



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 BIOANALYSES ET CONTRÔLES

## ÉPREUVE DE SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES

### SESSION 2012

\_\_\_\_\_  
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 2012
Nom de l'épreuve : Sciences physiques et chimiques	Code : BAE2PC	Page : 1/7

## **A : SPECTROPHOTOMÉTRIE (15 points)**

Le rouge Ponceau 4R, appelé également rouge cochenille A ou coccine nouvelle est le colorant alimentaire de code européen E124. Son usage est toujours répandu, notamment en pâtisserie pour la fabrication des macarons. Très soluble dans l'eau, il peut être dosé en solution aqueuse par spectrophotométrie.

Comme les autres colorants azoïques (colorants synthétiques produits par diazotation), le rouge Ponceau est soupçonné depuis les années 1970 d'augmenter les risques d'hyperactivité chez les enfants.

Une étude publiée en 2007 a provoqué une évolution de la législation, même si ses conclusions sont controversées : depuis le 20 juillet 2010, les fabricants sont tenus d'indiquer au consommateur qu'un tel colorant « peut avoir des effets indésirables sur l'activité et l'attention chez les enfants ».

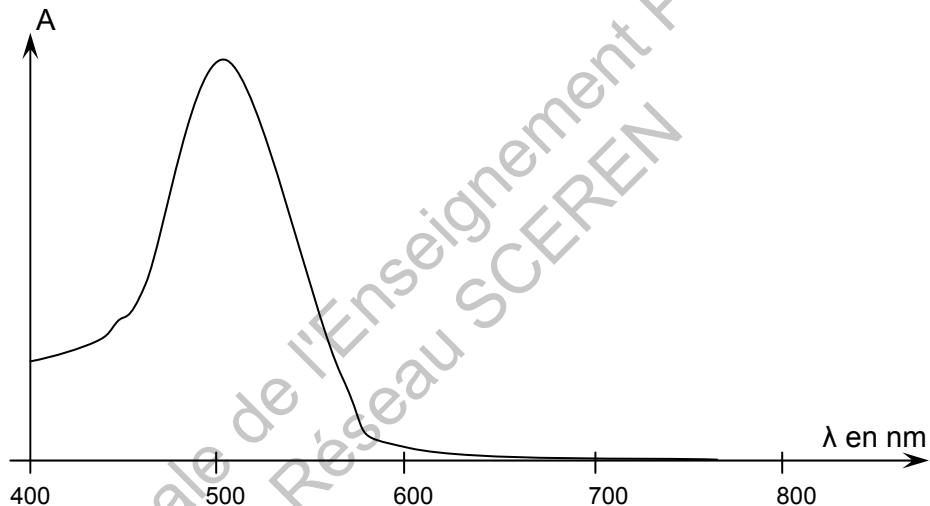
Les industriels et les artisans cherchent d'autres espèces chimiques qui pourraient remplacer ces colorants azoïques.

L'exercice a pour but de déterminer la teneur d'un macaron en rouge Ponceau afin de vérifier s'il est conforme à la législation en vigueur.

### **1 - Spectre d'absorption du rouge Ponceau**

Le spectrophotomètre est un appareil de mesure permettant de relever l'absorbance  $A$  d'une solution homogène colorée. Il utilise une source polychromatique permettant de mesurer, pour différentes longueurs d'onde  $\lambda$ , la valeur de l'absorbance  $A$  de la solution étudiée.

L'étude d'une solution de rouge de ponceau permet d'obtenir le spectre d'absorption représenté ci-dessous.



- 1-1** - Le spectrophotomètre utilise une source de lumière polychromatique. Comment appelle-t-on la partie de cet appareil permettant de sélectionner la longueur d'onde  $\lambda$  qui traverse ensuite la cuve d'échantillon ?
- 1-2** - Quel élément de cet appareil permet de réaliser la dispersion de la lumière en radiations monochromatiques ?
- 1-3** - En utilisant le spectre donné ci-dessus, quelles sont les couleurs absorbées par la solution de rouge de Ponceau ? Justifier alors la couleur de la solution de ce colorant éclairé en lumière blanche.
- 1-4** - Pour doser par spectrophotométrie le rouge de Ponceau, on fixe la longueur d'onde d'étude à la valeur  $\lambda = 507$  nm, correspondant au maximum d'absorbance. Pourquoi doit-on choisir cette longueur d'onde ?

