

## La fosse de plongée Nemo 33 (10 points) - Correction

### 1. Titrage des ions hypochlorite $\text{ClO}^-$ présents dans l'eau d'une fosse de plongée

1.1. La transformation produit un mélange de teinte orange-brun, qui correspond à la couleur du diiode en solution aqueuse, il s'agit de l'oxydant associé au couple  $\text{I}_2(\text{aq})/\text{I}^-(\text{aq})$ .

Lors de l'expérience on ajoute 1,0 mL d'une solution contenant des ions iodure en excès. Les ions iodure constitue le réducteur du couple  $\text{I}_2(\text{aq})/\text{I}^-(\text{aq})$ .

L'eau de la fosse de plongée réagit avec ce réducteur : elle contient donc un oxydant.

L'énoncé indique que l'eau contient des ions hypochlorite  $\text{ClO}^-$  à une concentration comprise entre  $0,4 \text{ mg.L}^{-1}$  et  $1,4 \text{ mg.L}^{-1}$ .

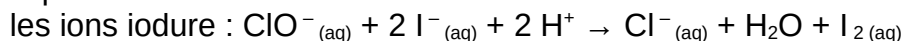
Les ions hypochlorite possèdent donc bien un caractère oxydant.

1.2. Demi-équation électronique :  $\text{ClO}^-(\text{aq}) + 2 \text{e}^- + 2 \text{H}^+ = \text{Cl}^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}$

L'ion hypochlorite gagne des électrons, ceci confirme son caractère oxydant.

1.3. Demi-équation électronique du couple  $\text{I}_2(\text{aq})/\text{I}^-(\text{aq})$  :  $\text{I}_2(\text{aq}) + 2 \text{e}^- = 2 \text{I}^-(\text{aq})$

Équation de la réaction modélisant la transformation intervenant entre les ions hypochlorite et les ions iodure :



1.4. À l'état initial, la quantité d'ions hypochlorite peut être exprimée sous la forme :

$n_0(\text{ClO}^-) = C_1 \cdot V_1$  où  $C_1$  représente la concentration en quantité apportée de  $\text{ClO}^-$ .

en mol	Équation : $\text{ClO}^-(\text{aq}) + 2 \text{I}^-(\text{aq}) + 2 \text{H}^+ \rightarrow \text{Cl}^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O} + \text{I}_2(\text{aq})$						
état	avancement	$n(\text{ClO}^-)$	$n(\text{I}^-)$	$n(\text{H}^+)$	$n(\text{Cl}^-)$	$n(\text{H}_2\text{O})$	$n(\text{I}_2)$
<i>initial</i>	0	$n_0(\text{ClO}^-) = C_1 \cdot V_1$	excès	excès	0	solvant	0
<i>intermédiaire</i>	x	$C_1 \cdot V_1 - x$	excès	excès	x	solvant	x
<i>final</i>	$x_f$	$C_1 \cdot V_1 - x_f$	excès	excès	$x_f$	solvant	$x_f$

1.5. D'après la loi de Beer-Lambert, l'absorbance est proportionnelle à la concentration  $C$  en diiode,  $A = k \cdot C$ . Déterminons la valeur du coefficient de proportionnalité  $k$ .

concentration en diiode ( $\text{mol.L}^{-1}$ )	$2,0 \times 10^{-5}$	$5,0 \times 10^{-5}$	$1,0 \times 10^{-4}$	$2,5 \times 10^{-4}$
absorbance $A$ (à 475 nm)	0,016	0,041	0,10	0,22
$k = \frac{A}{C}$	800	820	1000	880

On calcule la moyenne  $k = 875 \text{ L.mol}^{-1}$ .

L1	L2	L3
2E-5	0.016	-----
5E-5	0.041	
1E-4	0.1	
2.5E-4	0.22	
-----	-----	

$L3 = L2 / L1$

NORMAL FLOTT AUTO RÉEL		
L1	L2	L3
2E-5	0.016	800
5E-5	0.041	820
1E-4	0.1	1000
2.5E-4	0.22	880
-----	-----	-----

**Stats 1 var**  
 Xliste:L3  
 ListeFréq:  
 Calculer

**Stats 1 var**  
 $\bar{x} = 875$   
 $\Sigma x = 3500$   
 $\Sigma x^2 = 3086800$   
 $Sx = 90$   
 $\sigma x = 77.94228634$   
 $n = 4$

$$A_s = k \cdot C_s \text{ donc } C_s = \frac{A_s}{k}$$

$$C_s = \frac{0,017}{875} = 1,9 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$$

0.017/875

Rep\*22E-3

1.942857143E-5

4.274285714E-7

La quantité de diiode est alors :

$$n_f(I_2) = c_s \cdot V$$

$$n_f(I_2) = 1,9 \times 10^{-5} \times (22,0 \times 10^{-3})$$

$$n_f(I_2) = 4,3 \times 10^{-7} \text{ mol}$$

D'après le tableau d'avancement, cette valeur est égale à l'avancement final  $x_f$ .

