

# BCPST 1 - Devoir Surveillé n°4 - CHIMIE

Mercredi 17 décembre 2025 – 1h30

Usage de la calculatrice : autorisé

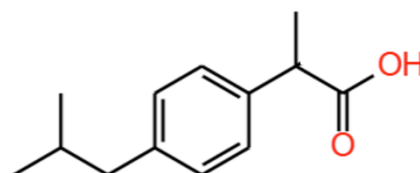
Toute réponse doit être justifiée. Tout résultat final doit être mis en valeur.

On attend un résultat littéral préalablement à toute application numérique, ainsi que des réponses concises mais précises.

## EXERCICE 1 : IBUPROFENE

(30 MINUTES)

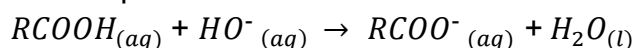
L'ibuprofène est la substance active de nombreux médicaments de la classe des anti-inflammatoires non stéroïdiens. Cet anti-inflammatoire est aussi un analgésique (antidouleur) et un antipyrétique (lutte contre la fièvre). On l'utilise par exemple pour soulager l'arthrite, les maux de tête ou encore les courbatures.



Afin de réaliser le titrage de l'ibuprofène contenu dans un comprimé d'« ibuprofène 400 mg » :

- on réduit en poudre le comprimé dans un mortier à l'aide d'un pilon ;
- on sépare la molécule active des excipients par dissolution dans l'éthanol que l'on évapore ensuite (les excipients sont insolubles dans l'éthanol) ;
- on introduit la poudre obtenue dans un bécher et on ajoute environ 40 mL d'eau distillée ;
- le titrage est effectué à l'aide d'une burette graduée contenant une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ( $\text{Na}^+_{(aq)} + \text{HO}^-_{(aq)}$ ) de concentration molaire apportée  $C_b = 0,20 \pm 0,01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ . A l'équivalence, on a versé  $V_E = 9,6 \pm 0,2 \text{ mL}$  de la solution titrante.

L'équation support du titrage de l'ibuprofène  $\text{RCOOH}$  s'écrit :



**Données :** # Masse molaire de l'ibuprofène :  $M(\text{RCOOH}) = 206 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

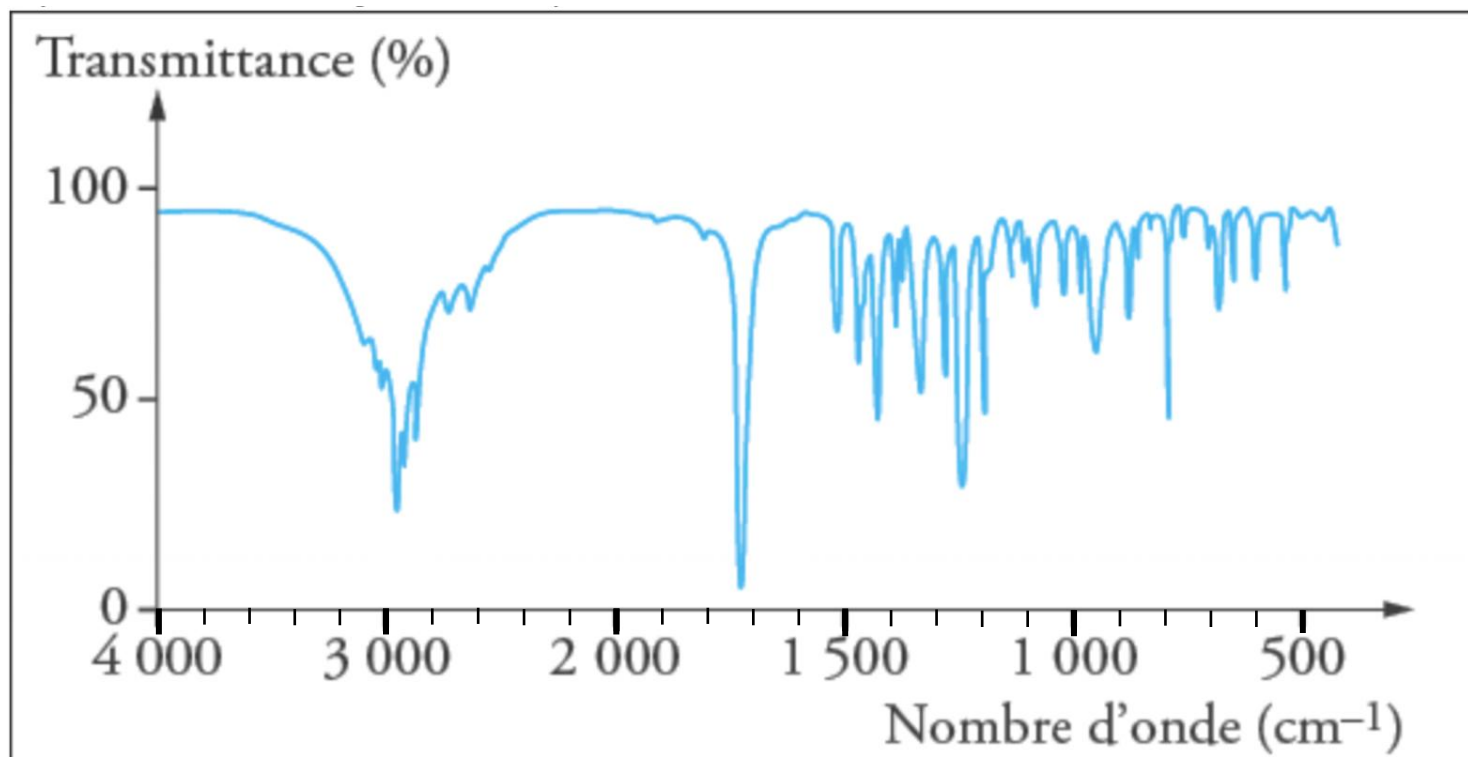
# Incertitudes composées :

