



SERVICES CULTURE ÉDITIONS
RESSOURCES POUR
L'ÉDUCATION NATIONALE

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

session 2011

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR BIOANALYSES ET CONTRÔLES

ÉPREUVE DE SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES

SESSION 2011

Durée : 2 heures

Coefficient : 3

Matériel autorisé :

- 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 (Circulaire n°99-186, 16/11/1999).

La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront pour une part importante dans l'appréciation des copies.

**Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet se compose de 7 pages, numérotées de 1/7 à 7/7.**

BTS BIOANALYSES ET CONTRÔLES		Session 2011
Nom de l'épreuve : Sciences physiques et chimiques	Code : BAE2PC	Page : 1/7

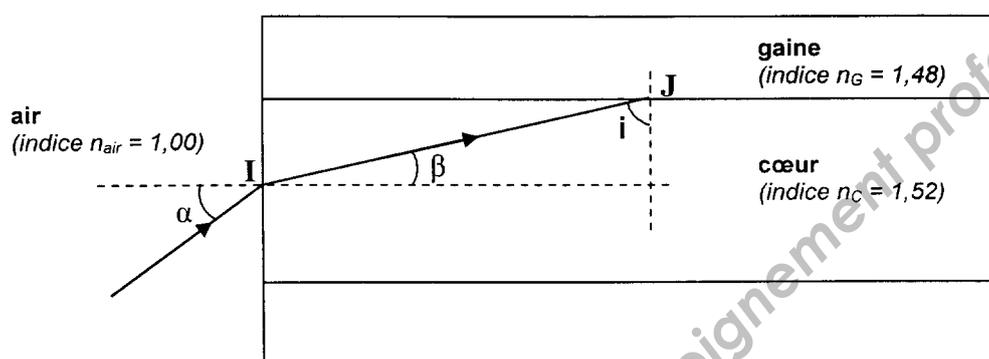
A : FIBRE OPTIQUE (15 points)

Les fibres optiques sont maintenant connues du grand public, par leurs applications en médecine (fibroscopie) ou dans la transmission de données (télécommunications, télévision, internet). À l'heure actuelle, les fibres optiques représentent plusieurs centaines de milliers de kilomètres de câbles sous-marins autour de la planète.

Cet exercice propose de rappeler le principe de fonctionnement des premières fibres, puis de comprendre une de leurs améliorations. Il comporte des questions indépendantes.

1 - Fibre optique à saut d'indice

On considère une fibre optique à saut d'indice. Dans ce type de fibre, l'indice de réfraction varie brusquement entre le cœur et la gaine de la fibre. Le schéma ci-dessous représente une coupe longitudinale de cette fibre optique.



1-1 - Un rayon lumineux arrive sur l'interface séparant l'air et le cœur de la fibre au point d'incidence I.

1-1-1 - Donner la relation liant l'angle d'incidence α , l'angle de réfraction β , l'indice de réfraction de l'air n_{air} et l'indice de réfraction du cœur n_c .
En déduire l'expression de l'angle β en fonction de α , n_{air} et n_c .

1-1-2 - Calculer la valeur de l'angle β sachant que l'angle d'incidence α vaut $17,0^\circ$.

Données : $n_{\text{air}} = 1,00$; $n_c = 1,52$.

1-1-3 - À quel savant est associée la relation évoquée à la question 1.1.1. ?

1-2 - Le rayon réfracté au point I se propage dans le cœur de la fibre jusqu'à atteindre l'interface entre le cœur et la gaine, au point d'incidence J.

1-2-1 - Sachant que les deux normales (en pointillés sur le schéma) sont perpendiculaires, donner la relation liant l'angle β et l'angle i .

1-2-2 - Vérifier que l'angle d'incidence i est égal à $78,9^\circ$.

1-3 - Les rayons lumineux se propagent dans une fibre optique par le phénomène de réflexion totale.

1-3-1 - Rappeler pourquoi cette réflexion totale est nécessaire à la propagation correcte des rayons lumineux dans la fibre optique.

1-3-2 - Indiquer la condition sur l'angle d'incidence i pour que le rayon lumineux subisse une réflexion totale au point J. Détailler le raisonnement.

