

## Chapitre 5 : constante d'acidité d'un couple acide base

### TRANSPORT DU DIOXYGÈNE DANS LE SANG (2007/03 Nouvelle Calédonie session remplacement 2006)

Le but de cet exercice est d'étudier, de manière simplifiée, le transport du dioxygène par l'hémoglobine du sang des poumons vers les organes. Une molécule d'hémoglobine est constituée de plusieurs sous-unités. **On ne considèrera dans tout l'exercice que la sous-unité notée  $Hb_{(aq)}$ .**

Le dioxygène est transporté de deux façons dans l'organisme :

- sous forme de dioxygène dissous dans le sang que l'on note  $O_{2(aq)}$ .
- sous forme d'oxyhémoglobine que l'on notera  $HbO_{2(aq)}$ .

Le sang est assimilé à une solution aqueuse.

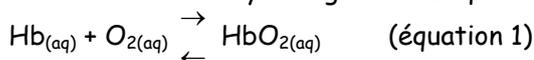
Donnée :

Masse molaire de la sous-unité d'hémoglobine :  $M(Hb) = 1,6 \times 10^4 \text{ g.mol}^{-1}$

**Les quatre parties sont indépendantes.**

#### 1. Transport du dioxygène dans l'organisme par l'hémoglobine du sang

Au niveau des poumons, une sous-unité d'hémoglobine fixe une molécule de dioxygène pour donner une sous-unité d'oxyhémoglobine. L'équation de la réaction associée à la transformation chimique est :



aide au calcul  $15/1,6 = 9,4$  ;  $0,97 \times 9,4 = 9,1$  ;  $9,1/(2,8 \times 3,6) = 0,90$

1.1. À l'état initial, on suppose qu'un volume  $V = 100 \text{ mL}$  de sang contient une quantité de sous-unités d'hémoglobine notée  $n_0$ , un excès de dioxygène et ne contient pas de sous-unités d'oxyhémoglobine. Ce volume  $V$  de sang contient une masse  $m = 15 \text{ g}$  de sous-unités d'hémoglobine. Calculer la quantité de matière  $n_0$  de sous-unités d'hémoglobine correspondante.

1.2. En déduire l'avancement maximum  $x_{\max}$  de la réaction. On pourra s'aider d'un tableau d'évolution du système.

1.3. Le taux d'avancement final  $\tau_f = x_f / x_{\max}$  de la réaction chimique (1) a pour valeur 0,97. En déduire la valeur  $x_f$  de l'avancement final.

1.4. En déduire la quantité de sous-unités d'oxyhémoglobine  $HbO_2$  formée dans l'état final.

1.5. En une minute, le débit cardiaque moyen permet de traiter  $V_5 = 5,0 \text{ L}$  de sang au niveau des poumons. En déduire la quantité correspondante  $n_5$  de sous-unités d'oxyhémoglobine  $HbO_2$  formées pendant une minute (**2 chiffres significatifs**).

#### 2. Et lors d'un effort musculaire ?

Données :

Au cours d'un effort, du dioxyde de carbone est formé au niveau des muscles. Il se dissout dans le sang. Le couple acide-base mis en jeu est  $CO_2, H_2O / HCO_3^-(aq)$  de  $pK_a = 6,4$ .

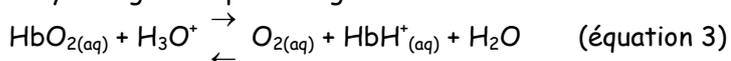
2.1. Écrire l'équation notée (2) de la réaction associée à la transformation entre le dioxyde de carbone dissous et l'eau.

2.2. Représenter sur un diagramme les domaines de prédominance des espèces du couple  $CO_2, H_2O / HCO_3^-$ .

2.3. En déduire, en le justifiant, l'espèce prédominante de ce couple dans le sang au niveau des tissus pour un pH du sang égal à 7,4.

2.4. Pourquoi la dissolution du dioxyde de carbone provoque-t-elle une diminution du pH sanguin en l'absence d'autres réactions ?

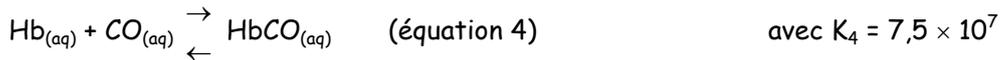
2.5. Chez l'homme, le pH du sang est compris dans des limites très étroites : 7,36 à 7,42. D'autre part, l'oxyhémoglobine peut réagir avec les ions oxonium selon l'équation :



Montrer que les ions  $H_3O^+$  produit par la réaction d'équation (2) permettent la libération du dioxygène nécessaire à l'effort musculaire tout en limitant la variation de pH, vue à la question 2.4.

#### 3. Empoisonnement au monoxyde de carbone

La combustion d'une substance contenant du carbone produit du monoxyde de carbone dans certaines conditions, par exemple dans les poêles ou fourneaux mal aérés, ou dans la fumée de cigarettes. L'équation associée à la réaction entre le monoxyde de carbone et une sous-unité d'hémoglobine s'écrit :



Le tableau suivant donne les effets sur l'organisme associés aux valeurs du rapport des

concentrations à l'équilibre  $\frac{[\text{HbCO}]_{\text{éq}}}{[\text{Hb}]_{\text{éq}}}$ .

$\frac{[\text{HbCO}]_{\text{éq}}}{[\text{Hb}]_{\text{éq}}}$	de $1,1 \times 10^{-4}$ à $2,6 \times 10^{-4}$	de $2,6 \times 10^{-4}$ à $2,6 \times 10^{-5}$	Supérieur à $2,6 \times 10^{-5}$
Effets	Maux de tête	Intoxication grave	Mort rapide

L'analyse du sang d'une personne ayant respiré de l'air pollué par du monoxyde de carbone a révélé une concentration en monoxyde de carbone dissous dans le sang égale à  $2,0 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$ . Quels sont les effets ressentis par la personne ?