### **2 - Loi de Beer-Lambert**

- 2-1** - Écrire l'expression littérale de la relation traduisant cette loi et expliciter chaque grandeur.
- 2-2** - Indiquer pour chaque grandeur l'unité du système international.

BTS BIOANALYSES ET CONTRÔLES		Session 2012
Nom de l'épreuve : Sciences physiques et chimiques	Code : BAE2PC	Page : 2/7

**2-3** - Cette loi exprime une proportionnalité. Dans quelle gamme d'absorbance doit-on travailler ?  
Expliciter.

### **3 - Dosage spectrophotométrique du rouge Ponceau contenu dans un macaron**

Un macaron est lyophilisé puis réduit en poudre dans un mortier. Après solvatation et filtration sur Büchner on obtient 25 mL de filtrat. On considère que la totalité du rouge Ponceau du macaron est bien récupérée dans cette solution aqueuse.

On remplit avec ce filtrat une cuve de longueur  $L = 1,0$  cm et on mesure son absorbance  $A = 0,94$ . Cette valeur appartient au domaine de linéarité.

**3-1** - Donner l'expression littérale de la concentration molaire  $C$  en rouge Ponceau dans le filtrat. Calculer sa valeur numérique. Le coefficient d'absorption linéique molaire a pour valeur  $\epsilon_\lambda = 2,5 \cdot 10^3 \text{ m}^2 \text{ mol}^{-1}$ .

**3-2** - Montrer que la concentration massique en rouge ponceau dans le filtrat vaut :  $c = 23 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ .  
Masse molaire du rouge Ponceau :  $M = 604 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

**3-3** - Déterminer la masse du rouge Ponceau dans la totalité du filtrat.

**3-4** - La législation impose de ne pas dépasser 50 mg par kilogramme d'aliment. Le macaron a une masse de  $m = 15$  g : la réglementation est-elle respectée dans ce cas ?

### **B : MICROSCOPE (15 points)**

« L'invention du microscope à la fin du XVII<sup>e</sup> siècle ouvrit la voie à l'exploration de la structure des organismes vivants à une échelle inaccessible à l'œil nu.[...]. Il fallut attendre le début du XIX<sup>e</sup> siècle et le perfectionnement de l'optique des microscopes pour que l'accumulation des observations faites forme la base d'une théorie unificatrice : la théorie cellulaire ».

*D'après Michel Serres et Nayla Farouki, Dictionnaire des sciences, Flammarion.*

Une des menaces pour la santé mondiale est l'apparition de souches de bactéries résistantes aux traitements, comme l'a montré la contamination entérohémorragique par Escherichia coli qui, partie d'Allemagne, a causé plusieurs dizaines de victimes à travers toute l'Europe au printemps 2011.

On se propose ici d'étudier le microscope dont les caractéristiques techniques sont données ci-dessous et de prévoir s'il est utilisable pour observer la bactérie Escherichia coli que l'on notera E. coli.

#### **Notations :**

Objectif et oculaire sont modélisés par deux lentilles minces, respectivement  $L_1$  et  $L_2$ , de centres optiques  $O_1$  et  $O_2$ .

Les distances focales de l'objectif et de l'oculaire sont respectivement :  $f'_1 = \overline{O_1F'_1}$  et  $f'_2 = \overline{O_2F'_2}$ .

L'intervalle optique entre les deux lentilles, noté  $\Delta$ , est la distance qui sépare le foyer image  $F'_1$  de l'objectif du foyer objet  $F_2$  de l'oculaire :  $\Delta = \overline{F'_1F_2}$ .

L'angle sous lequel est observé AB à l'œil nu (angle apparent ou diamètre apparent), est noté  $\theta$ .

L'objet est observé à travers le microscope par un œil normal sans accommodation ; on dit qu'il y a « vision à l'infini ». Dans ces conditions, l'objet à observer sera noté AB, son image intermédiaire  $A_1B_1$  et l'image finale  $A'B'$  ; l'angle sous lequel est observée l'image finale  $A'B'$ , est noté  $\theta'$ .

L'indice de réfraction du milieu considéré est noté  $n$ .

