

BACCALAUREAT TECHNOLOGIQUE

SCIENCES PHYSIQUES

SESSION 2012

Série : Sciences et Technologies de Laboratoire

Spécialité : Biochimie - Génie biologique

Durée : 3 heures

Coefficient : 4

L'emploi de toute calculatrice programmable, alphanumérique ou à écran graphique est autorisé à condition que son fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (circulaire N°99-186 du 16-11-1999).

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

Ce sujet comporte 7 pages numérotées de 1 à 7.

Des données peuvent être fournies à la fin de chaque exercice.

Ce sujet nécessite l'utilisation d'une feuille de papier millimétré qui sera fournie au candidat et à rendre avec la copie.

Il est rappelé aux candidats que la qualité de la rédaction, la clarté et la précision des raisonnements entreront pour une part importante dans l'appréciation des copies.

A. PHYSIQUE (8 points)

I- CENTRIFUGEUSE AU BANC D'ESSAI (4 points)

Une entreprise de fabrication de centrifugeuses à destination de laboratoires d'analyses, doit vérifier le bon fonctionnement de ses appareils. Pour cela, elle réalise un certain nombre de contrôles. Pour valider la conformité de l'appareil, le technicien doit vérifier que la résistance interne r' est inférieure à 6Ω et que l'énergie dissipée par effet Joule n'excède pas 2 MJ en 1 heure . Ces deux tests sont décrits ci-après.

On modélisera l'aspect électrique de la centrifugeuse par l'association en série d'un générateur de force électromotrice (fem) $E = 112,5 \text{ V}$, de résistance interne $r = 0,500 \Omega$ et d'un moteur de force contre électromotrice E' et de résistance interne r' .

1. Avec quel appareil mesure-t-on l'intensité dans un circuit électrique ? Faire le schéma du circuit électrique en indiquant clairement le branchement de l'appareil de mesure.

Premier test : moteur bloqué

2. Le moteur est bloqué. Il se comporte alors comme une résistance r' . Dans cette situation l'intensité, I , dans le circuit électrique est de $25,0 \text{ A}$.

En utilisant la loi d'additivité des tensions (ou loi des mailles), exprimer puis calculer la valeur de la résistance r' .

Second test : fonctionnement normal

3. Le moteur fonctionne maintenant normalement. L'intensité, I , dans le circuit électrique est alors de $10,0 \text{ A}$.

- 3.1. Montrer que l'intensité dans le circuit électrique peut s'exprimer à l'aide de la relation

$$\text{littérale : } I = \frac{(E - E')}{(r + r')}$$

- 3.2. En déduire la valeur de la force contre électromotrice du moteur E' .

- 3.3. On laisse le circuit électrique fonctionner pendant 10 minutes . Calculer alors l'énergie dissipée par effet Joule dans ce circuit.

- 3.4. Calculer la puissance mécanique utile disponible sur l'arbre du moteur.

Conformité de l'appareil

4. L'appareil testé est-il conforme ?

II- PHYSIQUE ET DIAGNOSTICS MEDICAUX (4 points)

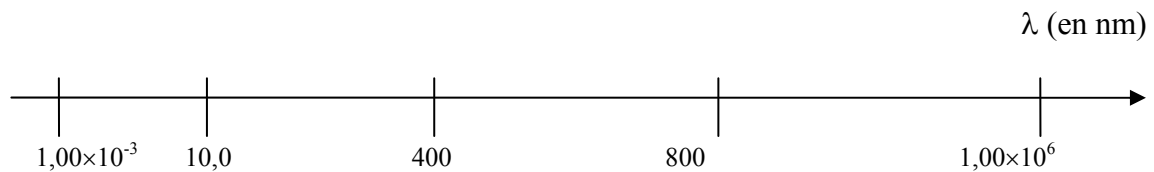
Un patient atteint de problèmes circulatoires au niveau de la main doit subir des examens médicaux. Afin d'affiner son diagnostic, le médecin envisage deux techniques d'imagerie médicale utilisant des principes physiques différents :

- La thermographie : procédé d'imagerie qui recueille les variations de température à la surface du corps.
- La radiographie qui utilise des rayons X et analyse leurs absorptions par les éléments constitutifs du corps.

1. La thermographie

La thermographie permet de mettre en évidence les différences de température au niveau de la peau du corps humain. Lors de l'examen de la main d'un patient, un rayonnement de fréquence $\nu = 3,22 \times 10^{13}$ Hz et de longueur d'onde λ est émis par le corps humain, celui-ci est capté par le système de détection de l'appareil.

- 1.1. Donner l'expression littérale reliant la longueur d'onde λ et la fréquence ν d'un rayonnement électromagnétique. Préciser l'unité associée à chaque grandeur.
- 1.2. Calculer la longueur d'onde λ en nanomètre (nm) du rayonnement émis par le corps humain.
- 1.3. Sur l'axe gradué ci-dessous **que vous recopierez sur votre copie**, situer les domaines correspondant aux rayonnements suivants : visible ; infrarouge ; ultraviolet ; rayons X.



