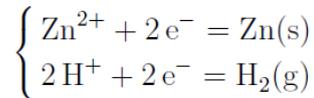


Exercice 1. DES PILES HISTORIQUES (5 points) _ 22-PYCJ2ME1

1. Étude de la pile Volta

Q1. On a, pour les couples du zinc et du dihydrogène, les demi-équations électroniques :



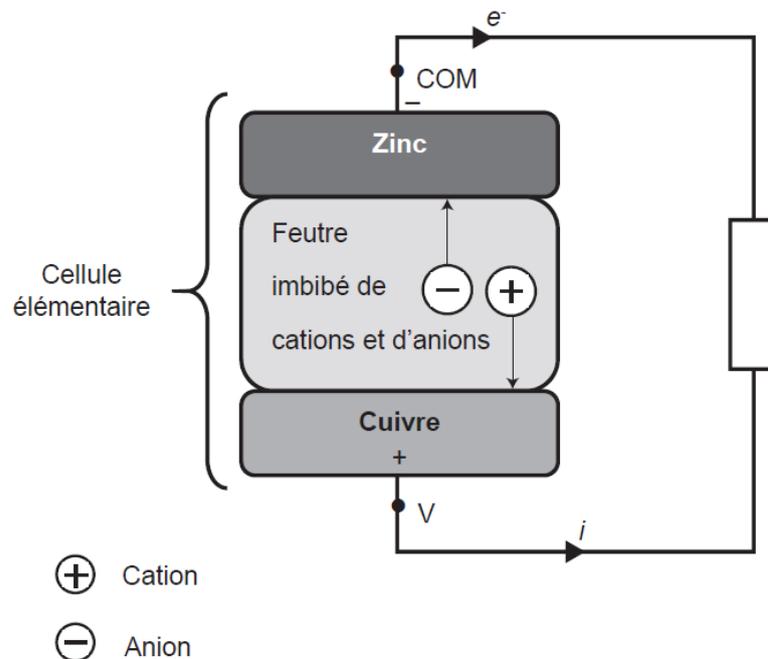
En les sommant, il vient alors :



Qui est bien la transformation en jeu lorsque la cellule débite.

Q2. L'électrode jouant le rôle de cathode est celle étant le siège d'une réduction. L'électrode jouant ce rôle est donc celle de cuivre au niveau de laquelle les ions hydrogène sont réduits en dihydrogène gazeux.

Q3. On complète le schéma qui est donné en annexe :



Q4. Le voltmètre est branché de manière à faire entrer les électrons par la borne COM et les faire sortir par la borne V, il est donc cohérent que la tension mesurée soit positive.

Q5. Sur le graphique qui nous est donné, on peut faire l'hypothèse que la tension électrique est linéairement dépendante du nombre de cellules.

On a alors, par lecture graphique du coefficient directeur de la droite,

$$U = 0,9N$$

Q6. Selon ce modèle, pour obtenir un courant $U = 100\text{ V}$, il faudrait $N = 100/0,9 = 112$ cellules.

Ce qui rend la pile Volta non envisageable pour des tensions supérieures à la dizaine de volts.

2. La pile Daniell

Q7. L'équation de fonctionnement de la pile est :



Sachant que les quantités de matière initiales sont $n_{\text{Zn},0} = 100/65,4 = 1,53 \text{ mol}$ et $n_{\text{Cu}^{2+},0} = 0,100 \times 0,1 = 0,01 \text{ mol}$, le réactif limitant sera donc bien l'ion cuivre II.

Q8. On a la capacité électrique de la pile :

$$Q = n(e^-)\mathcal{F}$$

Mais on sait que l'on a aussi la relation en fonction du courant :

