Correction baccalauréat blanc 2010

EXERCICE n°1 : COMME UN POISSON DANS L'EAU (7 point s)

1. Étude d'une solution commerciale destinée à diminuer le pH de l'aquarium

1.1. *(0,25)* $H_3O^+ + HO^-_{(aq)} = 2\ H_2O_{(l)}$

1.2.1. *(0,25)* À l'équivalence les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques.
ou Il y a équivalence lorsqu'il y a changement de réactif limitant.

1.2.2. À l'équivalence : $n_{H_3O^+}\ \text{initiale} = n_{HO^-}\ \text{versée}$

Soit c_A la concentration en ions oxonium de la solution diluée S_A

$$c_A.V_A = c_B.V_{BE}$$

(0,25) $$c_A = \frac{c_B.V_{BE}}{V_A}$$

(0,25) V_{BE} correspond à l'abscisse du maximum de la courbe $\frac{dpH}{dV_B} = f(V_B)$ donc, d'après le graphe de la figure 1, $\mathbf{V_{BE} = 25{,}5\ mL}$ ou méthode des tagentes

(0,25) $$c_A = \frac{4{,}0\times10^{-2}\times25{,}5}{20{,}0} = \frac{10^{-2}\times25{,}5}{5{,}0} = \mathbf{5{,}1\times10^{-2}\ mol.L^{-1}}$$

1.2.3*(0,25)* La solution commerciale a été diluée 50 fois, elle est donc 50 fois plus concentrée que la solution diluée S_A.
$c_0 = [H_3O^+] = 50.c_A$
$c_0 = [H_3O^+] = 50 \times 5{,}1 \times 10^{-2} = 255\times10^{-2} = \mathbf{2{,}5\ mol.L^{-1}}$ en arrondissant par défaut.

1.3.

On effectue une dilution.

Solution mère : solution commerciale	Solution fille : dans l'aquarium
$V_{Co} = 20$ mL	$V_{aqua} = 100$ L
concentration $[H_3O^+]_{Co}$ (calculée précédemment)	$[H_3O^+]_{aqua}$ = ?

Au cours de la dilution on considère que la quantité de matière d'ions oxonium ne varie pas, donc

$$n_{H_3O^+} = [H_3O^+]_{Co}\ .\ V_{Co} = [H_3O^+]_{aqua}\ .\ V_{aqua}$$

La nouvelle concentration en ions oxonium dans l'aquarium sera

$$[H_3O^+]_{aqua} = \frac{\left[H_3O^+\right]_{Co}.V_{Co}}{V_{aqua}}$$

(0,25) Le pH sera égal à $pH = -\log[H_3O^+]_{aqua} = -\log \frac{\left[H_3O^+\right]_{Co}.V_{Co}}{V_{aqua}}$

(0,25) $\mathbf{pH} = -\log \frac{2{,}5\times20\times10^{-3}}{100} = -\log \frac{50\times10^{-3}}{1{,}00\times10^{2}} = -\log 5{,}0\times10^{-4}$

$= -\log 5 - \log10^{-4} = -0{,}7 + 4 = \mathbf{3{,}3}$

Ou :
pour passer de 20 mL à 100L on dilue :

$$\frac{100}{20\times10^{-3}} = 5\ 000$$

Donc $[H_3O^+]_{aqua} = \frac{c_0}{5\ 000}$ *(0,25)*

$[H_3O^+]_{aqua} = \frac{2{,}5}{5\ 000} = 5\times 10^{-4}$mol/L

$pH = -\log[H_3O^+]_{aqua} = 3{,}3$
(0,25)

1.4.1. *$HCO_3^-\ (aq) + H_3O^+ = CO_2\ (aq) + 2\ H_2O\ (\ell)$ (réaction 1)*

(0,25) moitié des points si (éq) ou (f) non noté pour les concentrations $K_1 = \frac{[CO_2(aq)]_{éq}}{[HCO_3^-(aq)]_{éq}.[H_3O^+]_{éq}}$

1.4.2. Couple $CO_2(aq), H_2O\ /\ HCO_3^-\ (aq)$
$CO_2(aq), H_2O + H_2O(l) = HCO_3^-\ (aq) + H_3O^+$

(0,25) $$K_A = \frac{[HCO_3^-(aq)]_{éq}.[H_3O^+]_{éq}}{[CO_2(aq)]_{éq}}$$

(0,125) On remarque que $K_1 = \frac{1}{K_A}$.