- 1.4. Dans quel domaine se trouve le rayonnement émis par le corps humain détecté lors de cet examen ?
- 1.5. Rappeler la relation qui permet de calculer l'énergie ΔE d'un photon en fonction de sa fréquence ν .
- 1.6. Calculer l'énergie transportée par chaque photon de ce rayonnement.

2. La radiographie

Lors d'une radiographie, la main du patient est exposée à des rayons X. On observe sur le cliché obtenu l'existence de zones claires et de zones sombres qui sont dues à des absorptions différentes des rayons X selon les milieux rencontrés.

- 2.1. Citer la source de rayonnement électromagnétique qui permet de produire des rayons X et expliquer succinctement son fonctionnement.
- 2.2. Les os contiennent les éléments phosphore P ($Z = 15$) et calcium Ca ($Z = 20$), la peau contient principalement les éléments : oxygène O ($Z = 8$), azote N ($Z = 7$), carbone C ($Z = 6$) et hydrogène H ($Z = 1$).
 - 2.2.1. Quels sont les éléments qui absorbent le mieux les rayons X ?
 - 2.2.2. Pourquoi voit-on des zones sombres et des zones claires sur le cliché ?

2.3. Sur Terre, tous les êtres humains sont exposés à une irradiation naturelle provenant du rayonnement cosmique des roches composant la croûte terrestre ainsi que de l'activité humaine.

Une idée du rayonnement reçu lors d'un examen radiologique est donnée dans le tableau ci-dessous. Voici comment il faut lire le tableau : lorsque vous effectuez une radiographie, vous recevez l'équivalent d'une radiation naturelle de 2,4 jours.

<i>Examen radiologique</i>	<i>Dose effective (mSv)</i>	<i>Nombre de jours équivalents</i>
<i>Radiographie</i>	<i>0,02</i>	<i>2,4</i>
<i>Mammographie</i>	<i>0,67</i>	<i>80</i>
<i>Scanner</i>	<i>...</i>	<i>986</i>

2.3.1. Déduire du tableau la dose effective reçue au cours d'un scanner.

2.3.2. A combien de radiographies correspond la dose reçue lors d'un scanner ?

Données :

Constante de Planck : $h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ J.s}$

Célérité de la lumière : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

Conversion : $1 \text{ eV} = 1,66 \times 10^{-19} \text{ J}$

B- CHIMIE (12 points)

I- LA SPIREE (6,5 points)

La spirée (appelée aussi « reine des prés ») est une plante vivace des zones humides. Sa tige, haute de 50 cm à 1,50 m, est surmontée d'une grappe de fleurs, de couleur crème, au parfum doux. Les fleurs contiennent de l'acide spirique plus connu sous le nom d'acide salicylique utilisé pour ses propriétés anti-inflammatoires, son action apaisante lors de douleurs articulaires et ses propriétés verrucides.

1. Etude de l'acidité d'une solution d'acide salicylique

On note AH la molécule d'acide salicylique de formule brute $C_7H_6O_3$. On prépare une solution aqueuse d'acide salicylique de concentration molaire $C = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. On mesure le pH de la solution à 25°C : $pH = 2,6$.

1.1. Définir un acide au sens de Brønsted.

1.2. L'acide salicylique étant un acide faible, écrire l'équation de sa réaction avec l'eau.

1.3. Après avoir fait l'inventaire des différentes espèces présentes en solution, calculer leur concentration molaire.

1.4. Donner l'expression de la constante d'acidité K_a de la réaction et calculer sa valeur.

1.5. En déduire le pK_a du couple acide salicylique/ion salicylate et le comparer avec la valeur trouvée dans les tables de données qui est de 3,1.

2. Dosage de l'acide salicylique dans une solution pharmaceutique

On achète en pharmacie un traitement contre les verrues.

L'étiquette indique : **10 g d'acide salicylique pour 100 mL de solution.**

On admet que l'acide salicylique est la seule espèce chimique acide dans la solution pharmaceutique.

On désire vérifier par un titrage acidobasique la composition en acide salicylique de la solution pharmaceutique. Pour cela, on dilue 10 fois la solution pharmaceutique puis, on prélève un volume $V_a = 20,0 \text{ mL}$ de cette solution diluée que l'on dose par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})}$) de concentration molaire $C_b = 0,100 \text{ mol.L}^{-1}$.

On relève le pH du mélange réactionnel après chaque ajout de solution aqueuse d'hydroxyde de sodium, ce qui permet d'obtenir les résultats suivants :

$V_b(\text{mL})$	0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0
pH	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,9	3,2	3,3

$V_b(\text{mL})$	10,0	11,0	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0	14,3	14,5	14,8
pH	3,5	3,8	4,0	4,2	4,4	4,6	4,9	5,6	8,0	11,0

$V_b(\text{mL})$	15,0	15,5	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0
pH	11,3	11,4	11,6	11,7	11,8	11,8	11,9

2.1. Ecrire l'équation chimique de la réaction de titrage. On supposera que la réaction est quantitative.

2.2. Tracer sur la feuille de papier millimétré (**à rendre avec la copie**) la courbe donnant le pH en fonction du volume de base versé : $pH = f(V_b)$.

