



**LE RÉSEAU DE CRÉATION  
ET D'ACCOMPAGNEMENT PÉDAGOGIQUES**

**Ce document a été mis en ligne par le Canopé de l'académie de Bordeaux  
pour la Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel.**

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

**BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR**  
**QUALITÉ DANS LES INDUSTRIES ALIMENTAIRES**  
**ET LES BIO-INDUSTRIES**

**U.22 – SCIENCES PHYSIQUES**

**SESSION 2014**

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 du 16 novembre 1999).

**Document à rendre avec la copie : Document réponse page 9/9**

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.  
Le sujet se compose de 9 pages, numérotées de 1/9 à 9/9.

BTS Qualité dans les industries alimentaires et les bio-industries	Session 2014
U.22 : Sciences physiques	Code : QAPHY
	Page : 1/9

« L'eau n'est pas nécessaire à la vie, elle est la vie. »  
**Antoine de Saint-Exupéry** (1900-1944), écrivain et aviateur français

## **EXERCICE 1 : Titre alcalimétrique (6 points)**

### **Les eaux minérales**

Une eau minérale renferme généralement des ions sodium  $\text{Na}^+_{(\text{aq})}$ , potassium  $\text{K}^+_{(\text{aq})}$ , magnésium  $\text{Mg}^{2+}_{(\text{aq})}$ , calcium  $\text{Ca}^{2+}_{(\text{aq})}$ , chlorure  $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$ , sulfate  $\text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$  et hydrogénocarbonate  $\text{HCO}_3^-_{(\text{aq})}$ .

La teneur en ions **hydrogénocarbonate**  $\text{HCO}_3^-_{(\text{aq})}$  (anciennement appelés bicarbonate) des eaux minérales est variable mais ces ions sont toujours présents. Ce sont les principaux ions responsables de l'**alcalinité** des eaux d'alimentation.

Les ions hydrogénocarbonate peuvent être utilisés en médecine sous forme de solution injectable de « bicarbonate de sodium », ou hydrogénocarbonate de sodium, pour traiter les acidoses métaboliques (diminution du pH du sang, due notamment à une insuffisance rénale) ou les hyperkaliémies (perturbations biologiques et parfois cliniques dues aux modifications de l'équilibre potassique).

### **Définitions :**

Les ions hydrogénocarbonate sont des ampholytes. On utilise leurs propriétés basiques pour les doser dans les eaux minérales.

L'alcalinité d'une eau est mesurée par dosage avec l'acide chlorhydrique :

- **Le titre alcalimétrique (TA)** est égal au volume (exprimé en mL) d'acide chlorhydrique ( $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$ ), de concentration molaire  $2,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , nécessaire pour doser 100 mL d'eau en présence de phénolphthaléine.
- **Le titre alcalimétrique complet (TAC)** est égal au volume (en mL) de ce même acide, nécessaire pour doser 100 mL d'eau en présence de vert de bromocrésol.

### **1. Détermination d'un titre alcalimétrique (TA)**

#### **Données :**

Couples et  $\text{pK}_A$ :

$(\text{H}_2\text{CO}_3 / \text{HCO}_3^-)$  :  $\text{pK}_1 = 6,4$  et  $(\text{HCO}_3^- / \text{CO}_3^{2-})$  :  $\text{pK}_2 = 10,3$

Zone de pH correspondant aux virages de quelques indicateurs colorés :

Phénolphthaléine	:	incolore	8,2 - 9,9	rose
Bleu de bromothymol	:	jaune	6,0 - 7,6	bleu
Vert de bromocrésol	:	jaune	3,8 - 5,4	bleu
Hélianthine	:	rouge	3,1 - 4,4	jaune

1.1 Donner la définition d'une espèce ampholyte.

1.2 Indiquer, sur un axe gradué en pH, les domaines de prédominance des espèces suivantes :  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{HCO}_3^-$  et  $\text{CO}_3^{2-}$ .

1.3 On mesure le pH d'une eau minérale et on trouve la valeur  $\text{pH} = 7,4$ .

1.3.1 Préciser la forme prédominante entre  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{HCO}_3^-$  et  $\text{CO}_3^{2-}$  à ce pH.

