

Année scolaire 2022-2023 Classe TS1 Durée : 04h

COMPOSITION REGIONALE : EPREUVE DE PHYSIQUE-CHIMIE

Exercice N°1 (03,5points)

La soie que produisent les araignées pour tisser leurs toiles ou envelopper leurs proies possèdent des propriétés physico-chimiques si exceptionnelles (finesse, régularité, élasticité, solidité, imputrescibilité, etc...) qu'elle est devenue un sujet d'étude pour de nombreux scientifiques. Cet exercice aborde plusieurs aspects de la soie d'araignée considérée comme un matériau d'avenir.

1.1 Composition de la soie d'araignée

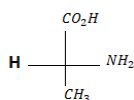
La soie d'araignée est essentiellement composée de fibroïne, une molécule constituée de plusieurs centaines d'acides aminés reliés les uns aux autres par des liaisons peptidiques. La fibroïne est constitué de deux principaux acides aminés : un acide α aminé A de formule brute $C_xH_yO_2N$ (40 % environ) et de l'alanine (25-30 % environ) dont la formule semi-développée est $NH_2 - CH(CH_3) - CO_2H$ Alanine

On se propose de déterminer la formule brute l'acide α aminé A et de synthétiser un dipeptide à partir de l'alanine. La composition centésimale massique de l'acide α aminé A est : 32% de carbone, 6,7 % d'hydrogène et 42,7% d'oxygène.

1.1.1 Montrons. $\frac{12x}{32} = \frac{y}{6,7} = \frac{32}{42,7}$ **d'où A** $C_2H_5O_2N$ **(0,5 pt)**

1.1.2 Donnons $NH_2 - CH_2 - CO_2H$ nom officiel : Glycine **(0,25 pt)**

1.1.3 Elle est chirale car elle contient un carbone assymétrique **(0,5 pt)**

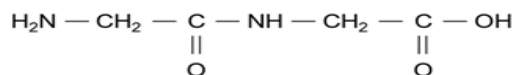


1.1.4 **D** **(0,5 pt)**

1.1.5 $CH_3 - CH(NH_3^+) - CO_2^-$ nom amphion. **(0,25 pt)**

1.2 Biomimétisme chimique

Deux molécules de glycine (Gly), mises en présence, réagissent l'une avec l'autre pour former un dipeptide, usuellement nommé Gly-Gly, dont la formule semi-développée s'écrit :



1.2.1 $NH_2 - amine - CO - NH - amide - CO - OH$ acide carboxylique **(0,75 pt)**

1.2.2 On bloque l'amine de la glycine et l'acide carboxylique de l'alanine puis on active l'acide carboxylique de la glycine ainsi que l'amine de l'alanine $NH_2 - CH_2 - CO_2H + NH_2 - CH(CH_3) - CO_2H \rightarrow NH_2 - CH_2 - CO - NH - CH(CH_3) - CO_2H + H_2O$ **(0,75 pt)**

Exercice N°2 : (02,5 points) De la vitamine C dans le jus d'orange

2.1 C'est une espèce chimique capable de céder un proton. **(0,25 pt)**

2.2 On se propose de contrôler la concentration en vitamine C d'un jus d'orange fraîchement pressé grâce à un dosage acido-basique **(voir figure 1 ci-dessous)**.

Pour cela, on dose un volume $V_a = 20,0 \text{ mL}$ de concentration C_a inconnue de jus d'orange à l'aide d'une solution aqueuse basique d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+ + \text{HO}^-$) de concentration $C_b = 6,10 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$.

2.2.1 Faire un schéma annoté du dispositif de dosage. **(0,5 pt)**

2.2.2 Ecrivons $C_6H_8O_6 + N_aOH \rightarrow C_6H_7O_6N_a + H_2O$ **(0,25 pt)**

2.2.3 Définissons c'est quand le nombre de mole d'ions H_3O^+ est égale au nombre de mole d'ions HO^- **(0,25 pt)**

2.2.4 Déterminons $V_{bE} = 10,5 \text{ ml}$; $PH_E = 7,2$; $Pk_a = 4,2$ **(0,75 pt)**

2.2.5 Montrons $C_a = \frac{C_b \cdot V_{bE}}{V_a}$ $C_a = 3,2 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ **(0,25 pt)**

