



Ce document a été numérisé par le CRDP de Bordeaux pour la Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel.

Campagne 2010

Ce fichier numérique ne peut être reproduit, représenté, adapté ou traduit sans autorisation.

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR BIOANALYSES ET CONTRÔLES

SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES

L'usage de la calculatrice est autorisé.

Le matériel autorisé comprend toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante.

- *Le candidat n'utilise qu'une seule machine sur la table. Toutefois, si celle-ci vient à connaître une défaillance, il peut la remplacer par une autre.*
- *Afin de prévenir les risques de fraude, sont interdits les échanges de machines entre les candidats, la consultation des notices fournies par les constructeurs ainsi que les échanges d'informations par l'intermédiaire des fonctions de transmission des calculatrices.*

SCIENCES PHYSIQUES

- La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront pour une part importante dans l'appréciation des copies.
- L'usage de la calculatrice est autorisé.
- Le candidat traite les parties A, B, C et D. Ces parties sont indépendantes.

A : DÉTECTEUR IONIQUE DE FUMÉE (16 points)

L'américium, de symbole Am, est un radionucléide artificiel dont l'isotope 241 a été synthétisé pour la première fois par Glenn T. SEABORG en 1944. L'américium est instable : il décroît par désintégration α en neptunium de symbole Np. L'américium 241 descend du plutonium 241 et constitue par conséquent un déchet radioactif dans les réacteurs nucléaires.

Plusieurs applications techniques font appel aux propriétés de l'américium 241. C'est le cas notamment des détecteurs ioniques de fumée qui contiennent une source scellée d'américium (sous forme d'oxyde AmO_2). Deux électrodes soumises à une différence de potentiel permettent de collecter le courant créé après ionisation de l'air par les particules α émises par la source. Lorsque de la fumée pénètre dans l'espace inter-électrode, l'intensité de l'ionisation et donc celle du courant mesuré diminue. Cette variation déclenche le système d'alarme.

Données :

Demi-vie (ou période radioactive) de l'américium 241 : $T = 432$ ans

Nombre d'Avogadro : $N_a = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Constante de Planck : $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$

Vitesse de la lumière (dans le vide) : $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

Masse molaire : $M(\text{Am}) = 241 \text{ g.mol}^{-1}$.

Unités usuelles :

- le curie : $1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$;
- le gray : $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J.kg}^{-1}$;
- l'électron-volt : $1 \text{ eV} = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

La détermination de la masse d'américium contenue dans la source d'un détecteur de fumée est explicitée dans les questions numérotées de 1 à 5.

- 1 - Que représentent les nombres 95 et 241 dans la représentation symbolique suivante ${}_{95}^{241}\text{Am}$?
- 2 - Écrire l'équation de la désintégration d'un noyau d'américium 241. Préciser la composition du noyau fils.
- 3 - Montrer que la constante de désintégration radioactive λ vaut $5,08 \cdot 10^{-11} \text{ s}^{-1}$.
- 4 - Exprimer en becquerel l'activité A_1 d'un échantillon de masse $m = 1,00 \text{ g}$ d'américium 241. Cette activité représente l'activité massique de l'américium 241. Faire l'application numérique.
- 5 - La documentation d'un détecteur de fumée indique que la source qu'il contient a une activité A_S de $0,90 \mu\text{Ci}$, soit $3,3 \cdot 10^4 \text{ Bq}$. En déduire la masse m_S d'américium contenue dans la source.

L'impact radiologique sur un utilisateur situé près du détecteur est explicité dans les questions numérotées de 6 à 8.

- 6 - Sachant que 36 % des désintégrations de l'américium 241 s'accompagnent de l'émission d'un photon γ d'énergie $E = 60 \text{ keV}$, calculer, en joule, l'énergie E d'un photon γ . Ce photon est-il plus ou moins énergétique qu'un photon du domaine de la lumière visible ?
- 7 - Les particules α émises par l'américium sont très énergétiques (5 MeV) mais ne sont pas dangereuses pour l'utilisateur dans la mesure où elles sont arrêtées par quelques centimètres d'air ou le plastique du détecteur.
Les rayons γ sont-ils arrêtés par le boîtier ? Si non, comment pourrait-on s'en protéger ?