(0,125) $\mathbf{K_1} = \frac{1}{10^{-6,4}} = 10^{6,4} = \mathbf{2,5\times10^6}$

1.5.1. *(0,25)* $\mathbf{Q_{r,i} < K_1}$ donc, d'après le critère d'évolution spontanée, **le système chimique évolue dans le sens direct de l'équation de la réaction 1** : il y a donc consommation des ions H_3O^+ si l'eau est très calcaire.
1.5.2. *(0,25)* La présence des ions hydrogénocarbonate consomme des ions oxonium, la concentration en ions oxonium diminue. pH = – lg[H_3O^+], alors le pH sera plus élevé pH = 3,3 (calculé en 1.3.).
1.5.3. *(0,25)* Si l'eau n'est pas suffisamment calcaire, elle contient peu d'ions hydrogénocarbonate. Alors une trop faible partie des ions H_3O^+ apportés par la solution commerciale serait consommée. Le pH serait alors proche de celui calculé en 1.3., donc trop acide.

2. Étude de la formation des ions ammonium.

2.1. *(0,25)* D'après les coefficients stœchiométriques de l'équation, on a $\left[NH_4^+\right] = \left[OCN^-\right]$

$\sigma = \lambda_{NH_4^+}\left[NH_4^+\right] + \lambda_{OCN^-}\left[OCN^-\right]$

$\sigma = \lambda_{NH_4^+}\left[NH_4^+\right] + \lambda_{OCN^-}\left[NH_4^+\right]$

$\sigma = \left(\lambda_{NH_4^+} + \lambda_{OCN^-}\right).\left[NH_4^+\right]$

$[NH_4^+] = \frac{\sigma}{\left(\lambda_{NH_4^+} + \lambda_{OCN^-}\right)}$

2.2. Évolution du système chimique

(0,25)

2.2.1.	$(NH_2)_2CO$ (aq) = NH_4^+ (aq) + OCN^- (aq)			
État	**Avancement (mol)**	**Quantités de matière (mol)**		
		$(NH_2)_2CO$ (aq)	NH_4^+ (aq)	OCN^- (aq)
État initial	$x = 0$	c.V	0	0
État en cours d'évolution	x	c.V – x	x	x
État final en supposant la transformation totale	x_{max}	c.V – x_{max} = 0	x_{max} = c.V	x_{max} = c.V

2.2.2. *(0,25)* D'après le tableau, à chaque instant, n(NH_4^+) = x.

Or, par définition, $[NH_4^+] = \frac{n(NH_4^+)}{V}$ donc, à chaque instant, $[NH_4^+] = \frac{x}{V}$.

2.2.3. *(0,25)* $(NH_2)_2CO$ (aq) est le réactif limitant, si la transformation est totale il est totalement consommé, soit c.V – x_{max} = 0

x_{max} =c.V

$x_{max} = 0,020 \times 0,1000$

$\mathbf{x_{max} = 2,0\times10^{-3}}$ **mol**

2.3. A l'instant de date t = 110 min, le taux d'avancement de la réaction est donné par $\boldsymbol{\tau_{110}} = \frac{\mathbf{x_{110}}}{\mathbf{x_{max}}}$.

(0,25) Par lecture graphique (voir construction graphique sur la figure 2), on obtient $\mathbf{x_{110} = 1,3\times10^{-3}}$ **mol.**

Or, d'après la question 2.2.3., $\mathbf{x_{max} = 2,0\times10^{-3}}$ **mol** donc $\tau_{110} = \frac{1,3\times10^{-3}}{2,0\times10^{-3}} = \mathbf{0,65} = \boldsymbol{\tau_{110}}$.

(0,25) **Le taux d'avancement de la réaction à l'instant de date t = 110 min vaut donc 0,65.**

2.4. La vitesse volumique de réaction est donnée par la relation : $v(t) = \frac{1}{V}\left(\frac{dx}{dt}\right)$.

V étant une constante positive, v(t) évolue comme la dérivée $\left(\frac{dx}{dt}\right)$ de la fonction x = f(t) à la date t.