2.2.6 Calculons $m = M \cdot V \cdot C_a$ $m = 0,56 \text{ g}$. Données : $M(C_6H_8O_6) = 176 \text{ g.mol}^{-1}$; $C_6H_8O_6 / C_6H_7O_6^-$ **(0,25 pt)**

Exercice N°3 (04 points) Les trois parties de cet exercice sont indépendantes :

Deux causes peuvent être à l'origine des douleurs cardiaques: soit les cellules qui constituent le muscle cardiaque sont détruites (ce qui correspond à un infarctus du myocarde), soit les cellules sont encore vivantes mais souffrent du manque d'oxygène dû à une réduction de l'irrigation sanguine (ce qui correspond à une ischémie coronaire). Pour son diagnostic, le cardiologue prescrit une scintigraphie myocardique au cours de laquelle du thallium 201 est injecté au patient par voie intraveineuse.

3.1 Production du thallium 201.

Le thallium naturel ${}_{81}^{205}\text{Tl}$ est composé de thallium 203 et de thallium 205.

3.1.1 Donnons : c'est des noyaux ayant même nombre de protons mais de nombre de masse différentes **(0,25 pt)**

3.1.2: ${}_{81}^{203}\text{Tl} + {}_1^1\text{p} \rightarrow {}_{82}^{201}\text{Pb} + 3X$

Conservation du nombre de protons et du nombre de masse : c'est la loi de Soddy, identifier la ${}_1^1n = X$ c'est un neutron **(0,5 pt)**

3.1.3 Ecrivons ${}_{82}^{201}\text{Pb} \rightarrow {}_{81}^{201}\text{Tl} + {}_1^0e$ **(0,25 pt)**

3.2 La désintégration du thallium 201

3.2.1 Lors de la désintégration du thallium 201 un des rayonnements émis possède une énergie $E = 135 \text{ keV}$. $\lambda = \frac{h \cdot c}{E}$ $\lambda = 9,2 \text{ pm}$ **(0,5 pt)**

3.2.2 Le processus de désintégration du thallium 201 s'effectue en plusieurs étapes. On obtient un noyau excité de mercure Hg^* qui se désexcite en émettant le rayonnement d'énergies $E = 135 \text{ keV}$. Dans un noyau, il existe des niveaux d'énergie comme le cortège électronique d'un atome. La figure 2 ci-dessous représente le diagramme énergétique du noyau de mercure.

3.2.2.1 non, il ne peut qu'absorber **(0,5 pt)**

3.2.2.2 Trouvons $E = E_2 - E_1 = 135 \text{ keV}$ c'est du niveau 1 à 2 **(0,5 pt)**

3.3 La scintigraphie myocardique

3.3.1 Lors d'une scintigraphie myocardique, on utilise une solution de chlorure de thallium 201 dont l'activité volumique $A_v = 37 \text{ MBq/ml}$. Cet examen nécessite l'injection par voie intraveineuse d'une solution d'activité initiale $A_0 = 78 \text{ MBq}$ chez un individu de 70 kg . On visualise les premières images du cœur grâce à une gamma-caméra à scintillations quelques minutes seulement après injection.

3.3.1.1 $V = \frac{A_0}{A_V}$ $V = 2,1ml$ (0,25 pt)

3.3.3.2 Montrons $m_0 = \frac{A_0 M}{\lambda_{th} N_A}$ $m_0 = 10^{-5}mg$ (0,5 pt)

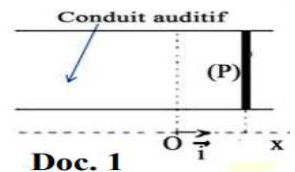
3.3.1.3 $D_{dose\ reçue} = \frac{m_0}{m_{personne}}$ $D_{dose\ reçue} = 14 \cdot 10^{-8}mg/kg < 15mg/kg$ absence de danger (0,25 pt)

3.3.1.4 Vérifier que le temps de demi-vie de thallium 201 vaut 75h. (0,25 pt)

3.3.1.5 On estime que les résultats de l'examen sont exploitables tant que l'activité du traceur est supérieure à 3Mbq. Déterminer au bout de combien de jours une nouvelle injection est nécessaire. $A(t) = A_0 e^{-\lambda t}$ $t = 14,5j$ soit à partir du 14^{ième} jour. (0,25 pt)