On notera n_g l'indice de réfraction de la gaine.

1-3-3 - On rappelle que $i = 78,9^\circ$. La condition de réflexion totale en J est-elle ici remplie ? Justifier la réponse.

Donnée : $n_g = 1,48$.

1-3-4 - Pour avoir le maximum de chance qu'un faisceau lumineux se propage dans une telle fibre, faut-il essayer de le faire entrer dans la fibre avec des angles d'incidence α plutôt faibles ou plutôt élevés ?

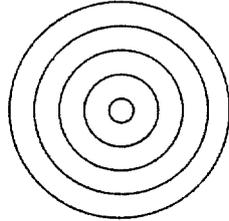
BTS BIOANALYSES ET CONTRÔLES		Session 2011
Nom de l'épreuve : Sciences physiques et chimiques	Code : BAE2PC	Page : 2/7

Un inconvénient de la fibre à saut d'indice est que des rayons entrant simultanément dans la fibre avec des incidences α différentes parcourent des longueurs différentes et donc ressortent à l'autre extrémité de la fibre à des instants différents. Ce phénomène limite le nombre d'impulsions lumineuses que l'on peut faire passer par la fibre chaque seconde, donc son débit. La fibre optique à gradient d'indice permet d'avoir la même durée de parcours pour toutes les incidences α à l'entrée de la fibre.

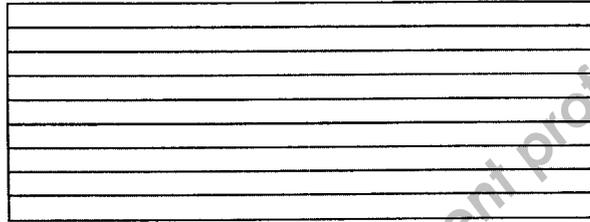
2 - Fibre optique à gradient d'indice

Dans une fibre à gradient d'indice, l'indice de réfraction varie progressivement du centre vers la surface extérieure de la fibre.

On peut modéliser la fibre par un assemblage de strates concentriques d'indice de réfraction légèrement différents :

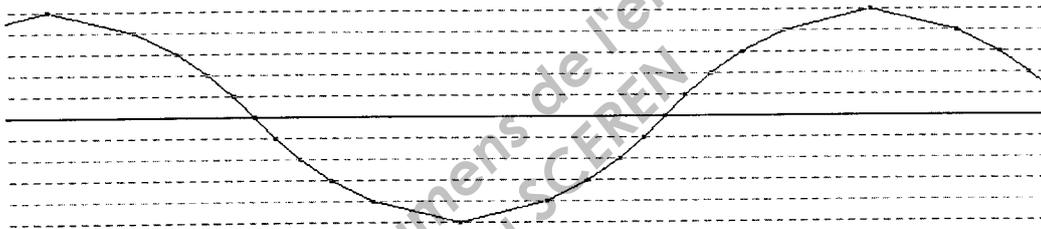


coupe transversale



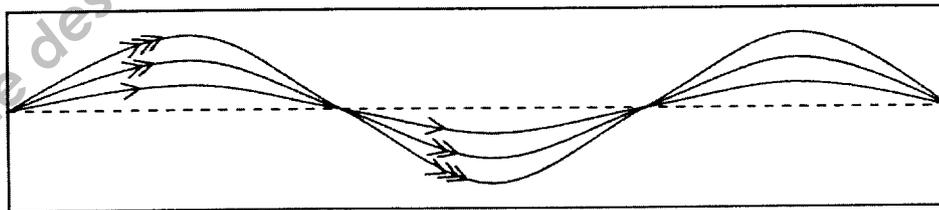
coupe longitudinale

Un rayon lumineux se propage en ligne droite dans chaque strate, il subit une réfraction à chaque changement de strate. Quand son incidence est trop élevée, il subit une réflexion totale, ce qui lui permet de rester dans la fibre, comme le montre la figure ci-dessous :



2-1 - D'après la trajectoire du rayon sur la figure ci-dessus, indiquer si l'indice de réfraction des différentes strates augmente ou diminue du centre vers l'extérieur de la fibre. Argumenter la réponse.

