



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.**

Campagne 2012

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

CHIMISTE

PHYSIQUE

SESSION 2012

Durée : 2 heures

Coefficient : 3

Matériel autorisé :

Sont autorisées 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'imprimantes.

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.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Le sujet comporte 6 pages, numérotées de 1/6 à 6/6.

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR CHIMISTE		Session 2012
PHYSIQUE	Code Sujet : CH-PHY-P12	Page 1 sur 6

Données :

Constante d'Avogadro : $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Intensité du champ de pesanteur terrestre : $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$.

Exercice 1 : Détermination d'un rapport isotopique par spectrométrie de masse

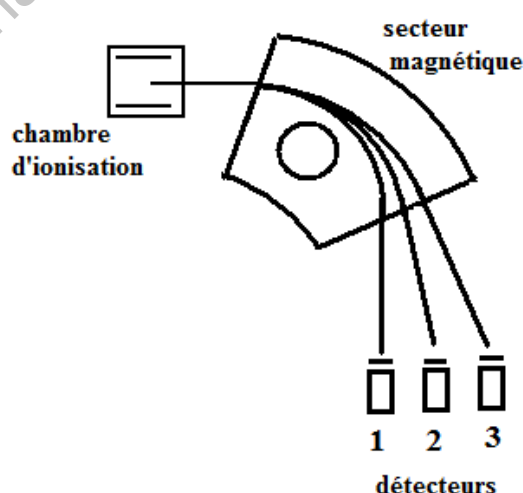
Les deux isotopes principaux du carbone naturel sont les isotopes ^{12}C et ^{13}C .
Les trois isotopes principaux de l'oxygène naturel sont les isotopes ^{16}O , ^{18}O et ^{17}O .
Les proportions de chacun de ces isotopes dans les plantes peuvent varier en fonction de la famille à laquelle elles appartiennent et, légèrement, en fonction des sols et du climat. Après fermentation des sucres des plantes, ces proportions se retrouvent dans l'éthanol composant une boisson spiritueuse et sont caractéristiques du produit. Elles sont déterminées par SMRI (Spectrométrie de Masse de Rapport Isotopique) afin de contrôler d'éventuelles fraudes lors de l'élaboration des produits ou de leur commercialisation (vérification du terroir par exemple).

L'éthanol obtenu après distillation d'une boisson alcoolisée à analyser est introduit dans un appareillage de combustion capable de convertir quantitativement l'éthanol en dioxyde de carbone et d'éliminer tous les autres produits de combustion, y compris l'eau, sans aucune modification de rapport isotopique.

Le dioxyde de carbone obtenu est injecté dans une chambre d'ionisation où il est transformé en ions positifs CO_2^+ . Ces ions pénètrent ensuite dans un secteur où règne un champ magnétique uniforme. Ils ont tous le même vecteur vitesse \vec{v}_e à l'entrée du secteur, et ce vecteur est perpendiculaire au vecteur champ magnétique. Le vecteur champ magnétique est perpendiculaire au **schéma 1** ci-après.

À la sortie du secteur magnétique, les ions sont collectés par différents détecteurs.

Schéma 1



BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR CHIMISTE		Session 2012
PHYSIQUE	Code Sujet : CH-PHY-P12	Page 2 sur 6

Étude du secteur magnétique.

1.1. Donner l'expression de la force magnétique \vec{F} qui s'exerce sur une particule de charge q , de masse m , se déplaçant à une vitesse \vec{v} dans un champ magnétique \vec{B} .

1.2. Déterminer le sens de \vec{B} pour que les ions CO_2^+ puissent atteindre les détecteurs comme représenté sur le **schéma 1**. Justifier.

1.3. Définir le terme « uniforme » de « champ magnétique uniforme ».

1.4. Décrire un dispositif qui permet de produire un champ magnétique uniforme.

1.5. Les effets de la pesanteur sont considérés comme négligeables.

1.5.1. Montrer que la valeur de la vitesse des ions dans le secteur magnétique est constante.

1.5.2. Montrer que, dans le secteur magnétique, le mouvement des ions est circulaire, de rayon ρ tel que:

$$\rho = \frac{mv}{qB}$$

1.6. On souhaite détecter les ions $^{12}\text{C}^{16}\text{O}_2^+$, $^{13}\text{C}^{16}\text{O}_2^+$, $^{12}\text{C}^{17}\text{O}^{16}\text{O}^+$, et $^{12}\text{C}^{16}\text{O}^{18}\text{O}^+$. Les autres ions possibles sont en proportions négligeables.