8 - La dose maximale reçue est évaluée dans cette question.

- 8.1 - Déterminer le nombre de photons γ émis en moyenne par la source chaque seconde.
- 8.2 - On montre que l'énergie W libérée par la source pendant une seconde et contenue dans le rayonnement γ est de $1,2 \cdot 10^{-10}$ J. En supposant que toute cette énergie est captée par le corps de l'utilisateur (de masse $m_u = 70$ kg), déterminer la dose horaire reçue en nGy.
- 8.3 - Comparer ce résultat à la dose horaire moyenne reçue en France due à la radioactivité naturelle (tellurique, cosmique...) : $91 \text{ nGy} \cdot \text{h}^{-1}$.

Remarque de culture générale, sans incidence sur la résolution des questions de cet exercice :

La loi dite Morange et Meslot, applicable en 2010, rend obligatoire la présence d'un détecteur de fumée de type photoélectrique dans chaque logement. Les modèles de type ionique sont aujourd'hui interdits à la vente et doivent être remplacés en raison de la complexité et du coût du retraitement des sources radioactives ainsi que du risque de leur dissémination dans l'environnement.

B : SÉDIMENTATION D'UN GLOBULE ROUGE (14 points)

La vitesse de sédimentation (VS) est une mesure non spécifique de l'inflammation utilisée fréquemment comme test médical d'orientation.

Pour effectuer ce test, un échantillon de sang est placé dans un tube vertical, et la vitesse à laquelle les globules rouges tombent est reportée en $\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$.

En présence de processus inflammatoire, la teneur en fibrinogène du sang est élevée et induit une agglomération des globules rouges. Les globules rouges agglutinés en rouleaux sédimentent plus vite.

La vitesse de sédimentation qui, chez la personne normale est inférieure à 10 millimètres par heure, est donc augmentée dans un syndrome inflammatoire (rhumatisme, artérite temporale, syndromes infectieux...).

Données :

- Rayon du globule rouge assimilé à une sphère : $r = 2,0 \mu\text{m}$
- Volume d'une sphère : $V = (4/3) \cdot \pi \cdot r^3$
- Masse volumique du globule rouge : $\mu = 1,30 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
- Masse volumique du sang : $\mu' = 1,06 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
- Coefficient de viscosité du sang à la température de l'expérience : $\eta = 1,00 \cdot 10^{-3} \text{ SI}$
- Valeur de l'accélération de la pesanteur : $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
- Expression de l'intensité de la force de frottement s'exerçant sur une sphère en mouvement dans un fluide : $f = 6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot r \cdot v$
- Intensité de la poussée d'Archimède : elle correspond à l'intensité du poids du volume de liquide déplacé (égal au volume de la particule entièrement immergée).

On se propose de déterminer la vitesse de sédimentation d'un patient qui présente des symptômes d'une éventuelle inflammation. Pour cela, on étudie la sédimentation d'un globule rouge, assimilé à une sphère, sous l'effet de la pesanteur.

1 - Analyse des forces appliquées au globule.

- 1.1 - Déterminer, en fonction des données, l'expression littérale de l'intensité de chacune des forces appliquées au globule rouge.
- 1.2 - Représenter sur un schéma la direction et le sens de chacun des 3 vecteurs force.

2 - Étude dynamique

Le globule rouge est lâché à l'extrémité supérieure du tube d'analyse sans vitesse initiale. On pourra s'appuyer sur la deuxième loi de Newton (ou Théorème du Centre d'Inertie ou Principe Fondamental de la Dynamique) dans les questions 2.1, 2.2, et 2.3, sans effectuer de calcul.

2.1 - Le début du mouvement est-il uniforme, accéléré ou ralenti ? Expliquer votre réponse brièvement.

2.2 - Au bout d'un temps suffisamment long, l'accélération s'annule. Quelle est la force dont l'intensité a varié ? Quelle est alors la nature du mouvement ?