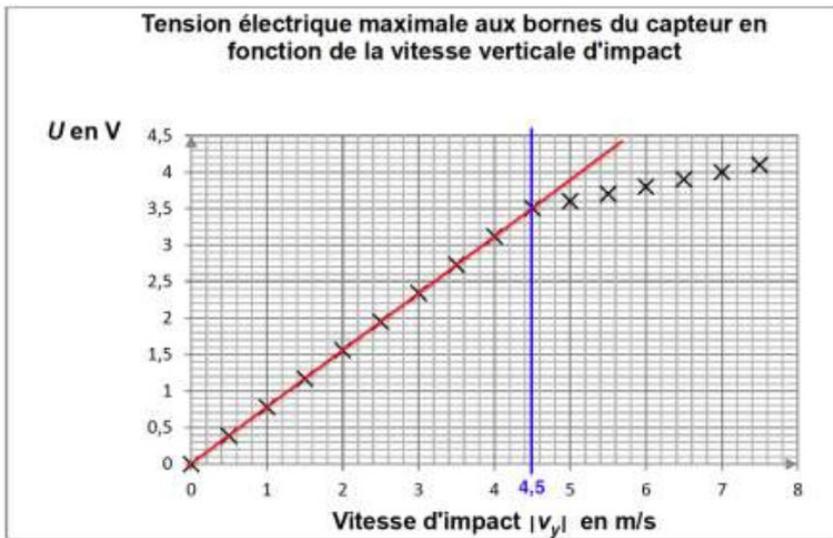
$$Q = i\Delta t$$

D'où, il vient :

$$\Delta t = \frac{n(e^-)\mathcal{F}}{i} = \frac{2 \times 9,65 \times 10^4}{20 \times 10^{-3}} = 9,65 \times 10^6 \text{ s}$$

La pile pourra donc alimenter un appareil fonctionnant à $i = 20 \text{ mA}$ pendant $\Delta t = 2681 \text{ heures}$. Elle est donc toute indiquée pour alimenter durablement des petits appareils pour lesquels on cherchera à avoir une durée de fonctionnement sans charge relativement longs, comme par exemple des appareils auditifs (on notera que $2681 \text{ heures} = 111 \text{ jours}$).

Exercice 2. UNE TABLE DE TENNIS DE TABLE CONNECTÉE (5 points) _ 22-PYCJ1LR1



Graphiquement on a une droite passant par l'origine pour des vitesses d'impact $|v_y|$ inférieures à $4,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Ainsi, la tension électrique U est proportionnelle à $|v_y|$ pour des vitesses d'impact $|v_y|$ inférieures à $4,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

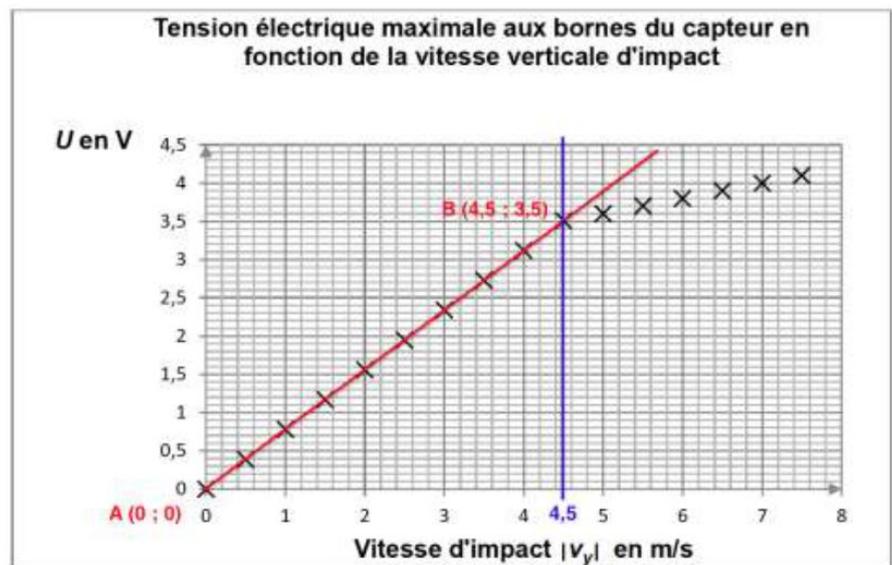
$$k = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}$$