1.6.1. Qu'appelle-t-on des « isotopes » ?

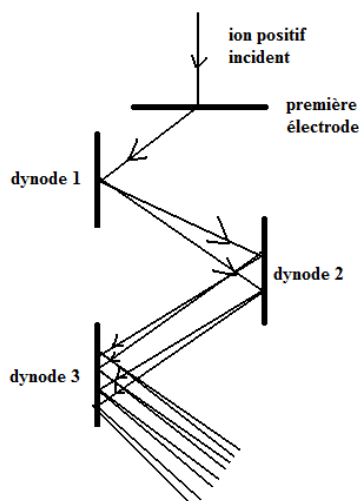
1.6.2. Calculer la masse molaire de chacun de ces ions et montrer que trois détecteurs suffisent pour les collecter.

1.6.3. Attribuer à chaque détecteur (numéroté 1,2 ou 3 sur le schéma 1) l'(les) ion(s) qu'il recueille. Justifier.

2. Étude des détecteurs.

Ils sont constitués d'une première électrode qui, lorsqu'elle est frappée par un ion positif, émet un électron. Celui-ci est ensuite attiré par une deuxième électrode appelée dynode qui, lorsqu'elle est frappée par un électron incident, émet n électrons secondaires. Chacun de ces électrons provoque le même phénomène sur une deuxième dynode et ainsi de suite sur au total 12 dynodes montées en cascade comme l'illustre le schéma 2.

Schéma 2



BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR CHIMISTE		Session 2012
PHYSIQUE	Code Sujet : CH-PHY-P12	Page 3 sur 6

2.1. Exprimer le nombre d'électrons émis par la douzième dynode pour un ion incident sur la première électrode.

2.2. Ce nombre appelé rapport d'amplification vaut 10^5 . En déduire la valeur du nombre n d'électrons secondaires émis à chaque dynode (il s'agit d'une valeur moyenne).

3. Analyse d'un brandy brésilien.

Les charges générées par chacun des détecteurs permettent de calculer les nombres d'atomes ^{13}C et ^{12}C reçus pendant un intervalle de temps donné par l'ensemble des détecteurs.

On caractérise ensuite la composition isotopique en exprimant un écart relatif δ (appelé « déviation ») par rapport à un échantillon de référence :

$$\delta = \frac{R - R_{\text{ref}}}{R_{\text{ref}}} \times 1000 \quad \text{avec } R = \frac{\text{nombre de } ^{13}\text{C}}{\text{nombre de } ^{12}\text{C}}$$

Les techniques isotopiques se sont développées dans le contrôle des marchandises comme les boissons spiritueuses afin de vérifier qu'elles sont bien fabriquées à partir de la plante correspondant à leur appellation.

En effet, comme le montre le tableau ci-après, la déviation δ en carbone ^{13}C permet de faire cette distinction.

Plante	Appellation	Déviation isotopique en carbone ^{13}C
Canne à sucre	rhum	$-12 < \delta^{13}\text{C} < -10$
Vigne (raisin)	brandy	$-25 < \delta^{13}\text{C} < -28$

Pour une boisson importée du Brésil vendue sous l'appellation « brandy », on trouve les résultats suivants :

	Nombre de ^{13}C détectés	Nombre de ^{12}C détectés
Echantillon de référence	125	11124
Boisson analysée	166	15048

Calculer la déviation δ pour cette boisson importée du Brésil. Contient-elle uniquement de l'alcool de raisins ?

Exercice 2 : Caractérisation d'un vin par sa tension superficielle : différentes méthodes de mesures

La tension superficielle d'un vin est à l'origine des « larmes » que l'on observe lorsqu'on le fait tourner dans un verre. Une forte corrélation existe entre la tension superficielle et le degré alcoolique.

On rappelle que la tension superficielle γ peut être définie comme la variation d'énergie libre par unité de surface, soit à température constante :

$$\gamma = \frac{\delta W}{dS} = \frac{dF}{dl}$$

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR CHIMISTE		Session 2012
PHYSIQUE	Code Sujet : CH-PHY-P12	Page 4 sur 6

où δW est le travail à fournir pour augmenter la surface S d'une interface de dS , et dF la force de cohésion qui s'exerce par unité de longueur dl .

On considèrera des liquides parfaitement mouillants.