2.3 - Montrer que lors de la phase rectiligne et uniforme, la vitesse est donnée par la relation :

$$v = \frac{2 \cdot r^2 \cdot g(\mu - \mu')}{9 \cdot \eta}$$

2.4 - Calculer la valeur de v en m.s^{-1} puis en mm.h^{-1} et en déduire si le patient est dans une phase inflammatoire.

C : DOSAGE DES IONS SULFATE DANS UNE EAU MINÉRALE (15 points)

Les ions sulfate SO_4^{2-} sont présents dans de nombreux composés minéraux ou organiques aux applications diverses :

- le sulfate de cuivre CuSO_4 entre dans la constitution de la Bouillie Bordelaise, agent fongicide et bactéricide utilisé notamment en viticulture
- le sulfate de magnésium MgSO_4 (ou sel d'Epsom ou encore sel amer) est utilisé comme agent thérapeutique, comme additif alimentaire...
- le sulfate de calcium CaSO_4 entre dans la composition du gypse, le constituant minéral du plâtre
- etc...

Les ions sulfates sont également présents dans les eaux, notamment les eaux de boisson. La composition ionique d'une eau détermine sa potabilité. On souhaite vérifier la concentration massique en ions sulfate dans une eau minérale, sachant que l'étiquette de la bouteille indique une concentration massique $C = 1,2 \text{ g.L}^{-1}$. A cette fin on effectue un dosage de l'eau étudiée par une solution aqueuse de chlorure de baryum (Ba^{2+} , 2 Cl^-). On utilise la propriété de très faible solubilité du sulfate de baryum BaSO_4 dans l'eau. Lorsqu'une solution titrante contenant des ions baryum est ajoutée à l'eau minérale à doser contenant des ions sulfates, un précipité de BaSO_4 se forme. On peut suivre le dosage par conductimétrie.

Le sujet traite de la structure de l'ion sulfate et du dosage conductimétrique de l'eau minérale étudiée par la solution aqueuse de chlorure de baryum.

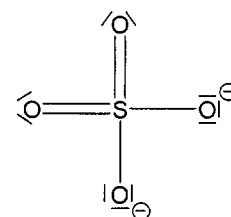
1 - Étude de l'ion sulfate

1.1 - Donner les configurations électroniques de l'atome de soufre ($Z = 16$) et de l'atome d'oxygène ($Z = 8$) dans leur état fondamental.

1.2 - Sachant que l'oxygène se trouve dans la 2^{ème} période et dans la 16^{ème} colonne de la classification périodique des éléments, déduire (à l'aide de la question 1.1) l'emplacement (période + colonne) du soufre dans la classification périodique. Argumenter la réponse.

1.3 - La structure de Lewis de l'ion sulfate est donnée ci-contre :

En appliquant les règles du modèle VSEPR (ou modèle de Gillespie) à l'ion sulfate, donner la géométrie autour de l'atome de soufre. Argumenter la réponse.