2-2 - Les rayons d'un faisceau monochromatique entrant simultanément dans cette fibre sous des incidences différentes n'ont pas la même trajectoire (figure ci-dessous).



2-2-1 - Que représente l'indice de réfraction d'un milieu transparent ?

2-2-2 - D'après la figure ci-dessus, les rayons parcourent donc des distances différentes dans la fibre, mais ressortent pourtant quasiment simultanément de la fibre optique. Expliquer pourquoi.

B : ANALYSE RADIOCHIMIQUE DE LA VANILLINE (15 points)

L'arôme de vanille, ingrédient utilisé dans la préparation de nombreux desserts, provient en grande partie de la vanilline, composé aromatique très puissant. Les gousses de vanille contiennent peu de vanilline : dans 1 kg de gousses, il y a 25 g de vanilline. Le prix de revient de la vanille est élevé : les extraits de vanille naturelle coûtent plus de 1500 € le kilogramme. De ce fait, la vanilline commercialisée peut contenir de la vanilline synthétique, dont le prix de revient est beaucoup plus faible.

La vanilline naturelle manifeste une activité liée à la présence du carbone 14, comme dans toute substance végétale, suivant le mécanisme décrit ci-après :

Dans la nature l'élément carbone possède deux noyaux isotopes : le carbone 12 noté $^{12}_6\text{C}$ et le carbone 14 noté $^{14}_6\text{C}$.

Ce carbone 14 est spontanément radioactif β^- et a une période ou temps de demi-vie T égale à 5570 ans.

On note $N(t)$ le nombre de noyaux radioactifs présents à l'instant t dans l'échantillon.

L'activité $A(t)$ mesurée en becquerel (Bq) d'un échantillon radioactif est le nombre de désintégrations qu'il produit par seconde soit :

$$A(t) = - \frac{dN(t)}{dt} = \lambda N(t)$$

λ : constante de désintégration radioactive du noyau.

Dans la matière vivante, les échanges d'élément carbone entre l'organisme végétal ou animal et l'air atmosphérique font que le rapport $N(\text{carbone 14}) / N(\text{carbone 12})$ est constant. À la mort de la matière vivante, ces échanges prennent fin ce qui entraîne la décroissance de ce rapport. C'est le cas pour les gousses de vanille à partir de la récolte.

Données : Constante d'Avogadro $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.
Masses molaires atomiques en $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$: C : 12 ; H : 1 ; O : 16.
Numéros atomiques :

- Élément carbone C : $Z = 6$.
- Élément azote N : $Z = 7$.

Formule de la vanilline ($\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3$) :



On se propose de déterminer la proportion de vanilline naturelle dans un échantillon à partir de la mesure de l'activité de celui-ci.

1 - Réaction nucléaire

1-1 - Citer les lois de conservation permettant l'écriture des équations des réactions nucléaires.

1-2 - Écrire l'équation de désintégration du carbone 14.

1-3 - Définir la période ou temps de demi-vie T du carbone 14.

1-4 - Exprimer puis calculer la constante de désintégration radioactive du carbone 14, λ en s^{-1} .

2 - La vanilline naturelle pure

La vanilline naturelle renferme une faible proportion de molécules marquées au carbone 14, chacune ne comportant qu'un seul atome $^{14}_6\text{C}$.

L'activité A , à un instant t , d'un gramme de vanilline naturelle a pour valeur 7200 Bq.

2-1 - Calculer le nombre N , à l'instant t , de molécules marquées au carbone 14 dans une masse $m = 1,00 \text{ g}$ de vanilline naturelle.

BTS BIOANALYSES ET CONTRÔLES		Session 2011
Nom de l'épreuve : Sciences physiques et chimiques	Code : BAE2PC	Page : 4/7

2-2 - Calculer la masse molaire M de la vanilline.

2-3 - En déduire le nombre total N' de molécules dans une masse $m = 1,00$ g de vanilline naturelle.

2-4 - En déduire la proportion de molécules marquées.