1.3.2 On verse quelques gouttes de phénolphtaléine dans la solution ; indiquer la teinte prise par l'indicateur coloré.

1.3.3 Expliquer pourquoi le TA de cette eau minérale est nul.

## 2. Détermination d'un titre alcalimétrique complet (TAC)

**Donnée :** Masse molaire de l'ion hydrogénocarbonate  $\text{HCO}_3^-$  :  $M(\text{HCO}_3^-) = 61,0 \text{ g.mol}^{-1}$ .

Vous êtes technicien dans un organisme de contrôle. Vous devez fournir le TAC d'eaux minérales à partir d'échantillons prélevés sur des produits commerciaux ainsi que la concentration massique ( $C_m$ ) en ions hydrogénocarbonate.

Un opérateur devant réaliser le dosage des échantillons s'adresse à vous pour vérifier le protocole à suivre et le remplissage de la feuille de résultats. Vous devez répondre aux questions de l'opérateur.

### L'opérateur :

« – Nous disposons du protocole suivant :

- Introduire le volume dosé :  $V_0 = 50,0 \text{ mL}$  d'eau à analyser dans un erlenmeyer avec quelques gouttes de vert de bromocrésol.
- Introduire la solution d'acide chlorhydrique de concentration  $C_{ac} = 2,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$  dans la burette.
- Faire couler la solution d'acide chlorhydrique jusqu'à la teinte sensible de l'indicateur. On note  $V_E$  le volume de chute de burette correspondant.

– J'ai trouvé dans le laboratoire le matériel suivant :

- Burettes graduées : uniquement 25 ml.
- Eprovettes graduées : 50 mL et 100 mL
- Fioles jaugées : 50 mL ; 100 mL et 250 mL.
- Pipettes jaugées : 10 ; 20 ; 25 et 50 mL
- Pipettes graduées : 5 mL ; 10 mL et 20 mL.

– Quel est le matériel dois-je utiliser pour mesurer le volume  $V_0$  ?

– Quelle réaction se produira lors du dosage ? »

2.1. Répondre aux deux questions posées par l'opérateur.

2.2 Le lendemain vous recevez le mél suivant :

BTS Qualité dans les industries alimentaires et les bio-industries	Session 2014
U.22 : Sciences physiques	Code : QAPHY Page : 3/9

De : superop@soccontrol.fr  
 Envoyé : mercredi 16 mai 2014 11:28  
 À : hypertechnik@soccontrol.fr  
 Objet : TAC eau minérale

Bonjour,  
 J'ai fait deux dosages en utilisant une solution d'acide chlorhydrique à  $2,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ .  
 Les résultats de ces dosages sont dans le fichier attaché. J'ai porté dans les cellules « H9 » et « H10 » les valeurs des volumes équivalents «  $V_E$  » pour ces deux dosages. Ce fichier contient aussi le nom de la société cliente, la référence client, le numéro de lot client, la date de réception, la référence et la date des analyses.

Je vous joins ce fichier car la concentration massique que j'ai trouvée, notée  $C_m$ , est très différente de celle de l'étiquette. J'ai certainement fait une erreur dans le calcul de  $C_m$ .

De plus, j'ai épuisé la solution d'acide chlorhydrique à  $2,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ , mais je dispose d'une solution d'acide chlorhydrique plus concentrée, de concentration  $1,00 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ .

**Comment faire pour préparer la solution titrante de concentration  $C_{ac}=2,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$  ?**

Cordialement,  
 Superop

Une copie d'écran du fichier joint est présentée ci-dessous (réalisé sous excel@microsoft)

Analyse d'une eau minérale										
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1										
2										
3			Volume dosé (ml) :	50						
4			M ( $\text{HCO}_3^-$ ) ( $\text{g.mol}^{-1}$ ):	61						
5			Concentration Solution Titrante ( $\text{mol.L}^{-1}$ )	0,02						
6										
7	PRODUIT			ANALYSE			RESULTAT			
8	Client	ref	N° Lot	Date Récep.	Ref Analyse	Date	$V_E$ (mL)	TAC	$C_m$ ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	Date exp.
9	Volvia	EAUP63122	SP180609C10H10	10/05/2014	EAUP2801	12/05/2014	16.6	33.2	20	
10	Cristalepar	EAUC63130	SP250609B13H21	11/05/2014	EAUC2901	12/05/2014	15.7	31.4	19	
11										
12										

2.2.1. Dans le cas présent, justifier que le TAC (en mL) est égal à deux fois  $V_E$  (en mL).

2.2.2. Etablir l'expression littérale de la concentration massique  $C_m$  en ions hydrogénocarbonate. En déduire, parmi les formules proposées ci-dessous, celle qu'il faut introduire dans la cellule « J9 » du tableur pour corriger l'erreur de l'opérateur.

