
Calculatrices autorisées.

Autour du sang : pH, teneur et consommation en dioxygène, hydrodynamique et pouls

À partir d'un liquide d'intérêt biologique, le sang, le problème aborde l'étude du pouvoir tampon (Partie - I), le principe de la mesure d'une teneur en dioxygène et sa consommation animale (Partie - II), l'hydrodynamique d'un fluide visqueux (Partie - III), et enfin propose une modélisation de la propagation d'une onde de pression sanguine (Partie - IV). Ces quatre parties sont indépendantes.

Partie I - Le sang : un milieu tamponné

Dans cette partie, tous les calculs seront effectués à 37°C, température du corps humain.

Données :

Produit ionique de l'eau $K_e = 2,40 \cdot 10^{-14}$

Constante d'acidité $K_a (H_2CO_3 / HCO_3^-) = 4,30 \cdot 10^{-7}$

L'activité métabolique et l'ingestion d'aliments peuvent introduire des espèces acido-basiques dans le sang. Or, la survie des cellules nécessite que le pH varie très peu autour d'une valeur optimale. Ainsi le sang humain constitue un milieu tamponné : son pH varie très peu par addition d'un acide ou d'une base ou par dilution. Le pH reste compris dans l'intervalle 7,36 – 7,44 en temps normal.

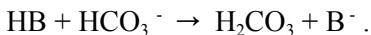
I.A - Le sang est en partie tamponné par le couple H_2CO_3 / HCO_3^- de concentration totale 0,0280 mol.L⁻¹.

I.A.1) Donner les schémas de Lewis de la molécule H_2CO_3 et de

l'ion HCO_3^- . Préciser leur géométrie d'après le modèle VSEPR.

I.A.2) Sachant que le pH du sang vaut 7,40, calculer les concentrations en H_2CO_3 et HCO_3^- avec trois chiffres significatifs.

I.B - Lors d'un effort physique important, il se forme de l'acide lactique $\text{CH}_3 - \text{CHOH} - \text{COOH}$, noté HB, qui est ensuite éliminé dans le sang sous la forme d'ion lactate B^- selon la réaction prépondérante quantitative :



I.B.1) L'acide lactique produit dans les cellules est de configuration S. Donner sa représentation de Cram.

I.B.2) Pour un apport de $2,00 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ d'acide lactique, quelle est la nouvelle valeur du pH du sang ? Cette valeur est-elle compatible avec la vie ?

I.B.3) En réalité, la respiration permet de maintenir constante la concentration en H_2CO_3 en éliminant l'excès de H_2CO_3 par l'expiration de dioxyde de carbone. Dans ces conditions, quelle est la nouvelle valeur du pH après un apport de $2,00 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ d'acide lactique ?

Partie II - Le dioxygène : mesure in vivo et consommation animale

II.A - Sonde de Clark

Dans cette partie, tous les calculs seront effectués à 25° C. **Données :**

$$\frac{RT}{F} \ln(10) = 0,06 \text{ V}$$

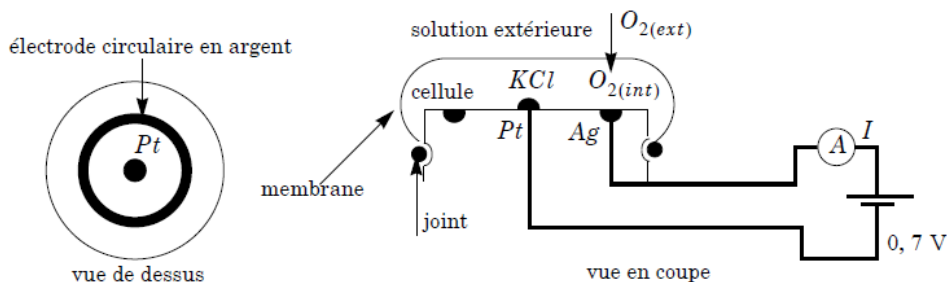
Potentiel standard $E^\circ(\text{Ag}^+ / \text{Ag}) = 0,80 \text{ V}$

Produit de solubilité $K_s(\text{AgCl}) = 2,1 \cdot 10^{-11}$

Masses molaires

K : 39 g.mol^{-1} ; Cl : $35,5 \text{ g.mol}^{-1}$

La sonde de Clark est très utilisée en biologie afin de mesurer la teneur en dioxygène dans le sang.