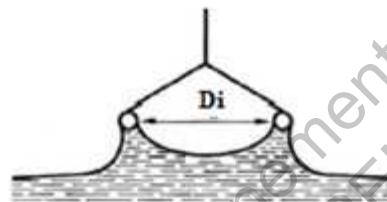
D'où l'expression de la force due aux phénomènes de tension interfaciale (force de surface, de capillarité...):

$$F = L \times \gamma, L \text{ étant la longueur de la ligne de contact interfacial.}$$

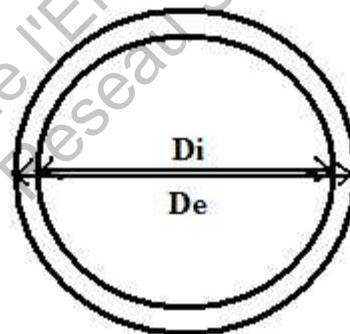
1. Mesure de la tension superficielle avec un tensiomètre à anneau de Du Noüy. Un tensiomètre permet de mesurer la force qu'exerce un fil de traction juste avant l'arrachement d'un anneau plongé dans le liquide dont on veut mesurer la tension superficielle.

L'anneau en platine suspendu au fil a un diamètre intérieur $D_i = 58,0$ mm et un diamètre extérieur $D_e = 58,5$ mm comme le montre le schéma 3. La masse de l'anneau est $m = 6,78$ g.

Schéma 3



Vue de dessus :



1.1. Exprimer la longueur L de la ligne de contact interfacial anneau/liquide/air en fonction de D_i et D_e .

1.2. Le liquide étant parfaitement mouillant, exprimer la force F de tension superficielle qui s'exerce sur l'anneau en fonction de D_i , D_e et γ . Donner les caractéristiques de la force. Justifier son sens.

1.3. Lorsqu'on est à la limite de l'arrachement, la poussée d'Archimède est négligeable. En déduire l'expression de la force de traction du fil T en fonction de la force de tension superficielle F et du poids P de l'anneau.

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR CHIMISTE		Session 2012
PHYSIQUE	Code Sujet : CH-PHY-P12	Page 5 sur 6

1.4. Vérifier que :

$$\gamma = \frac{T - mg}{\pi(D_i + D_e)}$$

1.5. Application numérique : l'appareil indique une valeur $T = 82,6$ mN lorsqu'on réalise la mesure sur un vin. Calculer la tension superficielle γ_v de ce vin.

2. Mesure de la tension superficielle avec un capillaire.

L'appareil précédent est un instrument de laboratoire coûteux. On peut réaliser la mesure de la même grandeur avec un système beaucoup plus simple.

Dans un capillaire (tube très fin), Jurin observa qu'un liquide mouillant remonte le long du tube d'une hauteur h d'autant plus grande que le rayon interne r du tube est petit (voir schéma 4 ci-dessous).

2.1. Exprimer la longueur L de la ligne de contact interfacial air/liquide/tube en haut de la colonne de liquide en fonction de r .

2.2. Exprimer la force F de tension interfaciale, dite ici de capillarité, qui s'exerce sur la colonne de liquide ascendante, en fonction de r et γ (tension superficielle). Donner les caractéristiques de cette force. Justifier son sens.

2.3. Exprimer le poids P de la colonne de liquide ascendante en fonction de la masse volumique ρ du liquide, du rayon interne r du capillaire, de la hauteur h d'ascension capillaire et de l'intensité du champ de pesanteur terrestre g .

2.4. À partir de la condition d'équilibre de la colonne, montrer que la tension superficielle γ s'exprime par :

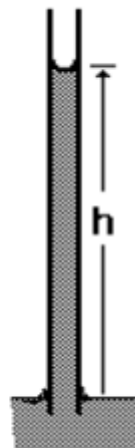
$$\gamma = \frac{\rho g h r}{2}$$

2.5. Vérifier l'homogénéité de la relation donnée dans la question 2.4.

2.6. Pour de l'eau pure à 20°C , de masse volumique $\rho_e = 0,998$ g.cm⁻³ et de tension superficielle $\gamma_e = 72,8$ mN.m⁻¹, on a mesuré une ascension capillaire de $h_e = 38,5$ mm. Déterminer le rayon interne r du capillaire.

2.7. Pour un vin à 20°C de masse volumique $\rho_v = 0,997$ g.cm⁻³, on a mesuré une ascension capillaire de $h_v = 23,0$ mm. Déterminer la tension superficielle γ_v de ce vin.

Schéma 4



BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR CHIMISTE		Session 2012
PHYSIQUE	Code Sujet : CH-PHY-P12	Page 6 sur 6