Spécialité : Piégeage du dioxyde de carbone

Bac S 2017 Métropole rattrapage (ancien programme) · Exercice 4 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1.1 À 45 °C et sous une pression en CO_2 de 47 bar, déterminer la quantité maximale de dioxyde de carbone que l'on peut dissoudre dans un litre d'eau de mer.

Données utiles figure 1 ; eau de mer : 0,5 mol de chlorure de sodium par kilogramme d'eau

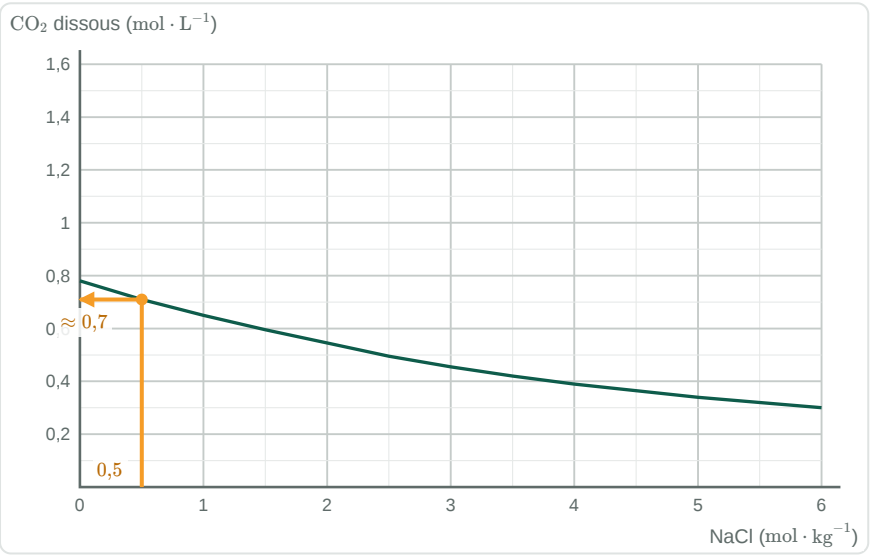
Sur la figure 1, on choisit la courbe « 45 °C – 47 bar » et on se place à l'abscisse $0{,}5\ \text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$, qui correspond à l'eau de mer.

L'ordonnée du point de la courbe est proche de $0{,}7\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

On peut dissoudre au maximum $n_{\text{max}} \approx 0{,}7$ mol de CO_2 dans un litre d'eau de mer.

PIÈGE
Lire la courbe à l'abscisse 0 (eau pure, environ 0,78) ou à l'abscisse 5. L'eau de mer du sujet correspond à 0,5 : une demi-graduation seulement après l'origine.

COMPRENDRE
Une graduation verticale vaut $0{,}2\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$: la lecture ne garantit qu'un chiffre significatif. Toute valeur comprise entre 0,70 et 0,72 est acceptable.



1.1 · Figure 1 du sujet : courbe « 45 °C – 47 bar » seule, avec la lecture pour l'eau de mer

1.2 Dans les mêmes conditions de température et de pression, en déduire le volume d'eau de mer nécessaire pour dissoudre 1 mole de dioxyde de carbone.

Données utiles concentration maximale $c_{\text{max}} \approx 0{,}7\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (1.1)

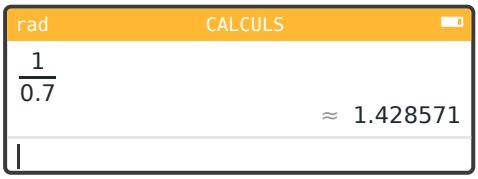
La concentration maximale en CO_2 dissous est $c_{\text{max}} = \dfrac{n}{V}$, donc $V = \dfrac{n}{c_{\text{max}}}$.

$$V = \frac{1}{0{,}7} = 1{,}4\ \text{L}$$

Il faut environ $V \approx 1{,}4$ L d'eau de mer pour dissoudre une mole de CO_2.

COMPRENDRE
La lecture de 1.1 n'a qu'un chiffre significatif sûr : le second chiffre de V est indicatif. Retenir l'ordre de grandeur : un litre et demi d'eau de mer par mole.

À LA CALCULATRICE



1.3 Indiquer dans quel sens modifier la température, la pression en CO_2 et la teneur en chlorure de sodium de l'eau pour minimiser le volume d'eau nécessaire à la dissolution. Justifier brièvement.