$$k = \frac{3,5 - 0}{4,5 - 0}$$

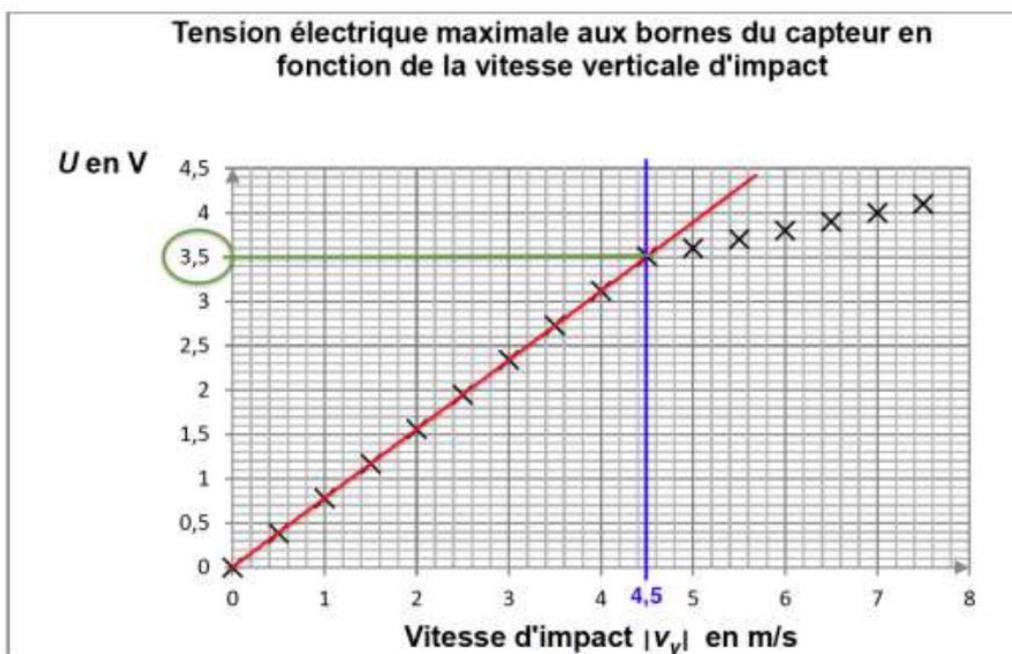
$$k = 0,78 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{V}^{-1}$$

D'où

$$U = 0,78 \times |v_y|$$



2.



La relation de proportionnalité est valable pour des vitesses d'impact $|v_y|$ inférieures à $4,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ soit jusqu'à $U=3,5\text{V}$.

D'où « $U_{\text{lim}} = 3,5$ »

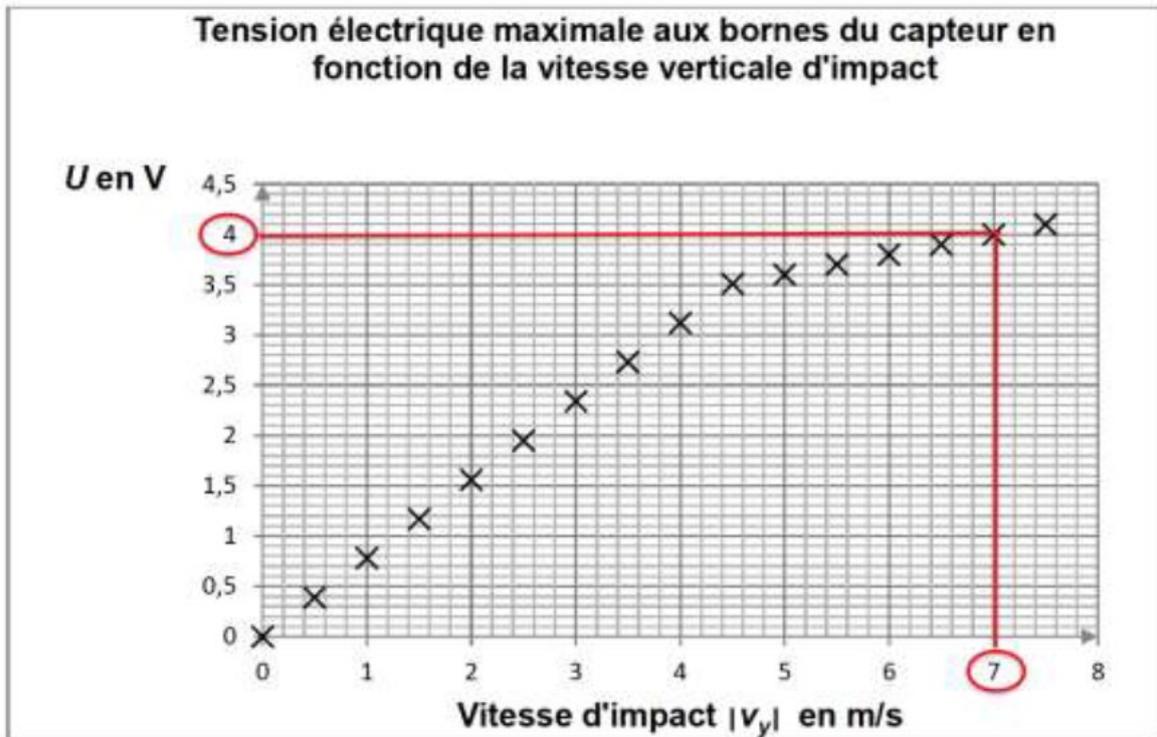
3.