$G = X + Y$	$u(G) = \sqrt{u^2(X) + u^2(Y)}$
$G = X - Y$	
$G = X \times Y$	$u(G) = G \times \sqrt{\left(\frac{u(X)}{X}\right)^2 + \left(\frac{u(Y)}{Y}\right)^2}$
$G = \frac{X}{Y}$	

1. Rappeler les propriétés d'une réaction support de titrage.
2. Déduire des résultats précédents la masse  $m$  d'ibuprofène titré.
3. Calculer l'incertitude  $u(m)$  sur la masse  $m$  d'ibuprofène titré.
4. A l'aide d'un calcul d'écart normalisé, comparer la masse  $m$  d'ibuprofène titré avec la masse d'ibuprofène théoriquement présente dans un comprimé.

Le spectre IR du **Document 1** est celui de la poudre obtenue après évaporation de l'éthanol.

**Document 1** : spectre infrarouge de l'ibuprofène



**Document 2** : Table de nombres d'onde moyens caractéristiques des vibrations d'élongation et déformation en spectroscopie infrarouge

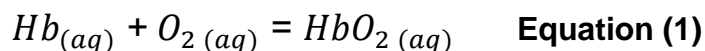
Liaison	Nombre d'onde (cm <sup>-1</sup> )	Intensité / Forme	Particularités
<b>O – H</b> alcool	3200 – 3400	Forte / Large	2 bandes si l'atome d'azote est lié à 2 atomes d'hydrogène
<b>N – H</b> amine et amide	3100 – 3500	Moyenne à forte	
<b>C – H</b> aromatique	3030 – 3080	Moyenne	Double bande
<b>C – H</b> alcane	2800 – 3000	Forte	
<b>C – H</b> aldéhyde	2750 – 2900	Moyenne	
<b>O – H</b> acide carboxylique	2500 – 3200	Moyenne / Large	
<b>C = O</b> ester	1700 – 1740	Forte	
<b>C = O</b> aldéhyde et cétone	1650 – 1730	Forte	
<b>C = O</b> acide carboxylique	1680 – 1710	Forte	
<b>C = O</b> amide	1650 – 1695	Forte	
<b>N – H</b> amine et amide	1650 – 1695	Moyenne à Forte	
<b>C = C</b> alcène	1620 – 1680	Moyenne ou faible	3 ou 4 bandes
<b>C = C</b> cycle aromatique	1400 – 1600	Variable	

5. Identifier les bandes caractéristiques de l'ibuprofène sur le spectre IR.



Dans l'organisme, l'hémoglobine du sang permet le transport du dioxygène des poumons vers les organes. On étudie par la suite un modèle simplifié des transformations chimiques liées à ce transport. Le sang est assimilé à une solution aqueuse. Une sous-unité constitutive de l'hémoglobine sera notée  $Hb_{(aq)}$  et le dioxygène dissous dans le sang  $O_{2(aq)}$ .

Au niveau des poumons, une sous-unité d'hémoglobine fixe une molécule de dioxygène pour donner une sous-unité d'oxyhémoglobine  $HbO_{2(aq)}$ . L'équation de la réaction associée à la transformation chimique est :



A la température d'étude, la constante d'équilibre de cette réaction vaut  $K_1 = 3,0 \cdot 10^5$ .