3 - La vanilline mixte

Un échantillon de masse 1,00 g de vanilline présente une activité de 1200 Bq, due uniquement à la vanilline naturelle. Il peut contenir également de la vanilline synthétique d'activité nulle.

Déterminer la proportion de vanilline naturelle dans cet échantillon.

C : DOSAGE DE L'ACIDE ASCORBIQUE DANS UN COMPRIMÉ (15 points)

L'acide ascorbique ou vitamine C, de formule $C_6H_8O_6$ est un anti-scorbut et un anti-infectieux. Il joue également un rôle important dans la synthèse du collagène.

C'est un agent réducteur qui réagit facilement avec divers oxydants, notamment avec le dioxygène présent dans l'air. Cette propriété entraîne un ralentissement de l'oxydation par le dioxygène de certains constituants présents dans les aliments. Par conséquent l'acide ascorbique est souvent utilisé comme agent anti-oxydant dans l'industrie agro-alimentaire (code E300). Le couple d'oxydoréduction mis en jeu est $C_6H_6O_6/C_6H_8O_6$.

Par ailleurs, l'acide ascorbique peut amplifier l'action de certains médicaments, ce qui permet d'en réduire les doses ou les effets secondaires. Par exemple, une dose d'acide ascorbique ingérée avec de l'aspirine amplifie son effet analgésique tout en diminuant sa toxicité. Il existe ainsi des comprimés d'aspirine contenant de la vitamine C.

Dans cet exercice, on utilisera les propriétés réductrices de l'acide ascorbique pour son dosage dans un comprimé « Aspirine Vitaminée C ». L'oxydant utilisé dans ce cas est le diiode I_2 , introduit en excès; le diiode restant est dosé en retour par une solution aqueuse de thiosulfate de sodium ($2 Na^+ + S_2O_3^{2-}$).

Données : Masse molaire : $M(\text{acide ascorbique}) = 176,13 \text{ g.mol}^{-1}$.

Potentiels standards d'oxydoréduction : $E^\circ(C_6H_6O_6/C_6H_8O_6) = 0,13 \text{ V}$.

$E^\circ(I_2(aq)/I^-(aq)) = 0,62 \text{ V}$.

Constante de Faraday : $1 F = 96500 \text{ C}$.

Constante du gaz parfait : $R = 8,31 \text{ S.I.}$

Un comprimé « Aspirine Vitaminée C » est broyé puis dissous dans 100,0 mL d'eau distillée ; cette solution aqueuse est notée S.

À un volume $V_0 = 20,0$ mL de la solution S d'acide ascorbique sont ajoutés un volume $V_1 = 20,0$ mL d'une solution aqueuse de diiode I_2 de concentration molaire $C_1 = 0,050 \text{ mol.L}^{-1}$ et un volume $V = 10$ mL d'une solution d'acide orthophosphorique à 5 %. Le milieu réactionnel est agité pendant quelques minutes.

L'excès de diiode n'ayant pas réagi avec l'acide ascorbique est ensuite dosé en retour à l'aide d'une solution aqueuse de thiosulfate de sodium ($2 Na^+ + S_2O_3^{2-}$) de concentration molaire $C_2 = 0,100 \text{ mol.L}^{-1}$.

Le volume de solution de thiosulfate de sodium nécessaire pour réagir avec l'excès de diiode est $V_2 = 15,55$ mL.

1 - Écrire l'équation de la réaction d'oxydoréduction entre le diiode I_2 et l'acide ascorbique $C_6H_8O_6$.
On passera par les demi-équations d'oxydation et de réduction.

2 - Calculer la différence de potentiels standard ΔE° entre les deux couples en présence.

3 - Donner l'expression de la valeur de l'enthalpie libre standard $\Delta_R G^\circ$ de la réaction d'oxydoréduction en fonction de ΔE° . Calculer la valeur de $\Delta_R G^\circ$.

4 - En déduire que la constante de l'équilibre mis en jeu vaut $K = 3,8 \cdot 10^{16}$ à 298 K. Quel commentaire suscite cette valeur ?

5 - Malgré la valeur élevée de la constante K , un dosage direct entre le diiode et l'acide ascorbique n'est pas envisageable. Proposer une explication en faisant appel à un autre paramètre important de la réaction.