Exercice 4 : (06points) :

Le tympan d'une oreille humaine, dans certaines conditions, peut être modélisé par une membrane plane (P), de masse $m = 1,5 \times 10^{-5} kg$, qui peut osciller, parallèlement à elle-même, de part et d'autre de sa position d'équilibre stable en O. La membrane (P), écartée de O dans le sens positif de $X_0 = 10^{-9}cm$, est lâchée sans vitesse à la date $t_0 = 0$. À une date t, (P), d'abscisse x subit, de la part du support du tympan, une force \vec{F}_1 d'expression $\vec{F}_1 = -kx\vec{i}$



4.1 Etude mécanique

4.1.1 Représenter on $\vec{F}_1 = m\vec{a}$ d'où $\ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0$ (0,75pt)

4.1.2 Déterminer X_m , ω_0 et la phase φ $X_m = 10^{-9}cm$; $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} = 1,510^4 rad/s$

$x(t) = x_m \cos(\omega_0 t + \varphi) \rightarrow x(t = 0) = x_m \cos(\varphi) \rightarrow \varphi = 0$ (0,75pt)

4.1.3 En réalité, (P) subit en plus de la force \vec{F}_1 , une force dissipative $\vec{F}_2 = -h\vec{v}$

4.1.3.1 Montrons $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = m\vec{a}$ est $\ddot{x} + \frac{h}{m}\dot{x} + \frac{k}{m}x = 0$.. (0,5pt)

4.1.3.2 Le mouvement de (P) est alors pseudopériodique de pseudo-pulsation ω'_0 . Calculer sa valeur sachant que $\omega_0'^2 = \omega_0^2 - \delta^2$ avec $\delta = \frac{h}{2m}$

$\omega'_0 = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2} = 1,510^3 rad/s$ (0,5pt)

4.1.3.3 La solution de cette équation différentielle est de la forme :

$x(t) = x_0 \cdot e^{-\delta t} \left[\cos(\omega'_0 t) + \frac{\delta}{\omega'_0} \sin(\omega'_0 t) \right]$.

Montrer que l'expression de V(t) est : $V(t) = -\frac{x_0 \omega_0^2}{\omega'_0} e^{-\delta t} \sin(\omega'_0 t)$ on a

$v(t) = -\delta x_0 e^{-\delta t} \left[\cos(\omega'_0 t) + \frac{\delta}{\omega'_0} \sin(\omega'_0 t) \right] + x_0 e^{-\delta t} [-\omega'_0 \sin(\omega'_0 t) + \delta \cos(\omega'_0 t)] \rightarrow$

$v(t) = -x_0 e^{-\delta t} \sin(\omega'_0 t) \left[\frac{\delta^2}{\omega'_0} + \omega'_0 \right] \rightarrow v(t) = \frac{-x_0 e^{-\delta t} \sin(\omega'_0 t)}{\omega'_0} [\delta^2 + \omega'^2_0] \rightarrow$

$v(t) = \frac{-x_0 e^{-\delta t} \omega_0^2 \sin(\omega'_0 t)}{\omega'_0}$ car $\omega_0^2 = [\delta^2 + \omega'^2_0]$ (0,5pt)

4.1.3.4 déduisons le tympan ne bouge pas si $v(t)=0$ ou $v(t)$ est constante à partir d'une certaine valeur du temps $v(t) = \frac{-x_0 e^{-\delta t} \omega_0^2 \sin(\omega_0' t)}{\omega_0'} = 0 \rightarrow e^{-\delta t} = 0 \rightarrow t = 5\tau$ ou $t =$

$$\infty (\text{à ignorer devant } t = 5\tau \rightarrow t = 5\tau = \frac{1}{\delta} \rightarrow t = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ s}) \quad \mathbf{(0,5pt)}$$

4.1.4 Un son se traduit physiquement par une modification de pression. Ainsi, la membrane (P) est soumise maintenant, à \vec{F}_1 , \vec{F}_2 et à une force de pression \vec{F}_3 , de fréquence f réglable d'expression $\vec{F}_3 = F_m \sin(\Omega t + \alpha) \vec{l}$ où $\Omega = 2\pi f$. En régime permanent, (P) effectue des oscillations forcées d'équation horaire : $X(t) = X_m \sin(\Omega t)$.