Réponse	A	B	C	D
Formule	$=H9*E5*E4/E3$	$=H9*E5*E4*1000/E3$	$=E5*E3*E4*1000/H9$	$=E3*E5*E4/H9$

2.2.3. Rédiger un mél de réponse au préparateur concernant la question posée dans son message. La réponse sera rédigée dans un langage soigné en utilisant un vocabulaire scientifique précis et en détaillant le protocole à suivre.

BTS Qualité dans les industries alimentaires et les bio-industries	Session 2014
U.22 : Sciences physiques	Code : QAPHY Page : 4/9

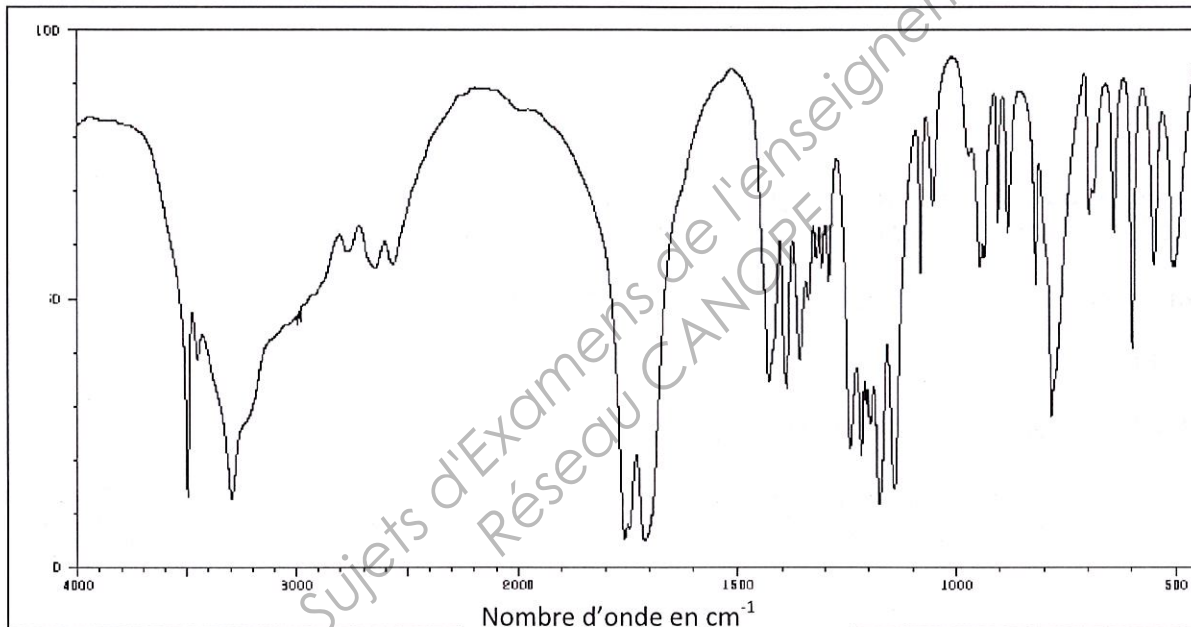
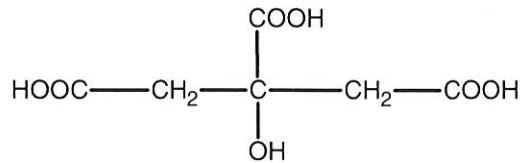
## EXERCICE 2 : Une eau minérale... très naturelle ! (9 points)

Ci-contre les indications d'une étiquette d'une eau minérale aromatisée :

Eau aromatisée fraise 1,50 L - 1,5l - Composition :  
 Eau minérale naturelle 99,7% - acidifiant : acide citrique -  
 conservateurs : sorbate de potassium, dicarbonate de  
 diméthyle - arôme - édulcorants : aspartame, acésulfame  
 de potassium. Contient une source de phénylalanine.  
 soit 0,60 € Le litre