BTS BIOANALYSES ET CONTRÔLES		Session 2011
Nom de l'épreuve : Sciences physiques et chimiques	Code : BAE2PC	Page : 5/7

- 6 - Écrire l'équation de la réaction du dosage de l'excès de diiode I_2 par l'ion thiosulfate $S_2O_3^{2-}$.
On passera par les demi-équations d'oxydation et de réduction. On rappelle que le couple $S_4O_6^{2-}/S_2O_3^{2-}$ est mis en jeu.
- 7 - Après avoir donné la relation entre la quantité de diiode dosée $(n_{I_2})_{excès}$ et la quantité de thiosulfate $(n_{S_2O_3^{2-}})_{éq}$ ajoutée à l'équivalence, donner l'expression de $(n_{I_2})_{excès}$ en fonction de C_2 et V_2 .
- 8 - Donner l'expression de la quantité totale de diiode $(n_{I_2})_{tot}$ introduit en début de dosage en fonction de C_1 et V_1 .
- 9 - En déduire l'expression de la quantité de diiode $(n_{I_2})_{réagi}$ ayant réagi avec l'acide ascorbique en fonction de C_1 , V_1 , C_2 et V_2 . Justifier le raisonnement.
- 10 - En déduire que la quantité d'acide ascorbique n_{asc} présente dans 100 mL de la solution S, autrement dit dans le comprimé est donnée par $n_{asc} = 5 \times \left(C_1 \times V_1 - \frac{C_2 \times V_2}{2} \right)$. Détailler le raisonnement et calculer la valeur de n_{asc} .
- 11 - Le résultat de la question précédente est-il compatible avec les indications du fournisseur, à savoir une masse $m_{asc} = 200$ mg d'acide ascorbique dans un comprimé « Aspirine Vitaminée C » ?
- 12 - On souhaite réaliser le même dosage quelques jours plus tard. Expliquer pourquoi on ne peut pas se servir de la solution S, c'est-à-dire pourquoi il est nécessaire de préparer une nouvelle solution du comprimé pour réaliser ce dosage.

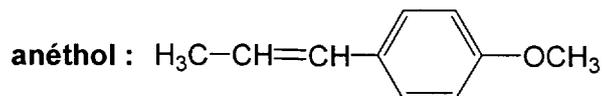
D : SYNTHÈSE DE L'ANETHOL (15 points)

La badiane chinoise, ou anis étoilé, est un fruit utilisé notamment dans les domaines alimentaires et pharmaceutiques. D'une part cette épice contient de fortes quantités d'**anéthol**, molécule responsable de l'odeur caractéristique des boissons anisées. D'autre part la badiane chinoise contient de l'**acide shikimique**, qui constitue la matière première pour la fabrication du vaccin nommé Tamiflu[®], utilisé contre les différentes grippes (humaines, aviaires et porcines).

Les risques récents de pandémie grippale ont amené les laboratoires pharmaceutiques à produire le Tamiflu[®] en grandes quantités. Dans ce contexte la demande en badiane chinoise a fortement augmenté, entraînant un surcoût non seulement à l'achat, mais aussi lors du traitement consistant à en extraire l'anéthol.

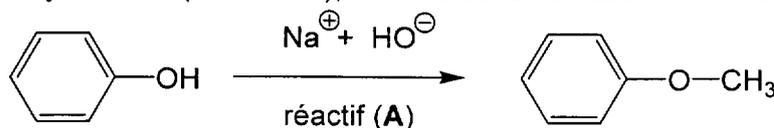
Par conséquent il est devenu intéressant de produire la molécule par une voie de synthèse chimique qui fait l'objet de l'étude proposée dans cet exercice.