4.1.4.1 Montrons on a $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = m\vec{a}$: $\ddot{x} + \frac{h}{m}\dot{x} + \frac{k}{m}x = \frac{F_m}{m} \sin(\Omega t + \alpha)$ **(0,5pt)**

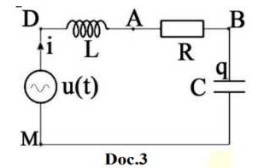
4.1.4.2 Montrons on a $-x_m \Omega^2 \sin(\Omega t) + \frac{h}{m} x_m \Omega \cos(\Omega t) + \frac{k}{m} x_m \sin(\Omega t) = \frac{F_m}{m} \sin(\Omega t + \alpha) \rightarrow$

$$\begin{cases} \frac{h}{m} x_m \Omega = \frac{F_m}{m} \sin(\alpha) & \text{si } \Omega t = 0 \\ -x_m \Omega^2 + \frac{k}{m} x_m = \frac{F_m}{m} \sin(\alpha) & \text{si } \Omega t = \frac{\pi}{2} \end{cases}$$
 en élevant au carré les deux expressions et en les

additionnant on obtient $(\frac{h}{m} x_m \Omega)^2 + (-x_m \Omega^2 + \frac{k}{m} x_m)^2 = (\frac{F_m}{m})^2 \rightarrow X_m = \frac{F_m}{\sqrt{h^2 \Omega^2 + (k - m \Omega^2)^2}}$ en donnant à Ωt deux valeurs particulières, que **(0,5pt) Données** : : $k = 3500 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$; $h = 0,10 \text{ N}\cdot\text{s}\cdot\text{m}^{-1}$

4.2 Analogie électrique ¹ ; $L = 20 \text{ mH}$, $R = 100 \Omega$

Le tympan, précédé du conduit auditif, est modélisé par le circuit de document 3, $u(t) = U_m \sin(\omega t + \phi)$ est une tension excitatrice de pulsation ω réglable. Le circuit est alors parcouru par un courant d'intensité $i = I_m \sin(\omega t)$.



4.2.1 On a ainsi une analogie électromécanique. Exprimer la même pulsation propre ω_0 trouvée dans la partie (4.1.2) de cet oscillateur en fonction de L et C

et calculer la valeur de C . on a $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$ par analogie $\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{L \cdot C}} \rightarrow c = 2,2 \cdot 10^{-7} \text{ F}$ **(0,5pt)**

4.2.2 Montrons on a $U_L + U_R + U_C = u(t) \rightarrow L \frac{di}{dt} + Ri + \frac{q}{c} = U_m \sin(\omega t + \phi) \rightarrow LI_m \omega \cos(\omega t) + R I_m \sin(\omega t) - \frac{I_m}{\omega \cdot c} \cos(\omega t) = U_m \sin(\omega t + \phi) \rightarrow$

$$\begin{cases} LI_m \omega - \frac{I_m}{\omega \cdot c} = x_m \sin(\phi) & \text{si } \omega t = 0 \\ R I_m = U_m \cos(\phi) & \text{si } \omega t = \frac{\pi}{2} \end{cases}$$
 en élevant au

carré les deux expressions et en additionnant, on $(I_m)^2 \left[(L\omega - \frac{1}{c\omega})^2 + R^2 \right] = (U_m)^2$ or $Q_m =$

$$\frac{I_m}{\omega} \text{ d'où } Q_m = \frac{U_m}{\sqrt{R^2 \omega^2 + (L\omega^2 - \frac{1}{c})^2}} \quad \mathbf{(0,5pt)}$$

4.2.3 On a $\frac{dQ_m}{d\omega} = 0 \rightarrow U_m \left[2R^2 \omega + 4L\omega(L\omega)(L\omega^2 - \frac{1}{c}) \right] = 0 \rightarrow \omega_r^2 = \omega_0^2 - \frac{R^2}{2L^2}$ en introduisant ω_r dans Q_m on obtient alors $Q_{max}(Q_m) = \frac{U_m}{\sqrt{R^2 \omega_0^2 - \frac{R^4}{4L^2}}}$ $Q_m(\text{max})$ de Q_m

(0,5pt)

Exercice 5: (04points) Production des ions $^{18}_9\text{F}^-$ au moyen d'un cyclotron

Le cyclotron est un appareil constitué de deux demi-cylindres horizontaux creux appelés "dées". Entre les plaques G et D, séparées d'une distance $d = 2,00 \text{ mm}$, est appliquée une tension $U = 30 \text{ kV}$. Ainsi, il règne entre ces plaques un champ électrique \vec{E} uniforme.

