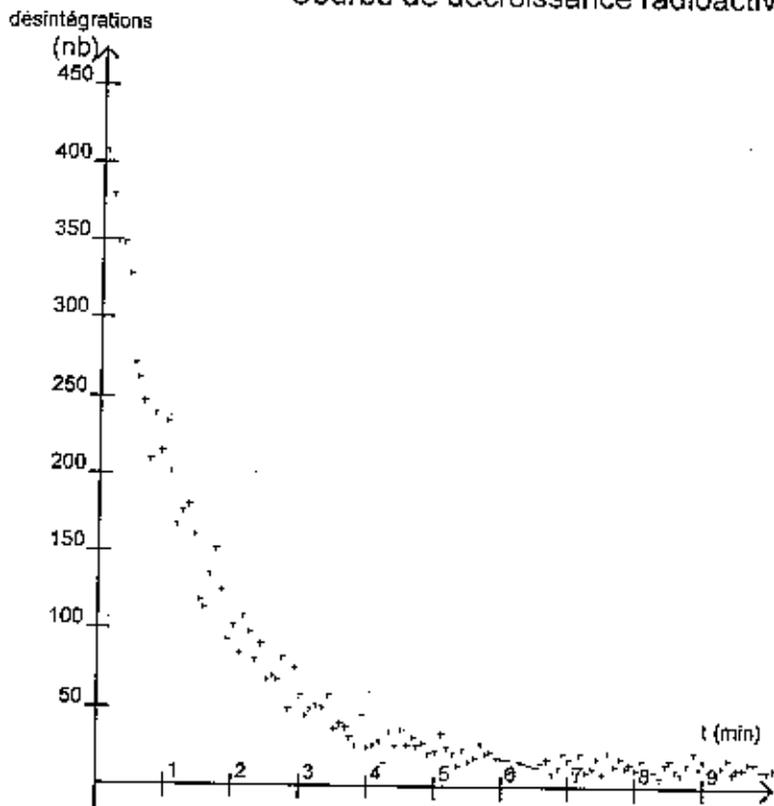
3.2 Pourquoi utilise-t-on un catalyseur ?

3.3 Quel est l'intérêt de l'évacuation de l'eau ?

3.4 Quelle masse annuelle de monomère l'unité de l'Ontario va-t-elle produire ?

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

Courbe de décroissance radioactive du Radon 220



Charge du condensateur.

