

## BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR BIOANALYSES ET CONTRÔLES

### SCIENCES PHYSIQUES

#### **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.
- Conformément aux dispositions de la circulaire n° 99-018 du 01/02/1999, l'usage de la calculatrice est autorisé.

### A : SÉDIMENTATION : DÉCANTATION ET CENTRIFUGATION (16 points)

L'hémoglobine est un pigment de coloration rouge contenu dans les globules rouges (hématies) qui permet le transport de l'oxygène des poumons vers les tissus. C'est une protéine géante. Elle peut être modélisée par une sphère de diamètre d'environ 10 nm.

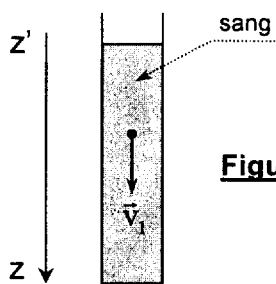
On se propose d'étudier la sédimentation de l'hémoglobine contenue dans le sang par décantation (figure 1), puis par centrifugation (figure 2).

Dans les deux cas, les molécules d'hémoglobine sont considérées comme sphériques et elles migrent dans les sens indiqués par les vecteurs vitesses  $\vec{v}_1$  et  $\vec{v}_2$ .

Dans l'expression de ces vitesses, on notera  $r$  le rayon d'une molécule d'hémoglobine,  $\rho$  sa masse volumique,  $\rho_L$  celle du liquide,  $g$  l'accélération de la pesanteur et  $a$  l'accélération due à la rotation.

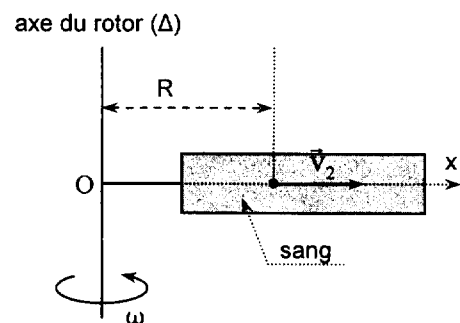
#### Données :

- Masse volumique du sang à la température de travail :  $\rho_L = 1,05 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$  ;
- Masse volumique de l'hémoglobine à la température de travail :  $\rho = 1,35 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$  ;
- Viscosité du sang à la température de travail :  $\eta = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ Pa.s}$  ;
- Accélération de la pesanteur :  $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$  ;
- Volume d'une sphère de rayon  $r$  :  $V = \frac{4}{3} \pi r^3$  ;
- Rayon de la molécule d'hémoglobine :  $r = 5,00 \cdot 10^{-9} \text{ m}$  ;
- Loi de Stokes : La force de frottement visqueux sur une particule sphérique, de rayon  $r$ , en mouvement dans un liquide de viscosité  $\eta$ , s'écrit  $\vec{f} = -k\vec{v}$  avec  $k = 6 \pi \eta r$  ;
- Valeur de la poussée d'Archimède : Elle correspond au poids du volume de liquide déplacé (égal au volume de la particule entièrement immergée).



**Figure 1**

**Figure 2**



#### 1 - Séparation de l'hémoglobine du sang par décantation (sédimentation sous l'action de la pesanteur) :

1.1 - Donner l'expression de l'intensité des forces qui s'exercent sur cette molécule en fonction des données. Les représenter sur un schéma.

1.2 - Le mouvement de sédimentation de la molécule devient rapidement rectiligne uniforme. Appliquer le principe d'inertie en projection sur l'axe vertical descendant  $z'z$  et retrouver l'expression de la vitesse de migration  $v_1$  de la molécule donnée par la relation :

$$v_1 = \frac{2 r^2 (\rho - \rho_L)}{9 \eta} g .$$

1.3 - Calculer  $v_1$ .

1.4 - Quelle serait la durée  $t_1$  (en secondes puis en années) nécessaire pour que la molécule sédimente sur une distance de 1 mm ?

**2 - Séparation de l'hémoglobine du sang par centrifugation :**

La molécule est soumise à l'accélération  $a = \omega^2 R$  due au mouvement de rotation imprimé au tube par le rotor de la centrifugeuse ( $\omega$  étant la vitesse angulaire du rotor en  $\text{rad.s}^{-1}$  et  $R$  la distance entre la molécule et l'axe du rotor).