Données utiles figure 1 (quatre courbes)

Le volume d'eau est minimal quand la quantité de CO_2 dissoute par litre est maximale : on cherche les ordonnées les plus élevées sur la figure 1.

- **Température** : à pression égale (10 bar), la courbe à 25 °C est au-dessus de la courbe à 100 °C. Il faut **abaisser la température**.
- **Pression** : à température égale (25 °C), la courbe à 100 bar est très au-dessus de la courbe à 10 bar. Il faut **augmenter la pression en CO_2**.
- **Teneur en sel** : les quatre courbes sont décroissantes. Il faut **diminuer la teneur en chlorure de sodium**.

Eau froide, peu salée, sous forte pression en CO_2.

PIÈGE
S'appuyer sur la courbe « 45 °C – 47 bar » : température et pression y changent en même temps, elle ne permet de conclure sur aucun des deux paramètres.

MÉTHODE
Pour isoler l'effet d'un paramètre, comparer deux courbes qui ne diffèrent que par lui : même pression pour la température, même température pour la pression.

2 Déterminer le volume d'eau nécessaire pour minéraliser les 40 000 tonnes de dioxyde de carbone produites par la centrale en un an. Comparer avec l'estimation donnée dans le texte.

Données utiles $\text{pH} = 3{,}5$; $\text{p}K_a = 6{,}35$; $\text{pH} = \frac{1}{2}(\text{p}K_a - \log C)$; $M(CO_2) = 44{,}0\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $m = 40\,000\ \text{t}$; piscine : $L = 50$ m, $\ell = 25$ m, $h = 3$ m

Démarche. On calcule la concentration C en $CO_2\,(aq)$ de l'eau injectée à partir de son pH, puis la quantité de matière n de CO_2 à piéger ; le volume d'eau est $V = \frac{n}{C}$. On le compare au volume de mille piscines olympiques.

Concentration de la solution injectée. $2\,\text{pH} = \text{p}K_a - \log C$, d'où $\log C = \text{p}K_a - 2\,\text{pH}$:

$$C = 10^{\text{p}K_a - 2\,\text{pH}} = 10^{6{,}35 - 2\times 3{,}5} = 10^{-0{,}65} = 0{,}22\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Quantité de matière à piéger. $m = 40\,000\ \text{t} = 4{,}0 \times 10^{10}\ \text{g}$:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{4{,}0 \times 10^{10}}{44{,}0} = 9{,}1 \times 10^{8}\ \text{mol}$$

Volume d'eau. On suppose que tout le CO_2 produit est dissous dans l'eau injectée, à la concentration C :

$$V = \frac{n}{C} = \frac{m}{M \times C} = \frac{4{,}0 \times 10^{10}}{44{,}0 \times 0{,}224} = 4{,}1 \times 10^{9}\ \text{L} = 4{,}1 \times 10^{6}\ \text{m}^3$$

Comparaison. Volume d'une piscine olympique : $V_p = L \times \ell \times h = 50 \times 25 \times 3 = 3{,}75 \times 10^{3}\ \text{m}^3$.

$$N = \frac{V}{V_p} = \frac{4{,}1 \times 10^{6}}{3{,}75 \times 10^{3}} \approx 1{,}1 \times 10^{3}$$

$V \approx 4 \times 10^{6}\ \text{m}^3$, soit environ 1 100 piscines olympiques : l'estimation du texte (« un millier de piscines ») est confirmée.

PIÈGE
Unités : $1\ \text{t} = 10^{6}\ \text{g}$ et $1\ \text{m}^3 = 10^{3}\ \text{L}$. Oublier l'une des deux conversions fausse le nombre de piscines d'un facteur mille ou un million.

COMPRENDRE
Le pH est donné à « environ 3,5 » : le résultat n'a guère qu'un chiffre significatif, c'est un ordre de grandeur. Garder la valeur non arrondie de C en mémoire pour le calcul de V.

COMPRENDRE
Cet exercice est une « résolution de problème » de l'ancien enseignement de spécialité : la démarche rédigée compte autant que le résultat. Les notions utilisées (pH, $\text{p}K_a$, quantité de matière) restent au programme actuel.

À LA CALCULATRICE