On fait l'hypothèse que le proton n'est pas relativiste et on admettra que son poids est négligeable devant la force électrique. Les protons placés au point O sont accélérés jusqu'au point O' où ils pénètrent dans le dée D. À $t_0 = 0$, un proton est introduit dans le cyclotron au point O sans vitesse initiale. On se place sur l'axe Ox horizontal, centré sur O et dirigé vers la droite. **(Voir figure 3 ci-dessous).**

5.1 Sachant que le proton est accéléré, compléter le schéma de la figure ci-contre en y faisant figurer, sans souci d'échelle, le vecteur de la force électrique \vec{F}_e et le champ électrique \vec{E} exercée sur le proton entre O et O' entre les plaques D et G. Justifier. **(0,75pt)**

5.2 Montrons ; on a d'après le TCI : $\vec{F}_e = m\vec{a} \rightarrow \vec{a} \begin{cases} a_x = \frac{eE}{m} \\ a_y = 0 \end{cases} \rightarrow \vec{v} \begin{cases} v_x = \frac{eE.t}{m} \\ v_y = 0 \end{cases} \rightarrow \overrightarrow{OM} \begin{cases} x = \frac{eUt^2}{2.d.m} \\ y = 0 \end{cases}$

Déduisons, on a $x = d = \frac{eUt^2}{2.d.m} \rightarrow \Delta t_1 = 1,69.10^{-9}ns \approx 10ns$ **(01,25pt)**

5.3 Dans le dée D, le proton, soumis à un champ magnétique uniforme \vec{B} d'intensité $B = 1,6$ T, jusqu'au point A' a un mouvement circulaire uniforme, de rayon $R = \frac{v.m_p}{e.B}$, avec v la valeur de la vitesse du proton entre O' et A'. Lorsque le proton arrive au point A', le sens du champ électrique \vec{E} est inversé. Le proton subit alors une nouvelle accélération constante $\vec{a}' = -\vec{a}$ jusqu'au point A.

Le processus d'accélération et de demi-tour successifs se répète un grand nombre de fois jusqu'à ce que le proton sorte de l'accélérateur avec la valeur de vitesse souhaitée pour bombarder la cible. Une dizaine de microsecondes est nécessaire pour atteindre une telle valeur de vitesse.

5.3.1 Déduisons, on a $v = \frac{d}{\Delta t_2}$ or pour un demi-tour $d = \pi R$ d'où $V = \frac{\pi R}{\Delta t_2}$. **(0,25pt)**

5.3.2 Montrons, on a $V = \frac{\pi R}{\Delta t_2}$ et $R = \frac{v.m_p}{e.B}$ donc $\Delta t_2 = \frac{\pi.m_p}{e.B}$. En déduisons : on a B, e et m_p sont des constants donc tous les demi-tours ont même durée **(0,5pt)**

5.3.3 On a $\Delta t_2 = \frac{\pi.m_p}{e.B} = 20ns$ $\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} = \frac{20}{2} \rightarrow \Delta t_2 = 10\Delta t_1$ **(0,25pt)**

Par la suite, on considérera que la durée Δt_1 est négligeable devant la durée Δt_2 .

5.4 Évaluons $\Delta E' = N\Delta E = N.2w(\vec{F}_e) \rightarrow N = \frac{16.10^6}{2 \times 3.10^4} = 267$ tours **(0,25pt)**

5.5 Évaluer la durée pour que le proton sorte du cyclotron et comparer la valeur obtenue avec celle du texte décrivant le principe de fonctionnement du cyclotron.

$\Delta t_{total} = Nx2\Delta t_2 = 267 \times 2 \times 20 \times 10^{-9} \rightarrow \Delta t_{total} = 1,06.10^{-5}s \approx 10\mu s$ ce qui est conforme au texte **(0,25pt)**

Données : célérité de la lumière dans le vide, $c = 3,00 \times 10^8$ m/s ; $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19}$ J ; masse du proton : $m_p = 1,67 \times 10^{-27}$ kg