La valeur de l'avancement final  $x_f$  est donc voisine de  $4,3 \times 10^{-7}$  mol.

On ne retrouve pas la valeur de  $4,6 \times 10^{-7}$  mol, l'écart relatif reste faible  $(4,6 - 4,3)/4,6 = 6,5\%$ .

Il peut être dû à une erreur expérimentale lors de la préparation des solutions étalons.

1.6. D'après le tableau d'avancement,

$$n_0(ClO^-) = n_f(I_2) = 4,3 \times 10^{-7} \text{ mol}$$

La concentration en mole en ions hypochlorite dans l'eau de la fosse est donc :

$$C_1 = \frac{n_0(ClO^-)}{V_1} = \frac{4,3 \times 10^{-7}}{20 \times 10^{-3}} = 2,2 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

La concentration en masse peut alors être comparée à la norme.

$$c_m(ClO^-) = C_1 \cdot M(ClO^-)$$

$$c_m(ClO^-) = 2,15 \times 10^{-5} \times (35,5 + 16,0)$$

$$c_m(ClO^-) = 1,1 \times 10^{-3} \text{ g/L} = 1,1 \text{ mg/L}$$

$$0,4 \text{ mg/L} < c_m(ClO^-) < 1,4 \text{ mg/L}$$

L'eau de la fosse de plongée est conforme la législation française.

## 2. La pratique de l'apnée au NEMO 33

2.1. Lorsque la profondeur augmente, la pression augmente.

La loi fondamentale de la statique des fluides est :  $p_A - p_B = \rho_e g (z_B - z_A)$ .

La différence  $(z_B - z_A)$  est un terme négatif (exemple  $-35 \text{ m} - (-10 \text{ m}) = -25 \text{ m}$ ).

La masse volumique de l'eau et l'intensité  $g$  du champ de pesanteur à la surface terrestre sont des constantes positives.

Ainsi le produit  $\rho_e g (z_B - z_A)$  est négatif, donc  $p_A - p_B < 0$  donc  $p_A < p_B$ .

La pression au point le plus profond (B) est supérieure à la pression au point de référence (A).

2.2. Selon la loi de Mariotte, pour une quantité de matière donnée et une température constante, le produit de la pression  $P$  par le volume  $V$  d'un gaz est constant :  $P \cdot V = \text{constante}$

2.3. Lors de la pratique de l'apnée, le plongeur inspire au maximum de sa capacité pulmonaire lorsqu'il se trouve à la surface puis bloque sa respiration. La capacité maximale des poumons est d'environ 6 L.

À l'instant de plonger, les conditions initiales sont :  $V_A = 6 \text{ L}$  ,  $p_A = P_a = 1,0 \times 10^5 \text{ Pa}$ .

Au cours de la descente, la pression augmente et le volume pulmonaire diminue jusqu'à ce que la rigidité du thorax ne permette plus de réduire son volume : le volume pulmonaire est alors égal au volume résiduel. Le volume résiduel, c'est-à-dire le volume d'air contenu dans les poumons à la fin d'une expiration forcée, est d'environ 1,5 L.

À l'état de compression maximale, les conditions sont données par les limites du thorax :

$V_{\text{limite}} = 1,5 \text{ L}$ . Calculons la pression  $p_{\text{limite}}$  correspondante.

$$p_A \cdot V_A = p_{\text{limite}} \cdot V_{\text{limite}} = \text{constante}$$

$$p_{\text{limite}} = \frac{p_A \cdot V_A}{V_{\text{limite}}}$$

$$p_{\text{limite}} = \frac{1,0 \times 10^5 \times 6}{1,5} = 4 \times 10^5 \text{ Pa}$$

Le phénomène de « blood shift » risque d'apparaître si la pression atteint ou dépasse  $4,0 \times 10^5 \text{ Pa}$ .

Dans la fosse NEMO 33, la profondeur est de 35 m.

$$p_A - p_B = \rho_e \cdot g \cdot (z_B - z_A) = - \rho_e \cdot g \cdot h$$

$$p_A - p_B = - 1,0 \times 10^3 \times 9,8 \times 35 = - 3,43 \times 10^5 \text{ Pa}$$

La variation de pression entre la surface et le fond de la fosse vaut  $3,43 \times 10^5 \text{ Pa}$

$$p_B = p_A + 3,43 \times 10^5 = 4,43 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$p_B > p_{\text{limite}}$$

Lorsqu'un apnéiste, qui n'a pas expiré d'air au cours de sa plongée, atteint le fond de NEMO 33, la pression dépasse la pression limite. Le phénomène de « blood shift » risque d'apparaître.