Echelle : en ordonnée 1cm pour une unité de pH ; en abscisse 1cm pour 1,0 mL.

2.3. Déterminer le volume à l'équivalence.

2.4. Vérification de l'indication portée sur l'étiquette

2.4.1. Après avoir donné la définition de l'équivalence d'un titrage, écrire la relation entre la quantité de matière d'acide salicylique $AH_{(aq)}$ et la quantité de matière d'ions hydroxyde $HO^-_{(aq)}$, qui permet d'atteindre cette équivalence.

2.4.2. Calculer la concentration molaire en acide salicylique de la solution diluée puis de la solution pharmaceutique.

2.4.3 En déduire la concentration massique en acide salicylique de la solution pharmaceutique.

2.4.4. Ce résultat est-il cohérent avec l'indication portée sur l'étiquette ?

Données :

- Masse molaire de l'acide salicylique : $M(C_7H_6O_3) = 138 \text{ g.mol}^{-1}$

- Produit ionique de l'eau à 25°C : $K_e = 10^{-14}$

II- PHOTOGRAPHIE ARGENTIQUE (5,5 points)

Dans la photographie argentique, une pellicule photographique est constituée de gélatine imprégnée de petits cristaux de bromure d'argent. Celle-ci est exposée pendant une durée très brève à la lumière. Certaines zones de la pellicule sont impressionnées par cette lumière, les autres non. Il faut ensuite développer, c'est-à-dire révéler l'image photographiée puis la fixer pour obtenir un négatif. Le processus de révélation porte sur les zones impressionnées par la lumière. Nous nous proposons d'étudier le processus de révélation.

1. Atomistique

Dans la classification périodique des éléments, on trouve l'élément brome de numéro atomique $Z = 35$.

- 1.1. Donner la configuration électronique de l'atome de brome dans son état fondamental.
- 1.2. Indiquer, en expliquant votre démarche, la position exacte (ligne, colonne) de l'élément brome dans la classification périodique.
- 1.3. A quelle famille appartient l'élément brome ?
- 1.4. Quel ion monoatomique stable peut former l'élément brome ? Expliquer.

2. Solubilité du bromure d'argent

On donne la valeur du produit de solubilité du bromure d'argent : $K_s(\text{AgBr}) = 2,0 \times 10^{-13}$ à 25°C .

- 2.1. Calculer la solubilité du bromure d'argent dans l'eau pure.
- 2.2. Calculer la solubilité du bromure d'argent dans une solution aqueuse de bromure de sodium de concentration molaire égale à $1,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. Le bromure de sodium ne forme pas de précipité.
- 2.3. Comparer la solubilité du bromure d'argent dans l'eau pure et dans la solution aqueuse de bromure de sodium. Que peut-on en conclure ?

3. Etude du processus de révélation

Cette opération est réalisée par un réducteur : l'hydroquinone. L'hydroquinone, symbolisée par QH_2 , a pour forme oxydante associée la quinone, symbolisée par Q .

Q et QH_2 sont des espèces solubles en solution aqueuse.

A 25°C , les potentiels standard d'oxydoréduction des couples sont les suivants :

$$E^\circ \text{Ag}^+/\text{Ag} = +0,80 \text{ V} \quad E^\circ \text{Q}/\text{QH}_2 = +0,70 \text{ V}$$

- 3.1. Ecrire les demi-équations électroniques associées aux couples redox Q/QH_2 et Ag^+/Ag .
- 3.2. A l'aide la relation de Nernst, donner l'expression littérale du potentiel d'oxydoréduction pour chaque couple intervenant dans le développement photographique.

On appellera E_1 le potentiel redox du couple Ag^+/Ag et E_2 celui du couple Q/QH_2 .

On donne : $\frac{RT}{F} \times \ln x = 0,060 \log x$ à 25°C .

- 3.3. Dans les conditions du développement photographique, on supposera que la situation chimique est la suivante :
 - concentration des ions argent dans le milieu : $[\text{Ag}^+] = 6,75 \times 10^{-12} \text{ mol.L}^{-1}$;
 - même concentration en quinone Q et en hydroquinone QH_2 : $[\text{Q}] = [\text{QH}_2]$;
 - pH du milieu 11,9.

Calculer les deux potentiels d'oxydoréduction E_1 et E_2 . Expliquer pourquoi la réaction de développement est possible.

- 3.4. Ecrire l'équation chimique de la réaction qui se déroule lors de la révélation entre une couche sensible de bromure d'argent et l'hydroquinone.