



DEVOIR SURVEILLÉ 4 – PHYSIQUE-CHIMIE

D.Malka – MPSI 2018-2019 – Lycée Jeanne d'Albret

17.11.2018

Durée de l'épreuve : 2h00

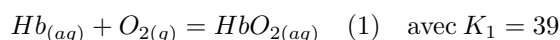
L'usage de la calculatrice est autorisé.

L'énoncé de ce devoir comporte 4 pages.

- Si, au cours de l'épreuve, vous repérez ce qui vous semble être une erreur d'énoncé, signalez le sur votre copie et poursuivez votre composition en expliquant les raisons des initiatives que vous êtes amené à prendre.
- Il ne faudra pas hésiter à formuler des commentaires. Le barème tiendra compte de ces initiatives ainsi que des qualités de rédaction de la copie.
- La numérotation des exercices doit être respectée. Les résultats doivent être systématiquement encadrés.
- Les pages doivent être numérotées de la façon suivante : n° page courante/nombre total de pages.

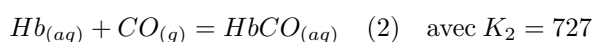
Problème 1 – Autour de l'hémoglobine

Dans l'organisme, l'hémoglobine du sang permet le transport du dioxygène des poumons vers les organes. On étudie un modèle simplifié des transformations chimiques liées à ce transport. Le sang est assimilé à une solution aqueuse. L'hémoglobine libre est noté $Hb_{(aq)}$. Au niveau des poumons, l'hémoglobine fixe le dioxygène pour donner de l'oxyhémoglobine $HbO_{2(aq)}$ (hémoglobine complexée). Le sang est alors le siège d'un équilibre chimique modélisé par l'équation de réaction :

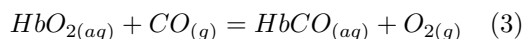


Données : $M(Hb) = 1,6 \times 10^4 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

1. Peut-on considérer la réaction (1) comme totale ?
2. Un volume $V = 100 \text{ mL}$ de sang contient normalement une masse totale $m = 15 \text{ g}$ d'hémoglobine (sous forme libre Hb ou participant au complexe HbO_2). La pression partielle en dioxygène y demeure constante et vaut : $P_{O_2} = 13 \text{ kPa}$.
 - 2.1 Calculer la concentration molaire c_0 du sang en hémoglobine .
 - 2.2 À l'équilibre, déterminer la concentration molaire du sang en oxyhémoglobine.
 - 2.3 Commenter les prédictions du modèle à l'aide du document fig.1.
3. La combustion d'une substance contenant du carbone produit du monoxyde de carbone CO dans certaines conditions, par exemple dans les poêles ou fourneaux mal aérés, ou dans la fumée de cigarettes. Le monoxyde de carbone concurrence peut favorablement se fixer sur l'hémoglobine selon l'équation de réaction :



- 3.1 Proposer une formule de Lewis pour le monoxyde de carbone.
- 3.2 Calculer la valeur de la constante d'équilibre K_3 associée à l'équation (3).



Que traduit physiquement cet équilibre ?

- 3.3 Pour quelle valeur du rapport des pressions partielles $r = \frac{P_{CO}}{P_{O_2}}$ le dioxygène et le monoxyde de carbone se fixent-ils en même proportion sur l'hémoglobine ?

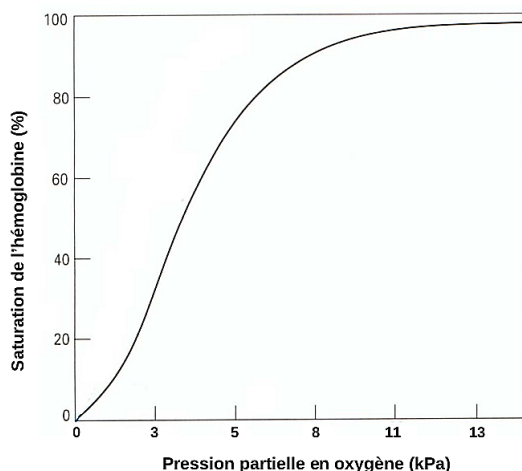
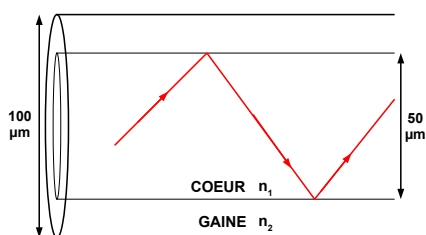


FIGURE 1 – Saturation s de l’hémoglobine en fonction de la pression partielle en dioxygène. La saturation s est le pourcentage d’hémoglobine complexée c’est-à-dire sous forme d’oxyhémoglobine.

- 3.4 Estimer le pourcentage de monoxyde de carbone atmosphérique correspondant à la situation de la question précédente. *Une telle concentration entraîne une mort très rapide par asphyxie.*
- 3.5 Une personne empoisonnée légèrement au monoxyde de carbone peut-être soignée en étant placée dans un caisson hyperbare dans lequel on impose une concentration élevée en dioxygène. Justifier ce mode opératoire.

Problème 2 – Approche géométrique de la propagation d’un signal dans une fibre optique



On considère un guide d’ondes diélectrique constitué de deux cylindres concentriques de section circulaire, et constitués l’un et l’autre de matériau isolant (la silice). L’indice de réfraction de la partie centrale, appelée cœur, est noté n_1 ; l’indice de la partie périphérique, appelée gaine, est noté n_2 , avec $n_2 < n_1$. Le milieu extérieur est l’air, assimilé au vide et donc d’indice égal à 1 (valeur qu’on prendra dans les calculs littéraux).