## Données :

- Grandissement de l'objectif :  $|\gamma_{obj}| = \frac{A_1B_1}{AB} = 50$ , pour la vision à l'infini.
- Ouverture numérique de l'objectif :  $n \times \sin u = 0,70$ .
- Grossissement commercial de l'oculaire :  $G_{oc} = 20$ .
- Intervalle optique :  $\Delta = 16$  cm.
- Taille de *E. coli* :  $AB = 1 \mu\text{m}$ .
- Pour des petits angles exprimés en radians, on peut utiliser l'approximation :  $\tan \theta = \theta$ .
- Pouvoir de résolution de l'oeil :  $3 \times 10^{-4}$  rad.
- Grossissement commercial du microscope :  $G_c = \frac{\theta'}{\theta} = |\gamma_{obj}| \times G_{oc}$ .
- Pouvoir de résolution du microscope :  $\varepsilon = \frac{0,6 \times \lambda}{n \times \sin u}$ .

### **1 - Observation à l'œil nu**

L'œil de l'expérimentateur est emmétrope, c'est-à-dire qu'il peut voir nettement un objet situé de l'infini à la distance minimale  $d_m = 25$  cm.

**1-1** - Calculer l'angle  $\theta$  sous lequel est vue *E. coli* lorsqu'elle est placée à la distance  $d_m$  de l'œil.

**1-2** - Montrer que la bactérie n'est pas visible à l'œil nu.

### **2 - Vision à l'infini**

On veut que le microscope soit réglé pour que l'image finale soit rejetée à l'infini.

**2-1** - Quel est l'intérêt d'un tel réglage ?

**2-2** - Convient-il à toute vision sans correction ?

**2-3** - Où doit se former l'image intermédiaire  $A_1B_1$  pour que cette condition soit vérifiée ?

### **3 - Grandissement du microscope**

**3-1** - Faire un schéma sans respect d'échelle du microscope permettant de comprendre son fonctionnement pour une vision à l'infini. On tracera la marche de deux rayons lumineux particuliers.

**3-2** - En utilisant le schéma de la question précédente, montrer que le grandissement de l'objectif, dans les conditions de vision à l'infini, peut s'exprimer par :  $|\gamma_{obj}| = \frac{\Delta}{f_1'}$ , où  $f_1'$  représente la distance focale de l'objectif et  $\Delta$  l'intervalle optique.

**3-3** - Calculer alors la distance focale  $f_1'$  de l'objectif puis sa vergence  $C_1$ .

### **4 - Observation de la bactérie**

**4-1** - Calculer le grossissement commercial  $G_c$  du microscope et en déduire l'angle  $\theta'$  sous lequel est vu *E. coli* à travers cet instrument.

**4-2** - Cette bactérie est-elle maintenant visible ?

### **5 - Pouvoir de résolution du microscope**

La diffraction de la lumière à travers l'objectif limite l'utilisation du microscope. On définit ainsi le pouvoir de résolution du microscope noté  $\varepsilon$ .

**5-1** - Pour une longueur d'onde  $\lambda = 500$  nm, calculer  $\varepsilon$ . En déduire si *E. coli* est observable à travers cet instrument.

**5-2** - Pourquoi l'observation de bactéries de taille beaucoup plus petite nécessite-t-elle d'immerger l'objectif dans un bain d'huile ?

BTS BIOANALYSES ET CONTRÔLES		Session 2012
Nom de l'épreuve : Sciences physiques et chimiques	Code : BAE2PC	Page : 4/7

## C : ÉTUDE DE L'ACIDE BENZOÏQUE ET DU BENZOATE DE SODIUM (15 points)

L'acide benzoïque et son sel le benzoate de sodium ont des propriétés fongicides et antibactériennes. L'industrie les utilise comme conservateurs dans de nombreux produits cosmétiques, pharmaceutiques et alimentaires (notamment dans les boissons gazeuses).

Dans la nature, l'acide benzoïque est présent, par exemple, dans la propolis (sous-produit du miel) et dans les canneberges (arbustes à baies rouges comestibles).

Cet exercice se propose d'étudier certaines propriétés chimiques de ces deux espèces.

**Données à 25°C :**

	<b>acide benzoïque</b>	<b>benzoate de sodium</b>
formule semi-développée	$C_6H_5-COOH$	$C_6H_5-COONa$
masse molaire	$122 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$	$144 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
solubilité s dans l'eau	Très peu soluble $s = 2,4 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$	Très soluble $s = 650 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$

- pKa du couple ( $C_6H_5COOH/C_6H_5COO^-$ ) : pKa = 4,2
- Produit ionique de l'eau :  $K_e = 10^{-14}$

### Les 3 parties sont indépendantes

#### 1 - Étude d'un soda

L'étiquette d'une bouteille de boisson « light » indique la présence du conservateur E210, qui est le code européen de l'acide benzoïque.