Les calculs seront faits dans le cas où la molécule se trouve à une distance  $R = 6 \text{ cm}$  de l'axe du rotor, le système tournant à  $15\,000 \text{ tr.min}^{-1}$  soit  $1,57 \cdot 10^3 \text{ rad.s}^{-1}$ .

2.1 - Calculer l'accélération  $a$  en  $\text{m.s}^{-2}$  puis la valeur du rapport  $a/g$ .

2.2 - La vitesse de migration de la molécule vers le fond du tube atteint rapidement une valeur constante  $v_2$  dont l'expression est donnée :  $v_2 = \frac{2 r^2 (\rho - \rho_l)}{9 \eta} a$ .

Calculer  $v_2$ .

2.3 - Quelle est la nouvelle durée  $t_2$  (en secondes puis en heures) nécessaire pour que la molécule sédimente sur une distance de 1 mm ?

2.4 - Comparer  $t_1$  et  $t_2$ . En déduire l'intérêt de la centrifugation.

**B : SPECTROPHOTOMÈTRE D'ABSORPTION ET RÉSEAU (14 points)**

Pour doser l'élément fer contenu dans un vin blanc, on transforme tous les ions fer en ions  $\text{Fe}^{2+}$ . Ces ions sont ensuite complexés par de l'orthophénantroline et on obtient ainsi une solution colorée en rouge.

Au préalable, on prépare des solutions de concentrations connues en ions  $\text{Fe}^{2+}$ , notées  $C$ , que l'on traite, toujours de la même façon par de l'orthophénantroline. On mesure l'absorbance des solutions ainsi obtenues :

C en $\text{mg.L}^{-1}$	0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0
Absorbance A	0	0,35	0,72	1,10	1,46	1,88

1 - On utilise une longueur d'onde de travail de 510 nm (vert-bleu). Justifier ce choix.

2 -

2.1 - La loi de Beer-Lambert est-elle vérifiée ? Justifier en précisant la méthode utilisée.

2.2 - Quelle est la concentration d'une solution d'absorbance  $A = 0,57$  ?

3 - Ce spectrophotomètre utilise des radiations de longueur d'onde comprises entre 190 et 800 nm. Il comporte un réseau comportant 1250 traits par mm.

On étudie le principe du fonctionnement de ce réseau pour une longueur d'onde émergente de

510 nm.

On retrouve dans un manuel la formule du réseau :  $\sin i' - \sin i = k.n.\lambda$ .

3.1 - Donner le schéma du réseau.

3.2 - Expliciter les termes de cette formule, en rappelant la convention de signe choisie.

3.3 - On travaille en transmission sous incidence normale. Quel est pour l'ordre 1, l'angle d'émergence de la radiation choisie ?

## C : OXYDORÉDUCTION ET COMPLEXATION (15 points)

1 - Une pile est constituée des deux demi-piles suivantes :

- Demi-pile (1) : lame de plomb plongée dans un volume  $V_1 = 100$  mL d'une solution aqueuse de nitrate de plomb ( $\text{Pb}^{2+} + 2 \text{NO}_3^-$ ) de concentration molaire  $C_1 = 0,100$  mol.L<sup>-1</sup>.
- Demi-pile (2) : lame d'argent plongée dans un volume  $V_2 = 100$  mL d'une solution aqueuse de nitrate d'argent ( $\text{Ag}^+ + \text{NO}_3^-$ ) de concentration molaire  $C_2 = 0,050$  mol.L<sup>-1</sup>.

### Données :

Potentiels standard des couples redox à 25° C :

- $E_1^\circ (\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}) = -0,13$  V ;
- $E_2^\circ (\text{Ag}^+/\text{Ag}) = 0,80$  V ;
- $\frac{RT}{F} \cdot \ln(x) = 0,06 \log(x)$  à 25° C.

1.1 - Donner l'expression littérale du potentiel d'oxydoréduction, noté  $E_1$ , de la demi-pile (1) et calculer sa valeur.

1.2 - Donner l'expression littérale du potentiel d'oxydoréduction, noté  $E_2$ , de la demi-pile (2) et calculer sa valeur.

1.3 - À quelle demi-pile appartient l'électrode constituant le pôle positif de la pile ? Justifier la réponse.

1.4 - Faire le schéma de la pile en précisant les polarités des électrodes ainsi que le sens de circulation du courant électrique dans le circuit extérieur.