Elle est constituée d'une cellule contenant une solution non saturée de chlorure de potassium KCl à 175 g. L^{-1} , séparée d'une solution extérieure (qui peut être du sang) par une membrane de polytétrafluoroéthylène (PTFE). Cette membrane est imperméable au solvant et aux ions, mais elle est perméable au dioxygène. La sonde est également constituée d'une électrode d'argent et d'une électrode de platine entre lesquelles on applique une différence de potentiel de 0,7 V. La mesure de l'intensité I du courant d'électrolyse permet de déterminer la teneur en dioxygène dans la solution extérieure.

II.A.1) Le PTFE est obtenu par polyaddition du tétrafluoroéthylène. Donner la formule chimique du PTFE.

II.A.2) Calculer la concentration en ion chlorure dans la cellule. En déduire la concentration en ion Ag^+ permettant d'obtenir le précipité de chlorure d'argent $AgCl$.

II.A.3) Au niveau de l'électrode d'argent, on assiste à l'oxydation du

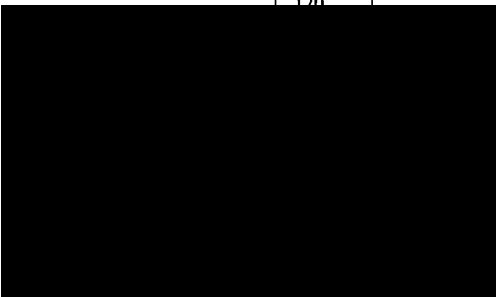
couple AgCl / Ag .

Au niveau de l'électrode de platine, on assiste à la réduction du couple $\text{O}_2 / \text{H}_2\text{O}$.

a) Écrire les demi-équations électroniques correspondantes. Préciser l'anode et la cathode.

b) Le graphe ci-contre donne les courbes intensité-potentiel des deux électrodes de la sonde de Clark. Identifier les courbes (1) et (2).

$I(\mu\text{A})$
120



c) Calculer le potentiel standard du couple AgCl / Ag . En déduire le potentiel d'équilibre de l'électrode d'argent. Cette valeur est-elle conforme à la courbe intensité-potentiel ?

d) Pour une différence de potentiel de 0,7 V, calculer l'intensité I de la sonde.

e) D'après les courbes intensité-potentiel, expliquer pourquoi la diffusion du dioxygène à travers la membrane limite la cinétique de l'électrolyse.

II.A.4) On s'intéresse plus particulièrement à la diffusion du dioxygène à travers la membrane. On note D le coefficient de diffusion moléculaire du dioxygène à travers la membrane, et K la constante de solubilité de O_2 dans la membrane. Au niveau d'une interface membrane/solution, on a ainsi

$$[\text{O}_2]_{\text{membrane}} = K [\text{O}_2]_{\text{solution}}.$$

a) On note δ l'épaisseur de la membrane et S sa surface. Rappeler la loi de Fick dans le cas d'une diffusion unidirectionnelle. En déduire l'expression I_n du courant particulaire dans la membrane.

b) En supposant que la diffusion de O_2 à travers la membrane limite la cinétique de l'électrolyse, exprimer l'intensité électrique d'électrolyse I en fonction notamment des concentrations molaires en O_2 dans la solution extérieure et dans la cellule, notées respectivement $[\text{O}_2]_{\text{ext}}$ et $[\text{O}_2]_{\text{int}}$.

c) L'intensité d'électrolyse est maximale pour $[\text{O}_2]_{\text{int}} = 0$. En déduire comment la mesure de I_{max} permet de connaître la teneur en O_2 dans la solution extérieure.

II.A.5) On note U la différence de potentiel appliquée aux bornes de la sonde.

a) Tracer l'allure du graphe $I(U)$ pour U compris entre 0 et 0,7 V.

b) Pourquoi ne faut-il pas appliquer une différence de potentiel trop faible pour pouvoir déterminer la teneur en O_2 ?

c) Pourquoi ne faut-il pas appliquer une différence de potentiel très supérieure à 0,7 V ?