Dans l'état initial, on suppose qu'un volume  $V = 100 \text{ mL}$  de sang contient une masse  $m = 15 \text{ g}$  de sous-unités d'hémoglobine  $Hb_{(aq)}$  et une concentration molaire initiale en dioxygène dissous égale à  $[O_2]_0 = 9,4 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot L^{-1}$ .

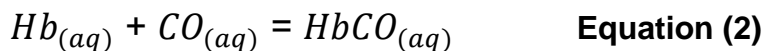
**Données :**  $M(Hb) = 1,6 \cdot 10^4 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

1. Calculer les quantités de matière initiales en réactifs. Comment qualifier le mélange ?
2. Quelle hypothèse peut-on formuler concernant l'avancement final de cette transformation ?
3. Déterminer la composition finale du système et valider l'hypothèse formulée à la question précédente.

Ce volume  $V$  de sang arrive au niveau des tissus des organes. A ce stade une partie du dioxygène dissous est absorbée par les tissus, faisant chuter la concentration en dioxygène dans le sang jusqu'à une valeur  $[O_2] = 3,6 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot L^{-1}$ . Les autres concentrations calculées à la question 3. sont supposées inchangées.

4. Dans quel sens évolue le système ? On pourra proposer une réponse reposant sur une analyse qualitative.

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 :



A la température d'étude, la constante d'équilibre de cette réaction vaut  $K_2 = 7,5 \cdot 10^7$ .

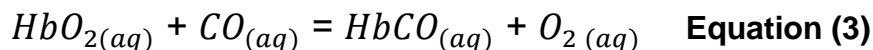
Le tableau suivant donne les effets sur l'organisme associés aux valeurs du rapport des concentrations à l'équilibre :  $\frac{[HbCO]_{eq}}{[Hb]_{eq}}$ .

$\frac{[HbCO]_{eq}}{[Hb]_{eq}}$	de $1,1 \cdot 10^4$ à $2,6 \cdot 10^4$	de $2,6 \cdot 10^4$ à $2,6 \cdot 10^5$	supérieur à $2,6 \cdot 10^5$
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  $2,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot L^{-1}$

5. Quels sont les effets ressentis par la personne ?

Au sein de l'organisme il y a donc compétition entre le dioxygène et le monoxyde de carbone pour se fixer sur l'hémoglobine (équations (1) et (2)). On atteint un état d'équilibre correspondant à l'équation (3) ci-dessous :



- Exprimer la constante d'équilibre  $K_3$  associée à l'équation (3) ci-dessus en fonction de  $K_1$  et  $K_2$ . Calculer sa valeur.

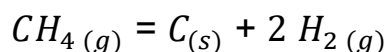
Une personne empoisonnée au monoxyde de carbone est placée dans un caisson hyperbare dans lequel on impose une concentration élevée en dioxygène permettant ainsi d'augmenter la concentration de dioxygène dissous dans le sang.

- Expliquer qualitativement l'action du caisson hyperbare.

### EXERCICE 3 : TRANSPORT DU METHANE

(20 MINUTES)

Le méthane  $CH_4(g)$  peut être transporté sur plusieurs milliers de kilomètres via des gazoducs sous pression constante et à température ambiante. Lors de cet acheminement, une partie du méthane se dissocie en carbone et dihydrogène selon la réaction :



Le carbone solide se dépose progressivement, ce qui conduit à un encrassement du gazoduc. La constante d'équilibre de la réaction vaut  $K = 4,0 \cdot 10^{-9}$  à température ambiante.

On considère une masse  $m = 1,00$  tonne de méthane pur introduite dans un gazoduc le long duquel la pression est constamment maintenue égale à  $P = 70$  bar. On suppose le gazoduc suffisamment long pour qu'à sa sortie le système ait cessé d'évoluer chimiquement et ait pu atteindre un état d'équilibre. On note  $\xi_F$  l'avancement de la transformation dans l'état final.

**Données : Masses molaires :**  $M(H) = 1,0 \text{ g.mol}^{-1}$  ;  $M(C) = 12,0 \text{ g.mol}^{-1}$

- Déterminer la valeur  $\xi_F$  de l'avancement de la transformation dans l'état final.
- On note  $\alpha$  le taux de dissociation du méthane (ou taux d'avancement final). Déterminer sa valeur puis commenter le résultat.
- Déterminer la masse de carbone solide qui se dépose dans le gazoduc pour chaque tonne de méthane qui transite dans celui-ci.

*Fin du sujet*