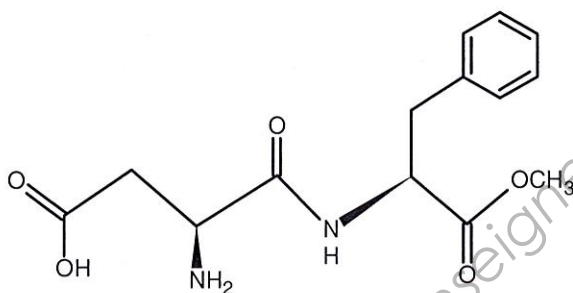
On donne ci-dessous la formule semi-développée de la molécule d'acide citrique ainsi que son spectre infrarouge et un tableau des nombres d'onde caractéristiques :



Liaison	Gamme de nombre d'onde (cm <sup>-1</sup> )	Forme de la bande	Type de bandes				
			Intense	Moyenne	Faible	Large	Fine
O-H alcool libre*	3 590-3 650	Moyenne et fine					
O-H alcool lié**	3 200-3 600	Intense/moyenne et large					
N-H amine	3 300-3 500	Moyenne					
N-H amide	3 100-3 500	Intense					
C-H alcène et aromatique	3 030-3 100	Moyenne					
C-H alcane	2 850-2 970	Moyenne					
C-H aldéhyde	2 700-2 900	Moyenne					
O-H acide carboxylique	2 500-3 200	Intense et large					
C=O ester	1 735-1 750	Intense					
C=O aldéhyde et cétone	1 700-1 740	Intense					
C=O acide carboxylique	1 700-1 725	Intense					
C=O amide	1 650-1 700	Intense					
C=C alcène	1 620-1 690	Moyenne					
C=C aromatique	1 450-1 600	Moyenne					
N-H amine ou amide	1 560-1 640	Moyenne					
C-O-C	1 050-1 300	Intense					

\* En absence de liaison hydrogène    \*\* En présence de liaison hydrogène

1. Nommer la grandeur portée sur l'axe des ordonnées d'un spectre infrarouge.
2. Préciser le phénomène physique qui est à l'origine de l'absorption d'énergie par la molécule, dans le domaine infrarouge.
3. Ecrire la formule développée de l'acide citrique. Entourer les groupes d'atomes à l'origine des deux bandes d'absorption autour de  $1750\text{ cm}^{-1}$ .
4. Sur le spectre infrarouge, deux bandes d'absorption se superposent : l'une est située entre  $2500$  et  $3200\text{ cm}^{-1}$  (bande A), l'autre entre  $3000$  et  $3500$  (bande B). Identifier, sur la formule développée de l'acide citrique, le(s) groupe(s) d'atomes responsable(s) de la bande A et de la bande B.
5. On donne la formule semi-développée de l'aspartame :



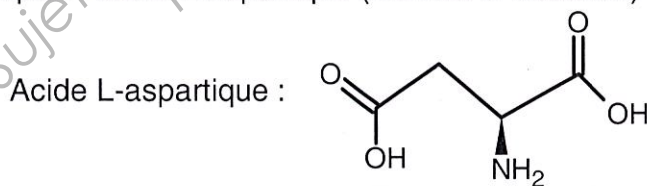
5.1 Sur le **Document réponse page 9/9 (à rendre avec la copie)**, identifier clairement les fonctions acide carboxylique et ester ainsi que la liaison peptidique.

5.2 Par hydrolyse acide on obtient trois produits, dont du méthanol.

5.2.1 Ecrire la formule du méthanol.

5.2.2 Nommer la fonction chimique qui par hydrolyse fournit cet alcool.

5.2.3 Les deux autres produits sont des acides  $\alpha$ -aminés issus de l'hydrolyse acide de la liaison peptidique : l'acide L-aspartique (formule ci-dessous) et la L-phénylalanine.



Par déduction retrouver la formule de la phénylalanine.

5.2.4 Expliquer la phrase « *contient une source de phénylalanine* » mentionnée sur l'étiquette.

**Données** : *pH* de l'estomac : entre 1,5 et 5 ; *pH* de l'eau minérale étudiée : 6,8.

5.3 Ecrire la représentation de Fisher de l'acide L-aspartique. En déduire sa configuration absolue R ou S. Justifier clairement en classant les groupements selon les règles de priorité de Cahn, Ingold et Prelog.