Pour une tension U de 4,0 V :

$$v = 5,0 \times U - 13$$

$$v = 5,0 \times 4,0 - 13$$

$$v = 7 \text{ m. s}^{-1}$$



La valeur trouvée est la même que la valeur mesurée.

4.

La position de ce centre de masse est au centre de la balle soit $d/2=20$ mm.

On peut considérer la balle comme un point.

5.

La force appliquée à la balle pendant son mouvement est le poids \vec{P} :

- direction : verticale
- sens : vers le bas
- valeur : $P = mg = 2,7 \cdot 10^{-3} \times 9,8 = 2,7 \cdot 10^{-2} \text{ N}$

6.

Système {balle de Ping-pong}

Référentiel terrestre supposé galiléen

D'après la deuxième loi de Newton :

$$\Sigma \vec{F}_{\text{ext}} = m\vec{a}$$

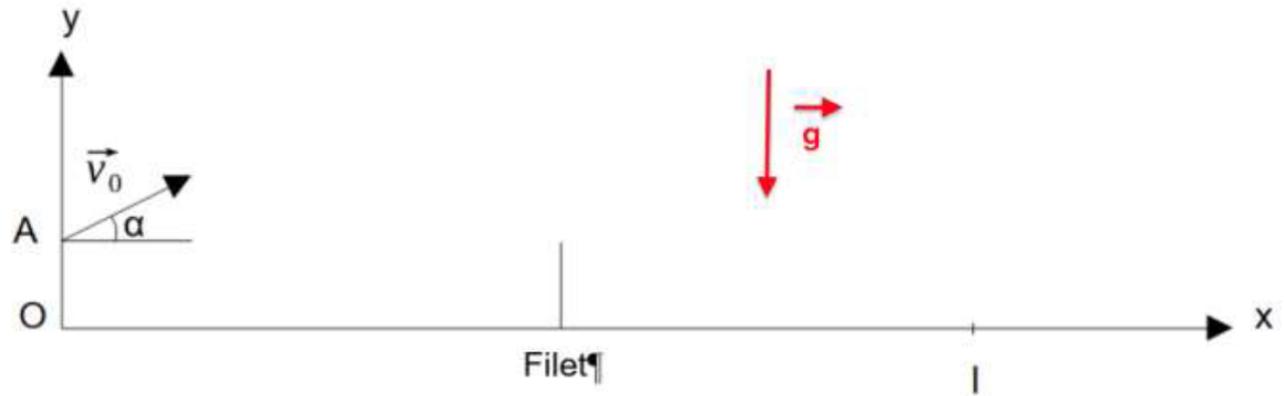
$$\vec{P} = m\vec{a}$$

$$m\vec{g} = m\vec{a}$$

$$\vec{g} = \vec{a}$$

Or

$$\vec{g} \begin{cases} 0 \\ -g \end{cases}$$



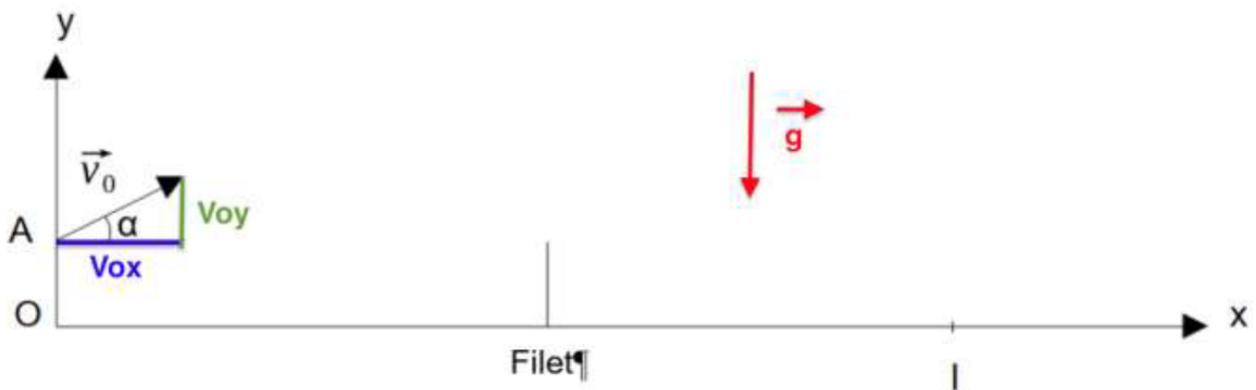
Le vecteur accélération du centre d'inertie du solide est égal au vecteur champ de pesanteur.

$$\vec{a} \begin{cases} a_x(t) = 0 \\ a_y(t) = -g \end{cases}$$

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

On intègre le système d'équation précédent :

$$\vec{v}(t) \begin{cases} v_x(t) = C_1 \\ v_y(t) = -gt + C_2 \end{cases}$$