(0,25) Or ce terme correspond au coefficient directeur de la tangente à la courbe $x = f(t)$ à la date t. Graphiquement, on voit qu'il diminue au cours du temps (voir construction graphique sur la figure 2).

On en déduit donc que **la vitesse volumique de réaction v(t) diminue au cours du temps**.

2.5. *(0,25)* Le taux d'avancement final est donné par la relation $\tau = \dfrac{x_f}{x_{max}}$.

$$\tau = \frac{[NH_4^+]_f.V}{x_{max}} = \frac{[NH_4^+]_f.V}{c.V} = \frac{[NH_4^+]_f}{c}$$

$\tau = \dfrac{2,0\times10^{-2}}{0,020} = 1,0$ **La transformation étudiée est totale.**

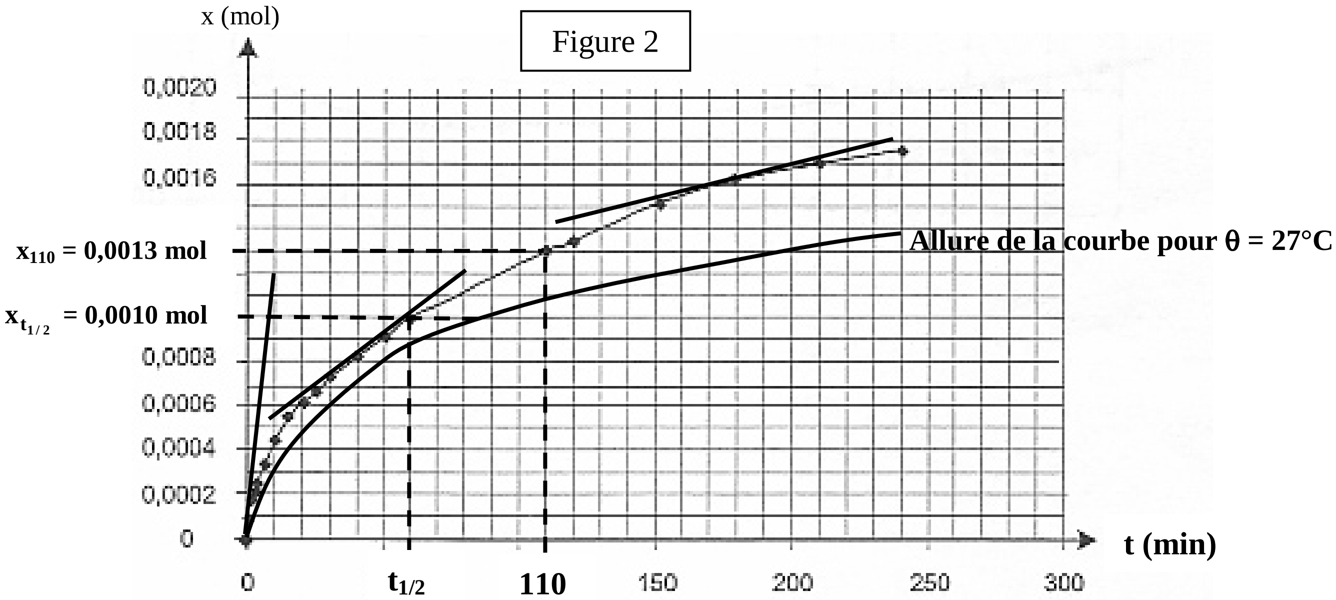
2.6. *(0,25)* **Le temps de demi-réaction $t_{1/2}$ est la durée nécessaire pour que l'avancement atteigne la moitié sa valeur finale.**

(0,25) Pour $t = t_{1/2}$, on a donc $x_{t_{1/2}} = \dfrac{x_f}{2} = \dfrac{2,0\times10^{-3}}{2} = 1,0\times10^{-3}$ **mol =** $x_{t_{1/2}}$.

(0,25) Par lecture graphique (voir construction graphique sur la figure 2), on obtient **$t_{1/2}$ proche d'une heure**.

2.7. *(0,25)* + *(0,25 tracé)* La température est un facteur cinétique dont la diminution conduit, en général, à la diminution de la vitesse de réaction donc à l'augmentation du temps de demi-réaction.
Ainsi, si la température de l'aquarium n'est que de 27 °C, **la valeur du temps de demi-réaction sera plus grande que 60 min** d'où l'allure de la courbe proposée (voir construction graphique sur la figure 2).
L'avancement final sera atteint plus lentement.