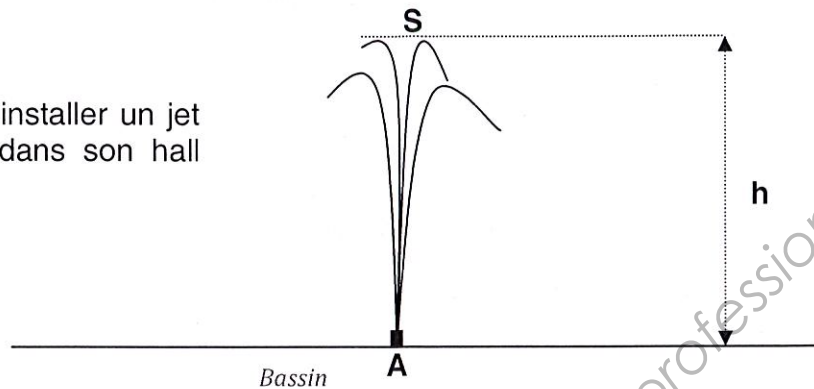
Ecrire une représentation en perspective de type CRAM de l'acide L-aspartique.

**Données** : Numéros atomiques :  $Z(H) = 1$  ;  $Z(C) = 6$  ;  $Z(N) = 7$  ;  $Z(O) = 8$

BTS Qualité dans les industries alimentaires et les bio-industries	Session 2014
U.22 : Sciences physiques	Code : QAPHY Page : 6/9

### EXERCICE 3 : Etude d'un jet d'eau (5 points)

Une station thermale souhaite installer un jet d'eau au centre d'un bassin dans son hall d'accueil.



Pour cela, un groupe de pompes installé sur une conduite aspire de l'eau et la projette verticalement à l'air libre au point A, situé à la même altitude que la surface libre du bassin. L'eau s'élève à une hauteur  $h = 10,0$  m au-dessus de la surface libre du bassin.

En A, le diamètre du jet est  $d = 45$  mm.

Dans l'exercice, on négligera les frottements de l'eau avec l'air.

#### Données :

Pression atmosphérique :  $p_{atm} = 1,013 \cdot 10^5$  Pa

Intensité du champ de pesanteur terrestre :  $g = 9,81$  m.s<sup>-2</sup>

Masse volumique de l'eau :  $\rho = 1000$  kg.m<sup>-3</sup>

#### **1. Théorème de Bernoulli**

On donne l'expression du théorème de Bernoulli appliqué au fluide parfait incompressible en régime permanent :

$$\frac{\rho v^2}{2} + \rho g z + p = cste$$

Donner le sens physique des termes du membre de gauche de cette relation et préciser leur unité.

#### **2. Détermination de la vitesse de l'eau en A**

On considère que le point A, correspondant à la base du jet, est soumis à la pression atmosphérique.

En appliquant le théorème de Bernoulli entre A et le sommet S du jet, montrer que la vitesse à la base du jet a pour valeur  $v_A = 14,0$  m.s<sup>-1</sup>.

#### **3. Détermination du débit du jet**

Ecrire la relation entre débit volumique, vitesse et section du jet. En déduire la valeur du débit volumique en A, noté  $D_A$ .

BTS Qualité dans les industries alimentaires et les bio-industries	Session 2014
U.22 : Sciences physiques	Code : QAPHY Page : 7/9



#### 4. Détermination du rendement

4.1 Le rendement hydraulique peut être défini comme le rapport entre la hauteur atteinte et la hauteur théorique du jet. Il vaut 90 %.

Calculer la hauteur théorique du jet.

4.2 La puissance hydraulique vaut  $P_{\text{hydrau}} = 81,5$  kW et la puissance consommée par le groupe de pompes est :  $P_{\text{pompes}} = 102,0$  kW.

Déterminer le rendement des pompes.

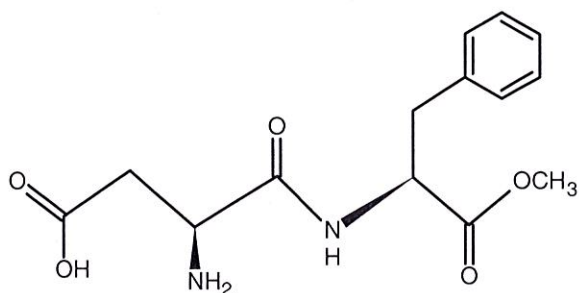
4.3 En déduire le rendement global.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel  
Réseau CANOPE

**Document réponse (à rendre avec la copie)**

**EXERCICE 2**

5.1 Formule semi-développée de l'aspartame :



Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel  
Réseau CANOPE

BTS Qualité dans les industries alimentaires et les bio-industries	Session 2014
U.22 : Sciences physiques	Code : QAPHY Page : 9/9