1.5 - Écrire l'équation de la réaction globale qui s'effectue dans la pile lorsque celle-ci est en fonctionnement.

1.6 - Calculer la force électromotrice  $E$  (f.é.m.) de la pile en début de fonctionnement.

2 - On ajoute, dans la demi-pile (2), sans modification de volume, une quantité de matière  $n_0 = 15 \cdot 10^{-3}$  mol d'ammoniac  $\text{NH}_3$  en solution aqueuse ; il se forme le complexe diamine argent (I) de formule  $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$ . La demi-pile (2) adopte alors un nouveau potentiel d'oxydoréduction, noté  $E_2'$  tel que  $E_2' = 0,45$  V.

2.1 - Écrire l'équation de formation de l'ion complexe  $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$ .

2.2 - Calculer la nouvelle concentration, notée  $C_2'$  en ions argent  $\text{Ag}^+$  dans la demi-pile (2) à l'équilibre. Détailler le calcul.

2.3 - Comparer les valeurs de  $C_2$  et de  $C_2'$ . Que peut-on en déduire concernant la réaction de formation de l'ion complexe  $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$  ?

2.4 - Établir à l'aide d'un tableau d'évolution le bilan molaire de la réaction de formation de l'ion complexe.

2.5 - Donner l'expression littérale de la constante de formation  $\beta$  de l'ion complexe diamine argent (I).

2.6 - Calculer la valeur de  $\beta$ .

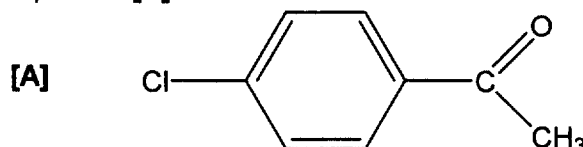
## D : CHIMIE ORGANIQUE (15 points)

Le phénaglycodol est le nom usuel d'un médicament utilisé notamment contre l'épilepsie. Sa synthèse peut se faire selon la séquence ci-dessous :

### Données :

Numéros atomiques :  $Z(H) = 1$  ;  $Z(C) = 6$  ;  $Z(N) = 7$  ;  $Z(O) = 8$  ;  $Z(Cl) = 17$ .

1 - Le chlorobenzène réagit avec le chlorure d'éthanoyle de formule  $CH_3 - COCl$  pour donner du chlorure d'hydrogène et un produit [A] de formule :



1.1 - Écrire l'équation de la réaction.

1.2 - De quel type de réaction s'agit-il ?

1.3 - Quel est le catalyseur usuellement employé ?

1.4 - Quels sont les isomères de position du produit [A] que l'on aurait pu obtenir ?

2 - [A] est traité par l'acide cyanhydrique HCN ; on obtient un composé [B] de formule brute  $C_9H_8NOCl$ .

2.1 - Écrire l'équation de la réaction en faisant apparaître les formules semi-développées des molécules organiques mises en jeu.

2.2 - Quelles sont les fonctions organiques présentes dans la molécule [B] ?

2.3 - De quel type de réaction s'agit-il ?

3 - L'hydrolyse du composé [B] conduit à la formation d'un acide carboxylique [C], dont la formule brute est  $C_9H_9O_3Cl$ .

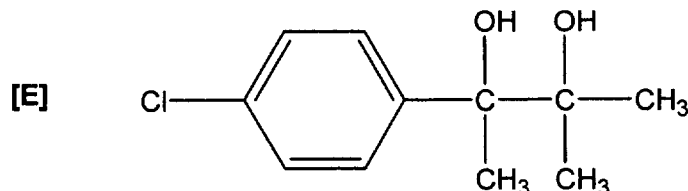
Donner la formule semi-développée de [C].

4 - Le composé [C] réagit avec l'éthanol pour donner le composé [D].

4.1 - Écrire l'équation de la réaction sous forme semi-développée.

4.2 - Quel est le nom de cette réaction ?

5 - Le composé [D] est traité par un large excès de  $CH_3MgBr$ . Après hydrolyse, on obtient le phénaglycodol [E] de formule :



5.1 - À quelle famille de composés appartient  $CH_3MgBr$  ?

5.2 - Combien peut-il exister de stéréoisomères du phénaglycodol [E] ? Justifier la réponse.

5.3 - Donner la représentation de Cram d'un des stéréoisomères du phénaglycodol en précisant la configuration absolue du (ou des) atome(s) de carbone asymétrique(s). Justifier la réponse.