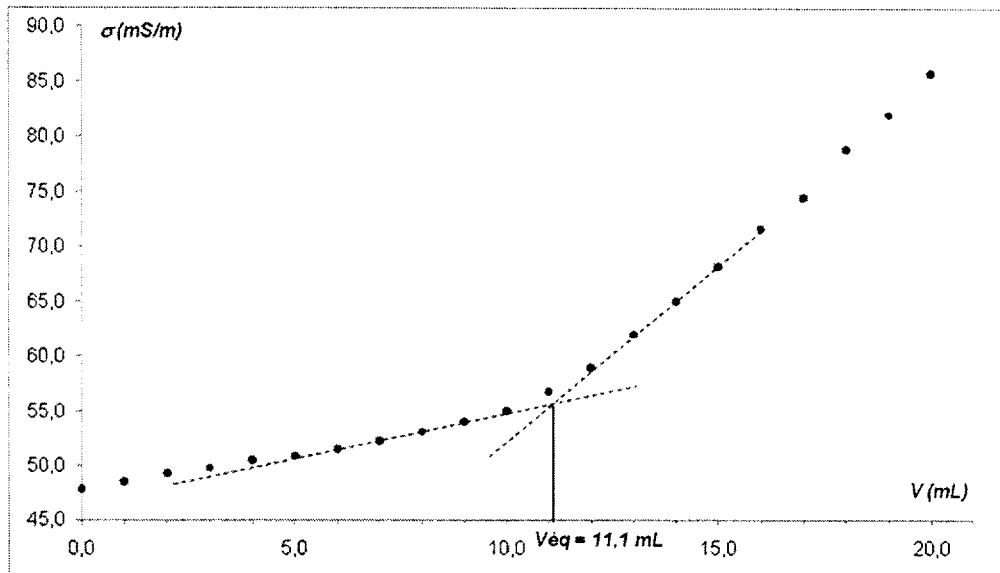


2 - Dosage conductimétrique des ions sulfate dans une eau minérale

Dans le cadre du dosage on négligera la très faible dissolution du solide BaSO_4 dans l'eau.

On place dans un bécher un volume $V = 50$ mL d'eau minérale à doser, ainsi que 200 mL d'eau distillée. On dose les ions sulfate présents dans cette eau par une solution aqueuse de chlorure de baryum telle que $[\text{Ba}^{2+}] = C_0 = 5,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

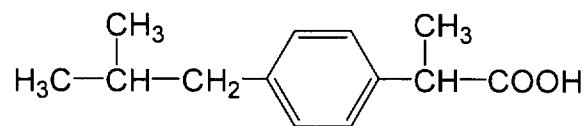
On relève la conductivité σ de la solution en fonction du volume de solution de chlorure de baryum ajouté. La courbe de dosage est donnée ci-dessous.



- 2.1 - Si on avait choisi un bécher de 100 mL pour doser directement le volume V d'eau minérale, la cellule conductimétrique aurait été parfaitement immergée.
Pourquoi a-t-on préféré un bécher de 500 mL et l'ajout d'eau distillée avant le dosage ?
- 2.2 - Le technicien doute de l'exactitude de la concentration de la solution de chlorure de potassium ($\text{K}^+ + \text{Cl}^-$) utilisée pour étalonner le conductimètre.
Le résultat du dosage risque-t-il d'être faussé ?
- 2.3 - Écrire l'équation de la réaction mise en jeu lors du dosage et calculer sa constante d'équilibre (notée K). Que peut-on en déduire ?
- 2.4 - Établir l'expression littérale de la concentration $[\text{SO}_4^{2-}]$ en ions sulfate dans l'eau minérale en fonction de V , C_0 et V_{eq} . Détailler le raisonnement.
- 2.5 - Calculer la valeur de la concentration $[\text{SO}_4^{2-}]$ en mol.L^{-1} .
- 2.6 - Le résultat de la question 2.5. est-il compatible avec la concentration indiquée sur la bouteille d'eau minérale : $C = 1,2 \text{ g.L}^{-1}$?
On donne $M(\text{SO}_4^{2-}) = 96,1 \text{ g.mol}^{-1}$.

D : SYNTHÈSE DE L'IBUPROFÈNE (15 points)

L'ibuprofène est un analgésique (anti-douleur) et un anti-inflammatoire au même titre que l'aspirine. La formule semi-développée de l'ibuprofène est donnée ci-dessous :

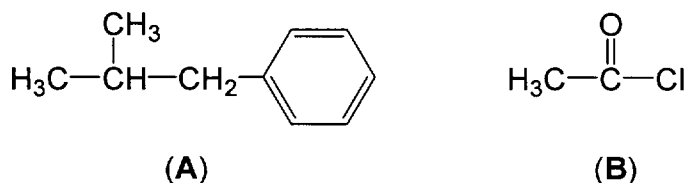


C'est le constituant actif de nombreux produits commerciaux : il fait partie des analgésiques en vente libre les plus répandus. La molécule a été découverte dans les années 1960 et a fait l'objet d'un procédé de synthèse breveté.