2.8. *(0,25)* L'aquarium doit être « bien planté » de sorte que **les plantes vertes consomment les ions nitrate pour qu'ils ne s'accumulent pas dans l'aquarium** ce qui risquerait de compromettre la vie des poissons.

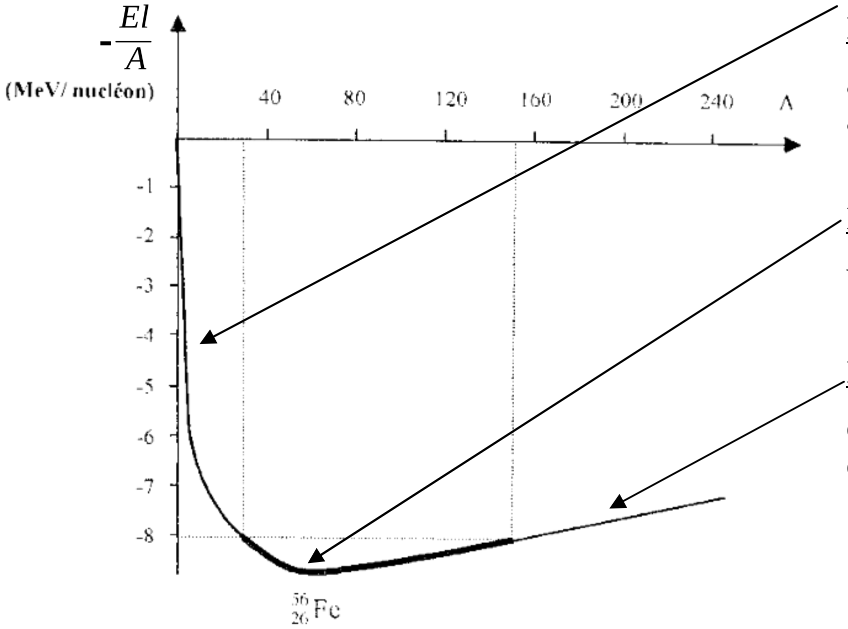


EXERCICE n°2 : Du Big Bang aux éléments chimiques (6,5 points)

1.1. *(0,25)* La dernière phrase du texte fait allusion à l'équivalence entre masse et énergie.
1.2. *(0,25)* E = m.c²
(0,25) E énergie de masse en joules (J)
masse en kilogrammes (kg)
c célérité de la lumière en $m.s^{-1}$
2. $E = 2m_e.c^2$
$E = 2\times9{,}11\times10^{-31}\times(2{,}998\times10^8)^2$
(0,25) $E = 1{,}64\times10^{-13}$ J
on divise le résultat précédent par $1{,}602\times10^{-13}$
(0,25) E = 1,02 MeV
3. *(0,25)* Composition d'un noyau de deutérium ${}^2_1H$: Z =1 donc contient un proton
et A–Z = 1 donc contient 1 neutron.
4.1. *(0,25)* ${}^0_1e$ représente un positron, antiparticule de l'électron.
4.2. *(0,25)* Il s'agit d'une réaction de **fusion** thermonucléaire.
4.3. Au cours d'une transformation nucléaire, il y a conservation :
-*(0,25)* du nombre de nucléons : le nombre de nucléons du noyau père est égal au nombre de nucléons du noyau fils et de la particule formée.
-*(0,25)* du nombre de charges : le nombre de charge du noyau père est égal au nombre de charge du noyau fils et de la particule formée.