La formule semi-développée de cette molécule est donnée ci-dessous :



1 - Première étape

L'action d'un réactif noté (A) sur le phénol Ph-OH, en présence d'hydroxyde de sodium, conduit à la formation de méthoxybenzène (ou anisole), selon le schéma réactionnel ci-dessous :



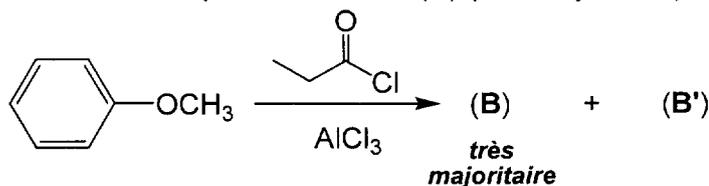
1-1 - Proposer un réactif (A) qui permet de réaliser cette réaction.

1-2 - Préciser le type de réaction mise en jeu.

2 - Deuxième étape

Le méthoxybenzène précédemment obtenu est placé en présence du réactif de formule $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-COCl}$ et de chlorure d'aluminium AlCl_3 , selon le schéma réactionnel donné ci-dessous.

On observe la formation de deux composés isomères (**B**) (très majoritaire) et (**B'**).



2-1 - Nommer le réactif $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-COCl}$ en utilisant les règles de nomenclature officielle.

2-2 - Donner les formules semi-développées du produit majoritaire (**B**) et du produit minoritaire (**B'**) obtenus lors de cette réaction.

2-3 - Expliciter la régiosélectivité de la réaction.

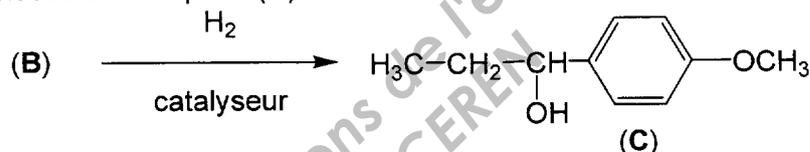
2-4 - Écrire l'équation de la réaction conduisant de l'anisole au produit majoritaire (**B**).

2-5 - Indiquer le rôle du chlorure d'aluminium AlCl_3 dans cette réaction.

2-6 - Donner le nom de cette réaction.

3 - Troisième étape

La molécule (**B**) est soumise à l'action de dihydrogène gazeux en présence d'un catalyseur métallique pour conduire au composé (**C**) selon le schéma réactionnel donné ci-dessous :



3-1 - Préciser le type de réaction mise en jeu en choisissant un ou plusieurs noms adaptés à la transformation de (**B**) en (**C**) parmi les noms suivants : addition, substitution, élimination, hydrogénation, déshydrogénation, oxydation, réduction.

3-2 - Recopier la molécule (**C**) et indiquer, en les entourant, les fonctions organiques présentes dans cette molécule. Préciser leur classe éventuellement.

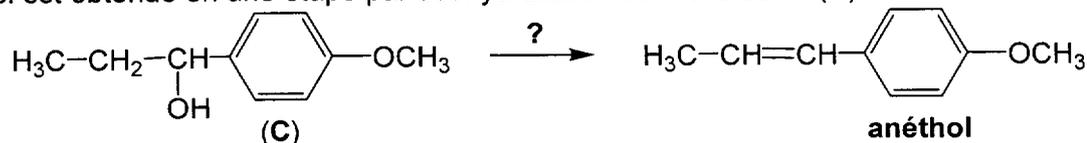
3-3 - En raison de la présence d'un atome de carbone asymétrique dans la molécule (**C**), cette dernière est obtenue sous forme d'un mélange racémique.

3-3-1 - Donner la définition d'un mélange racémique.

3-3-2 - Représenter le stéréoisomère de configuration (*R*) en explicitant les règles suivies.
Pour simplifier, on pourra noter « Ar » le groupe comportant le noyau benzénique.

4 - Quatrième étape

L'anéthol est obtenue en une étape par déshydratation de la molécule (**C**) :



4-1 - Préciser dans quelles conditions opératoires cette réaction peut être effectuée.

4-2 - L'anéthol présente une stéréoisomérisation.

4-2-1 - Indiquer la nature de cette stéréoisomérisation.

4-2-2 - Représenter les deux stéréoisomères de l'anéthol en précisant la configuration de la double liaison dans chaque isomère.

BTS BIOANALYSES ET CONTRÔLES		Session 2011
Nom de l'épreuve : Sciences physiques et chimiques	Code : BAE2PC	Page : 7/7