Pour trouver les constantes, on utilise \vec{v}_0

$$\vec{v}_0 \begin{cases} v_{0x} = v_0 \cos \alpha \\ v_{0y} = v_0 \sin \alpha \end{cases}$$

d'où

$$\vec{v}(t) \begin{cases} v_x(t) = v_0 \cos \alpha \\ v_y(t) = -gt + v_0 \sin \alpha \end{cases}$$

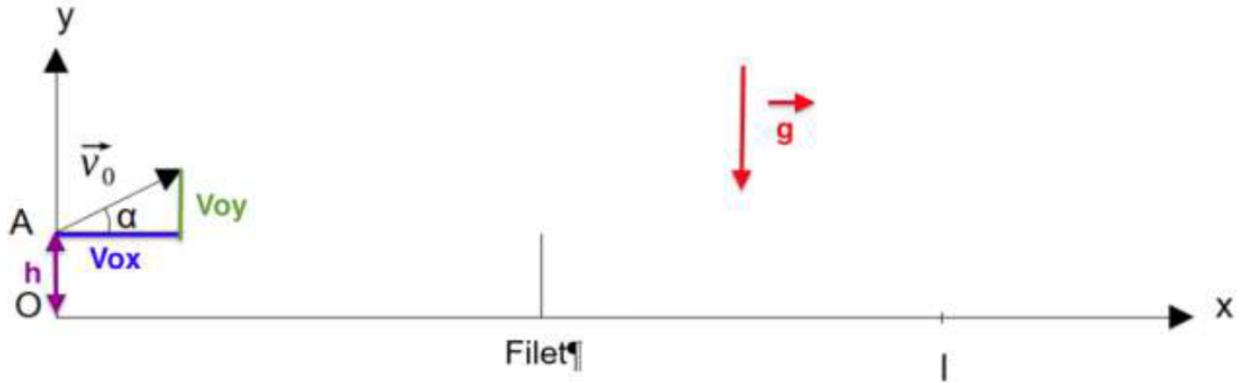
7.

$$\vec{v} = \frac{d\vec{OG}}{dt}$$

On intègre le système d'équation précédent :

$$\vec{OG} \begin{cases} x(t) = v_0 \cos(\alpha) \times t + C_3 \\ y(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0 \sin(\alpha) \times t + C_4 \end{cases}$$

Pour trouver les constantes, on utilise \vec{OA}



$$\vec{OA} \begin{cases} x_A = 0 \\ y_A = h \end{cases}$$

d'ou

$$\vec{OG} \begin{cases} x(t) = v_0 \cos(\alpha) \times t \\ y(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0 \sin(\alpha) \times t + h \end{cases}$$

8.

D'après l'énoncé : " À la date t_i , elle touche la table au point d'impact I de coordonnées $(x_i; 0)$."

Calculons x pour $t = 0,55s$

$$x(t) = v_0 \cos(\alpha) \times t$$

$$x(t) = 5,0 \cos(30) \times 0,55$$

$$x(t) = 2,4 \text{ m}$$

$$x(t) = 2,4 \text{ m}$$

Le point O est au bord de la table et l'axe Ox est parallèle au grand côté de la table dont la longueur est 2,74 m.