4.3. perte de masse *(0,25)* $= \Sigma\, m_{initiales} - \Sigma\, m_{finales} = 4m_H - (m_{He} + 2m_e)$
$= 4 \times 1{,}6726\times10^{-27} - (6{,}6447\times10^{-27} + 2\times9{,}11\times10^{-31})$
$= 4 \times 16726\times10^{-31} - (66447\times10^{-31} + 18{,}22\times10^{-31}) = 4\times16726\times10^{-31} - ((66447+18)\times10^{-31})$
(0,25) $= 439\times10^{-31}$ kg = $\mathbf{4{,}39\times10^{-29}}$ **kg**
Remarque : la variation de masse est négative ($\Sigma\, m_{finales} - \Sigma\, m_{initiales}$), elle est opposée à la perte de masse.
5. *(0,25)* Une particule α est un noyau d'hélium ${}^4_2He$.
(0,25) Le processus est appelé triple alpha car il y a fusion de trois noyaux d'hélium (particules α)
6.1. *(0,25)* L'énergie de liaison est l'énergie qu'il faut fournir à un noyau pris au repos pour le dissocier en ses nucléons séparés eux mêmes au repos.
(E*l* = Δm.c² où Δm représente le défaut de masse (masse des nucléons séparés – masse du noyau)
E*l* est positive, Δm est positif
E*l* s'exprime en J ou en MeV.)
6.2. *(0,25)* Pour le carbone 12: $\frac{El}{A} = \frac{92{,}2}{12} = 7{,}68$ MeV/nucléon

6.3. *(0,25)* Le noyau de fer est le plus stable, il possède $\frac{El}{A}$ la plus élevée. Il faut fournir plus d'énergie au noyau pour parvenir à le dissocier en ses nucléons isolés.
6.4.1.



<u>Domaine 1:</u> Quand A augmente, alors $\frac{El}{A}$ augmente. Donc la stabilité des noyaux augmente. *(0,25)*

<u>Domaine 2:</u> Quand A augmente alors $\frac{El}{A}$ varie peu. Les noyaux sont stables. *(0,25)*

<u>Domaine 3:</u> Quand A augmente, alors $\frac{El}{A}$ diminue. Donc la stabilité des noyaux diminue. *(0,25)*

6.4.2. *(0,25)* Dans le domaine 1, concernant les plus petits noyaux, des réactions de fusion nucléaire permettent de former des noyaux avec un nombre de nucléons plus élevés, et donc des noyaux plus stables.
(0,25) Dans le domaine 3, concernant les plus gros noyaux, des réactions de fission nucléaire permettent de former des noyaux avec un nombre plus faible de nucléons, et donc des noyaux plus stables.

6.4.3. *(0,25)* La synthèse des éléments chimiques au cœur des étoiles s'arrête à l'élément fer car celui-ci est le plus stable des noyaux, il possède la valeur de $\frac{El}{A}$ la plus élevée. Il est trop stable pour fissionner ou fusionner.

7.1. *(0,25)* Si un noyau gagne un neutron, alors son numéro atomique Z n'est pas modifié. Or c'est le numéro atomique qui caractérise un élément chimique. Ce scénario permet d'obtenir des isotopes d'un noyau mais pas de créer de nouveaux éléments chimiques.

7.2. *(0,25)* Désintégration β^-: ${}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y^* + {}^{0}_{-1}e \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + \gamma$ désexcitation non obligatoire
émission d'un électron et formation du noyau fils dans un état excité, puis désexcitation du noyau fils avec émission de rayonnement électromagnétique gamma.

7.3. *(0,25)* On peut penser que les deux scénarios puissent être à nouveau envisagés pour le noyau fils. Ainsi un nouvel élément chimique avec un numéro atomique encore supérieur serait formé.
Cependant, pour les noyaux possédant un grand nombre de nucléons (donc pour des valeurs élevées de Z et de A), ils seront instables mais subiront des désintégrations α. Alors le numéro atomique cessera de croître.

EXERCICE n°3 : MECANIQUE DU VOL D'UN BALLON SONDE (6,5 points)

1. Mécanique du vol

1.1. Condition de décollage du ballon

1.1.1. Dans un référentiel terrestre (supposé Galiléen) effectuons le bilan des forces qui s'exercent sur l'ensemble {ballon + nacelle} :

- *(0,25)* le poids $\vec{P}$ de direction verticale et de sens vers le bas.
- *(0,25)* La poussée d'Archimède $\vec{F}_A$ de direction verticale et de sens vers le haut
- *(0,25)* La force de frottement de l'air $\vec{f}$ de direction verticale et de sens opposé au mouvement donc vers le bas.

1.1.2. *(0,25)* La poussée d'Archimède est égale au poids du volume d'air déplacé **:** $F_A = \rho \times V_b \times g$
En négligeant le volume de la nacelle devant celui du ballon.