**1-1** - Sur une échelle de pH, représenter les domaines de prédominance de l'acide benzoïque ( $C_6H_5-COOH$ ) et de l'ion benzoate ( $C_6H_5-COO^-$ ).

**1-2** - Le pH de cette boisson vaut 3,0.

En déduire le constituant du couple  $C_6H_5-COOH / C_6H_5-COO^-$  qui est majoritaire dans cette boisson.

**1-3** - Donner l'expression littérale du rapport  $\frac{[C_6H_5-COO^-]}{[C_6H_5-COOH]}$ .

**1-4** - Calculer la valeur de ce rapport et vérifier que le résultat numérique obtenu est cohérent avec la réponse de la question **1-2**.

#### 2 - Étude d'une solution d'acide benzoïque

On prépare une solution aqueuse d'acide benzoïque ( $C_6H_5-COOH$ ), notée ( $S_1$ ), de concentration molaire  $C_1$  égale à  $1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ .

**2-1** - Après avoir calculé la solubilité de l'acide benzoïque en  $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , indiquer si la solution ( $S_1$ ) est saturée. Expliquer.

**2-2** - Écrire l'équation de la réaction chimique de l'acide benzoïque avec l'eau.

**2-3** - Établir l'expression du pH de la solution ( $S_1$ ) puis le calculer. Commenter le résultat et vérifier les hypothèses formulées.

#### 3 - Étude d'une solution de benzoate de sodium

On dispose d'une solution aqueuse de benzoate de sodium ( $C_6H_5-COO^- + Na^+$ ), notée ( $S_2$ ). On y ajoute un peu d'acide chlorhydrique concentré ( $H_3O^+ + Cl^-$ ), de telle sorte que l'acide chlorhydrique soit en défaut par rapport au benzoate de sodium. Un précipité blanc apparaît.

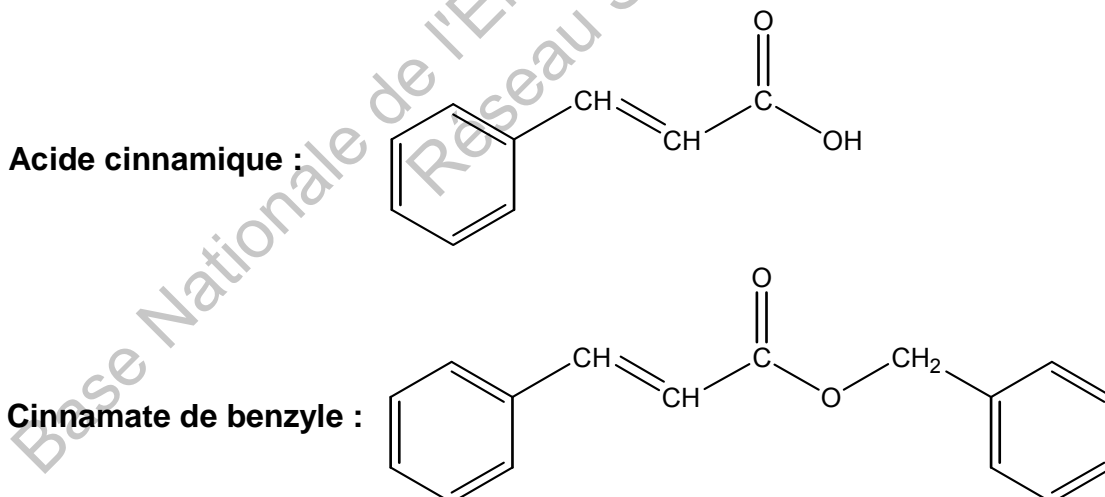
- 3-1** - Écrire l'équation de la réaction chimique mise en jeu lors de l'ajout de la solution d'acide chlorhydrique.
- 3-2** - Étude de l'équilibre associé à la réaction chimique.
- 3-2-1** - Donner l'expression littérale de la constante d'équilibre K associée à cette réaction en fonction de Ka.
- 3-2-2** - Calculer la valeur de la constante d'équilibre K. Conclure.
- 3-3** - Étude du produit solide obtenu.
- 3-3-1** - Nommer le précipité observé.
- 3-3-2** - Interpréter qualitativement sa formation.
- 3-4** - On filtre la solution obtenue et on mesure son pH. Celui-ci vaut 4,2.
- 3-4-1** - Quelle propriété possède la solution filtrée ainsi obtenue ? Proposer une justification.
- 3-4-2** - Expliciter cette propriété.