$x < 2,74 \text{ m}$: La balle tombe sur la table

9.

Pour calculer U, calculons la vitesse v_y :

$$v_y(t) = -gt + v_0 \sin \alpha$$

$$v_y(t=0,55) = -9,8 \times 0,55 + 5,0 \sin(30)$$

$$v_y(t=0,55) = -2,9 \text{ m. s}^{-1}$$

$$|v_{y(t=0,55)}| = 2,9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Or, la tension électrique U est proportionnelle à $|v_y|$ pour des vitesses d'impact $|v_y|$ inférieures à $4,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. (Question 1)

1^{ère} méthode .

D'après la question 1 :

$$U = 0,78 \times |v_y|$$

$$U = 0,78 \times 2,9$$

$$U = 2,3 \text{ V}$$

2nd méthode .

D'après le programme python :

$$v = 1,3 \times U$$

$$1,3 \times U = v$$

$$U = \frac{v}{1,3}$$

$$U = \frac{2,9}{1,3}$$

$$U = 2,2 \text{ V}$$

Exercice 3. CONTROLE DE LA QUALITÉ D'UN BIBERON (10 points) _ 23-PYCJ1G11

Partie A : Dosage spectrophotométrique des ions nitrate dans une eau

1. On cherche la longueur d'onde λ à choisir judicieusement pour procéder au titrage. Une solution ayant pour couleur la complémentaire de son maximum d'absorption, la solution étudiée (couleur jaune) admettra un maximum d'absorption dans le bleu.

On choisit donc de travailler à $\lambda = 440 \text{ nm}$.

2. La loi de Beer-Lambert précise que l'absorbance est proportionnelle à la concentration en espèce colorée. Ainsi, grâce à la droite d'étalonnage qui nous est fournie, on lit graphiquement $t_1 = 3,2 \times 10^{-2} \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$.

3. On a, pour l'incertitude-type :

$$\frac{u(t_1)}{t_1} \sim 0,15 \implies u(t_1) \sim 0,15t_1 = 0,15 \times 3,2 \times 10^{-2}$$

D'où, $t_1 = 3,2(\pm 0,5) \times 10^{-2} \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$.

Partie B : Dosage par titrage conductimétrique des ions nitrate

4. À l'étape 2, on mesure la conductivité en fonction du volume versé de dichromate de potassium.

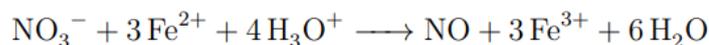
L'espèce titrante est donc le dichromate $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, et l'espèce titrée les ions fer (II) Fe^{2+} .

5. À l'équivalence, *i.e.* au changement de pente, on a :

$$\frac{n(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-})}{1} = \frac{n(\text{Fe}^{2+})_e}{6} \implies \boxed{n(\text{Fe}^{2+})_e = 6CV_E}$$

D'où, $n(\text{Fe}^{2+})_e = 6 \times 5,0 \times 10^{-2} \times 12 \times 10^{-3} = 3,6 \text{ mmol}$

6. La réaction étudiée est la suivante :



de réactif limitant NO_3^- . Ainsi, la réaction admet un avancement maximal $\xi_m = n(\text{NO}_3^-)$. Les ions fer (II) n'étant pas intégralement consommés, on aura ¹ :

$$n(\text{Fe}^{2+})_e = n(\text{Fe}^{2+})_{\text{tot}} - 3\xi_m \implies 3\xi_m = n(\text{Fe}^{2+})_{\text{tot}} - n(\text{Fe}^{2+})_e$$

On a donc bien, finalement,

$$n(\text{NO}_3^-) = \frac{1}{3} \left(n(\text{Fe}^{2+})_{\text{tot}} - n(\text{Fe}^{2+})_e \right)$$

7. On calcule donc :

$$n(\text{NO}_3^-) = \frac{1}{3} \left(4,0 \times 10^{-3} - 3,6 \times 10^{-3} \right) = \underline{0,1 \times 10^{-3} \text{ mol}}$$

Ou, en concentration massique :

$$t_2 = \frac{m}{V} = \frac{n(\text{NO}_3^-)M(\text{NO}_3^-)}{V} = \frac{0,1 \times 10^{-3} \times 62,0}{250,0 \times 10^{-3}} = \underline{0,33 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} = 33 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}}$$