1.1.3. *(0,25)* $\vec{P} + \vec{F}_A + \vec{f} = M \times \vec{a}$

1.1.4. *(0,5)* Le vecteur accélération doit être vertical et orienté vers le haut.
En projetant sur un axe vertical orienté vers le haut (Oz), il vient :
(0,5) $-M \times g + \rho \times V_b \times g = M \times a_z$ **(1)**
Pour que le ballon décolle il suffit que $a_z > 0$ soit $-M \times g + \rho \times V_b \times g > 0$
(Juste après le décollage, la force de frottement est négligeable car la vitesse v est très faible)
alors : *(0,25)* $M < \rho \times V_b$

1.1.5. Masse du système avec le matériel scientifique $M' = m + m' + m_{max}$
Pour décoller, il faut $M' < M$ donc $M' < \rho \times V_b$
soit $m + m' + m_{max} = \rho \times V_b$
$m_{max} = \rho \times V_b - m - m'$
(0,5) $m_{max} = 1,22 \times 9 - 2,10 - 0,50 = 8,4$ kg

1.2. Ascension du ballon :

1.2.1. L'expression (1) obtenue au 1.1.4. nous donne : $-M\times g - K\times\rho\times v^2 + \rho\times V_b\times g = M\times\frac{dv}{dt}$

$$\frac{dv}{dt} = \frac{-K\times\rho}{M}\times v^2 + \frac{\rho\times V_b\times g - M\times g}{M} \qquad \textit{(0,5)}$$

A = $\frac{-K\times\rho}{M}$ *(0,125)*

B = $\frac{\rho\times V_b\times g - M\times g}{M}$ *(0,125)*

1.2.2. Date t en s	Valeur de la vitesse $v(t_n)$ en $m.s^{-1}$	Valeur de l'accélération $a(t_n)$ en $m.s^{-2}$	$\Delta v(t_n)$ en $m.s^{-1}$ $\boldsymbol{\Delta v(t_n) = a(t_n).\Delta t}$
$t_0 = 0,0$	0	13,6	$\Delta v(t_0) = (13,6\times0,05)$ $\Delta v(t_0) = 0,68$
$t_1 = 0,05$	$v_1 = v_0 + \Delta v(t_0)$ $v_1 = 0,68$	$a(t_1) = A.v_1^2 + B$ $a(t_1) = -0,53\times(0,68)^2 + 13,6$ $a(t_1) = 13,4$	$\Delta v(t_1) = a(t_1).\Delta t$ $\Delta v(t_1) = 0,67$
$t_2 = 0,10$	$v_2 = v_1 + \Delta v(t_1)$ $v_2 = 1,35$	*5 × (0,25)*	

1.3. Vitesse limite du ballon :

1.3.1. *(0,5)* Quand la vitesse limite est atteinte $\frac{dv}{dt} = 0$ $\qquad A\times v^2 + B = 0$ $\qquad v_l = \sqrt{\frac{-B}{A}}$

1.3.2. *(0,25)* $v_l = \sqrt{\frac{-13,6}{-0,53}} = 5,1\ m.s^{-1}$

1.3.3. *(0,25)* L'asymptote à la courbe nous donne une valeur de v_l légèrement supérieure à 5 $m.s^{-1}$.
La valeur de la vitesse limite obtenue par la méthode d'Euler est cohérente avec celle obtenue par l'équation différentielle.

2. Le poids et la poussée d'Archimède varient-ils avec l'altitude ?

2.1. *(0,25)* Le poids :

$\frac{\Delta g}{g} = \frac{g_{9000} - g_0}{g_0} = \frac{9,7789 - 9,8066}{9,8066} = 0,28\% < 1\%$ et ce pour les deux valeurs de g extrêmes du tableau, l'accélération de pesanteur peut être considérée comme constante à moins de 1% près.

2.2. *(0,25)* La poussée d'Archimède : $F_A = \rho\times V_b\times g$
« En montant, le ballon grossit car la pression atmosphérique diminue » donc le volume du ballon augmente ; l'intensité de pesanteur est quasiment constante (voir question précédente) mais la masse volumique diminue. Donc deux des paramètres de F_A varient en sens contraire, on ne peut pas conclure (proposition d).