## **D : SYNTHÈSE DU CINNAMATE DE BENZYLE (15 points)**

Les allergies de contact aux produits cosmétiques sont très courantes et peuvent entre autres provoquer de l'eczéma. Dans 45 % des cas, ces allergies sont dues aux parfums contenus dans le produit cosmétique (viennent ensuite les conservateurs avec 21 % et les émulsifiants avec 10 %). Pour savoir si un sujet est allergique au parfum, les médecins utilisent entre autres, sous forme de patch, le baume du Pérou.

Ce baume du Pérou, doté de propriétés aromatisantes et antibactériennes, est la sève extraite du tronc d'un arbre d'Amérique centrale. Elle contient plusieurs centaines de constituants dont certains, comme le cinnamate de benzyle, utilisé dans l'industrie cosmétique, sont allergènes.

Cet exercice propose d'étudier quatre étapes de la synthèse du cinnamate de benzyle à partir de l'acide cinnamique. Les formules semi-développées de ces deux composés sont données ci-dessous :



### **1 - Première étape**

L'action du chlorométhane  $\text{CH}_3 - \text{Cl}$  sur le benzène conduit à la formation d'un composé (**A**) de formule semi-développée  $\text{C}_6\text{H}_5 - \text{CH}_3$ .

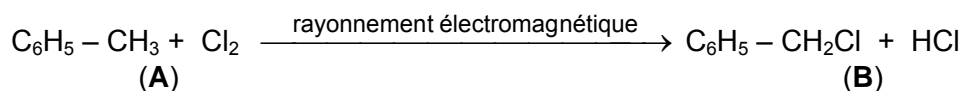
- 1-1** - Écrire l'équation de la réaction mise en jeu lors de la formation de (**A**).
- 1-2** - Donner le nom et la formule d'un catalyseur fréquemment utilisé.
- 1-3** - Détailler les différentes étapes du mécanisme de cette transformation chimique.

BTS BIOANALYSES ET CONTRÔLES		Session 2012
Nom de l'épreuve : Sciences physiques et chimiques	Code : BAE2PC	Page : 6/7

**1-4** - Si l'on ne prend pas suffisamment de précaution, on obtient fréquemment des produits secondaires de formule brute  $C_8H_{10}$ . Donner les formules semi-développées des deux produits les plus probables. Justifier leur formation.

## **2 - Deuxième étape**

Le composé **(A)** réagit avec le dichlore en présence d'un rayonnement électromagnétique pour donner le composé **(B)** selon le schéma réactionnel ci-dessous :



**2-1** - Parmi les termes suivants, choisir celui (ou ceux) qui caractérise(nt) la transformation étudiée :

addition – électrophile – élimination – nucléophile – radicalaire – substitution

**2-2** - Quel est le mode d'action du rayonnement électromagnétique ? Proposer un type de rayonnement adapté.

## **3 - Troisième étape**

Le composé **(B)** réagit avec une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ( $Na^+ + HO^-$ ) pour donner le composé **(C)** de formule brute  $C_7H_8O$ .

**3-1** - Écrire l'équation de la réaction mise en jeu lors de la formation du composé **(C)**.

**3-2** - Indiquer pourquoi l'ion hydroxyde  $HO^-$  peut être considéré comme une espèce nucléophile.

**3-3** - Nommer la fonction organique oxygénée présente dans le composé **(C)** ainsi que la classe de cette fonction.

## **4 - Quatrième étape**

Le composé **(C)** réagit avec l'acide cinnamique en présence d'acide sulfurique pour donner le cinnamate de benzyle.

**4-1** - Nommer la nouvelle fonction organique présente dans le cinnamate de benzyle.

**4-2** - Écrire l'équation de la réaction mise en jeu lors de la formation du cinnamate de benzyle.

**4-3** - Nommer cette réaction.

**4-4** - Cette réaction présente un rendement faible. Donner une explication succincte.

**4-5** - Proposer deux façons d'augmenter le rendement de cette quatrième étape de la synthèse.