1. On peut très bien faire un tableau d'avancement pour s'en convaincre.

8. On calcule l'incertitude-type sur t_2 :

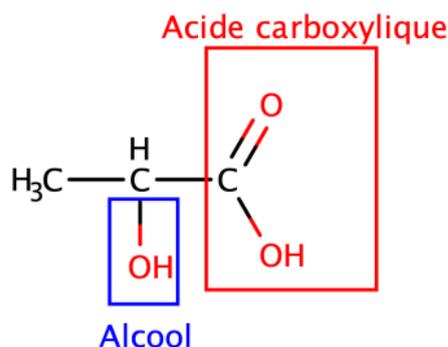
$$u(t_2) = 33 \times \sqrt{\left(\frac{0,2}{5,0}\right)^2 + \left(\frac{0,2}{250}\right)^2 + \left(\frac{0,5}{12}\right)^2} = 1,9 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$$

D'où, la concentration massique en ions nitrate vaut $t_2 = \underline{33(\pm 1,9) \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}}$.

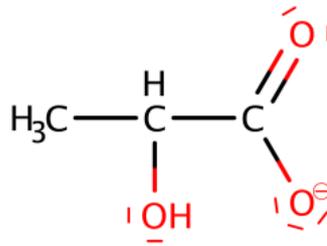
9. On remarque alors que les deux résultats obtenus, en prenant en compte leurs incertitudes, restent inférieurs à la concentration maximale autorisée par l'OMS. L'eau est donc potable.

Partie C : Combien de temps peut-on conserver un biberon ?

10. On entoure et nomme les groupes caractéristiques de la molécule d'acide lactique :



11. On représente l'ion lactate :



12. On a le diagramme de prédominance du couple acide lactique / ion lactate :



On remarque alors que dans le biberon ($\text{pH} = 6,2$) l'espèce prédominante est l'ion lactate.

13. La constante d'acidité d'un couple est la constante d'équilibre associée à la réaction de l'acide sur l'eau. Ainsi, on a :

$$K_A = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[AH]c^\circ}$$

14. On a :

$$K_A = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[AH]c^\circ} \implies [A^-] = \frac{K_A[AH]}{[H_3O^+]}$$

Et comme $\text{p}K_{a_{AH/A^-}} = -\log(K_A)$ et $\text{pH} = -\log([H_3O^+])$, il vient :

$$[A^-] = \frac{10^{-3,9}}{10^{-6,2}}[AH] = 199,5[AH]$$

Et on a donc bien $[A^-] \approx 200[AH]$

15. On titre l'acide lactique par la soude, la réaction support du titrage est donc la suivante :



16. On cherche la concentration en masse d'acide lactique dans le lait de biberon. À l'équivalence, on a :

$$\frac{n(\text{AH})}{1} = \frac{n(\text{HO}^-)}{1} \implies CV_L = c_B V_{BE} \implies C = \frac{c_B V_{BE}}{V_L}$$

Ce qui donne, en masse :

$$C_m = CM(\text{AH}) = \frac{c_B V_{BE}}{V_L} M(\text{AH})$$

D'où,

$$C_m = \frac{2,0 \times 10^{-2} \times 12,2 \times 90,0}{40} = 0,5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$

Le lait contient donc une concentration massique $C_m = 0,5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ d'acide lactique.

17. Le paramètre ayant une incidence sur la valeur de V_{BE} est le volume V_L de lait : en effet, c'est par cette mesure que l'on apporte l'espèce titrée.
18. On souhaite savoir au bout de combien de temps les échantillons 2 et 3 ne sont plus frais. Mais avant, il faut associer les courbes aux échantillons.

Pour cela, on sait que la température est un facteur cinétique, qui accélère une réaction chimique : on sait donc que la courbe (a) correspond à l'échantillon 3, et la courbe (b) à l'échantillon 2.

Maintenant, on va lire graphiquement au bout de combien de temps la concentration en acide lactique dépasse $C_l = 18 \times 0,1 = 1,8 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$. Graphiquement, on lit $t_2 = 42 \text{ h}$ pour l'échantillon 2, et $t_3 = 24 \text{ h}$ pour l'échantillon 3.