Plus tard, dans les années 1990, le procédé « vert » a pris le pas sur l'ancien procédé de synthèse. Dans le procédé vert, le nombre d'étapes réactionnelles est réduit et les sous-produits des réactions sont valorisés.

Cet exercice propose une voie de synthèse de l'ibuprofène, inspirée des deux procédés de synthèse industrielle évoqués ci-dessus.

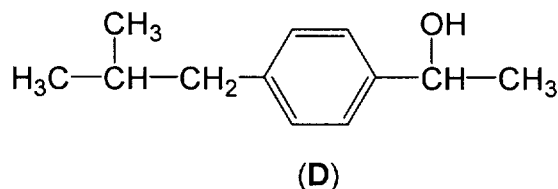
Une première étape de la synthèse consiste à faire réagir les réactifs (A) et (B) représentés ci-dessous, en présence de chlorure d'aluminium AlCl_3 :



Un mélange de deux produits isomères est obtenu : (C) (majoritaire) et (C') (minoritaire).

- 1 - Donner les noms des deux réactifs (A) et (B) en utilisant la nomenclature officielle.
- 2 - Écrire l'équation de la réaction conduisant à l'isomère (C) (isomère le plus abondant).
- 3 - Donner le nom de la réaction entre (A) et (B).
- 4 - Expliciter les différentes étapes du mécanisme de cette réaction.

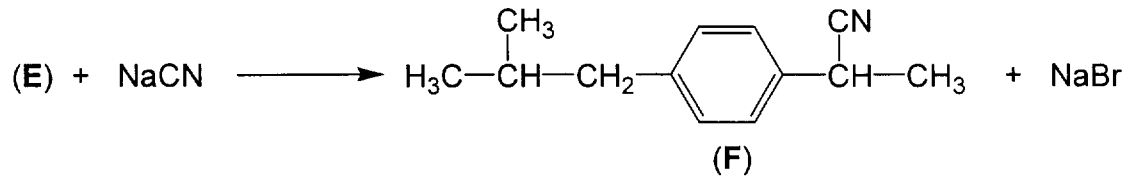
La deuxième étape de la synthèse est la réduction du composé (C) par le borohydure de sodium NaBH_4 . On obtient le composé (D) représenté ci-dessous :



Lors de la troisième étape de la synthèse la molécule (D) est mise en présence de bromure d'hydrogène HBr : on observe la formation de plusieurs produits, notamment un composé (E) de formule brute $\text{C}_{12}\text{H}_{17}\text{Br}$.

- 5 - Écrire l'équation complète de la réaction en faisant apparaître la formule semi-développée de (E).
- 6 - Parmi les mots suivants le(s)quel(s) pourrai(en)t qualifier la réaction de formation de (E) : addition, substitution, élimination, électrophile, radicalaire, nucléophile.

La quatrième étape de la synthèse permet l'obtention du composé (F) par action de cyanure de sodium sur le composé (E), selon l'équation de réaction suivante :



7 - Quel est le nom de la fonction organique apparue lors de la quatrième étape de synthèse et qui est présente par conséquent dans la molécule (F) ?

8 - Le cyanure de sodium NaCN est un composé ionique.

L'ion cyanure a pour formule $[\text{C}\equiv\text{N}]^-$. Expliquer pour quelle raison l'ion cyanure est une espèce nucléophile et pourquoi la réaction s'apparente alors à une substitution nucléophile.

La cinquième étape de la synthèse consiste en une hydrolyse acide à chaud de la molécule (F) qui conduit à l'ibuprofène.

9 - L'ibuprofène peut exister sous formes de deux énantiomères. Expliciter cette affirmation.

10 - Seul l'énantiomère de configuration absolue (S) de l'ibuprofène présente une activité thérapeutique. Représenter cet énantiomère en citant (sans les détailler) les règles utilisées. *Pour simplifier, on pourra noter « Ar » le groupe comportant le noyau benzénique.*

11 - La séparation des deux énantiomères de l'ibuprofène étant délicate et coûteuse, ce médicament est souvent commercialisé sous forme d'un mélange équimolaire des deux énantiomères. Comment nomme-t-on un tel mélange ?