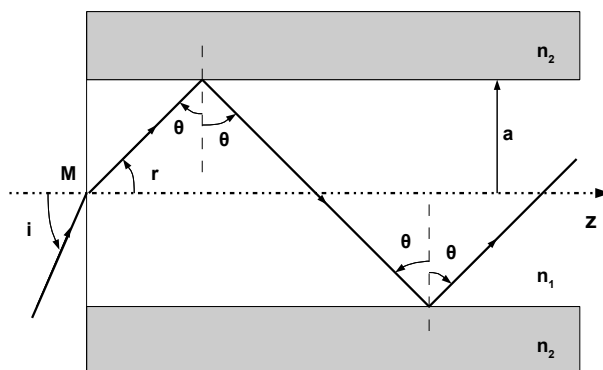
Dans ce problème, on s’intéresse essentiellement à un type de fibre optique particulier : les fibres à saut d’indice. Dans une fibre à saut d’indice, le cœur et la gaine sont des milieux homogènes : $n_1 = 1,456$ et $n_2 = 1,410$ sont uniformes. On note z la direction générale de propagation (fig. 2). Le diamètre du cœur vaut $a = 50 \mu\text{m}$.

1. Ouverture numérique de la fibre.

- 1.1 A quelle condition sur l’incidence, si propagation dans la fibre il y a, la trajectoire des rayons lumineux est-elle plane ? *La réponse à cette question n’est pas indispensable pour aborder la suite du problème et on considère la condition réalisée par la suite.*
- 1.2 Montrer que le rayon lumineux est guidé par réflexion totale dans le cœur (c’est-à-dire qu’il n’en sort pas) si θ est supérieur à une certaine valeur θ_L que l’on exprimera en fonction de n_1 et de n_2 . Calculer θ_L .
- 1.3 On note i l’angle d’entrée du rayon à l’extérieur de la fibre (fig.2).
 - 1.3.1 Montrer que la valeur maximale de i (notée i_{max}) pour que le guidage soit assuré dans la fibre, vaut :

$$i_{max} = \arcsin \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

- 1.3.2 Calculer numériquement $N = \sin i_{max}$, appelée ouverture numérique de la fibre, puis i_{max}

FIGURE 2 – Fibre à saut d’indice. L’indice de coeur est noté n_1 , l’indice de gaine n_2 .

2. Dispersion modale

La transmission d’information par fibre optique est sujette à deux problèmes : l’atténuation du signal (non traité ici) et la dispersion modale c’est-à-dire l’élargissement des impulsions lumineuses au cours de leur propagation dans la fibre.

On envoie à l’entrée de la fibre des impulsions lumineuses de longueur d’onde dans le vide $\lambda_0 = 1,55 \mu\text{m}$ sous la forme d’un faisceau conique convergent en M et d’angle au sommet i_{max} (fig.3). On note L la longueur de la fibre.

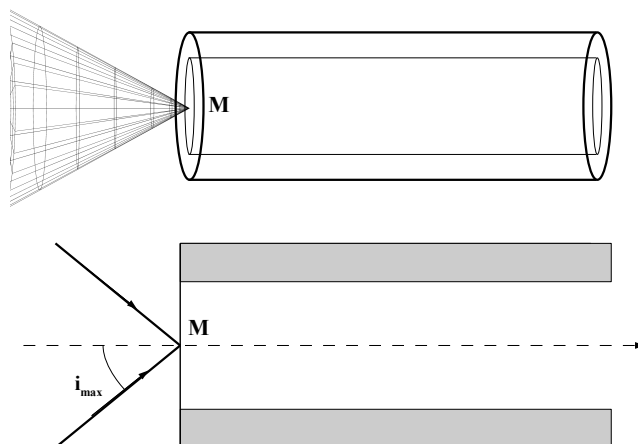


FIGURE 3 – Faisceau incident

2.1 A quel domaine spectral appartiennent les impulsions ?

2.2 Rayon de plus court parcours.

2.2.1 Schématiser le trajet de la lumière le plus court à travers la fibre.

2.2.2 Exprimer la durée τ_1 de ce parcours.

2.3 Rayon de plus long parcours.

2.3.1 Schématiser le trajet de la lumière le plus long à travers la fibre.

2.3.2 Exprimer la durée τ_2 de ce parcours.

2.4 Exprimer la différence de durée de parcours $\Delta t_{max} = \tau_2 - \tau_1$.

Le signal numérique (suite de 0 et de 1) d’entrée est pulsé périodiquement comme représenté fig.4. Une impulsion code un bit également à 1, l’absence d’impulsion code un bit égal à 0. Les impulsions sont supposées infiniment brèves.

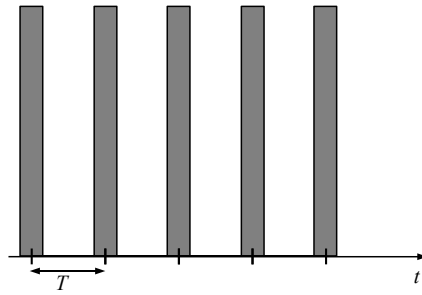


FIGURE 4 – Signal d’entrée de la fibre optique

- 2.5 Quelle est la largeur temporelle des impulsions à la sortie de la fibre ? *Cet élargissement des impulsions au cours de la propagation à travers la fibre optique est appelé dispersion modale.*
- 2.6 En déduire le débit maximal R_{max} de la fibre optique en bit/s pour une fibre de longueur $L = 50$ km.

★★★★★FIN DE L’ÉNONCÉ★★★★★