Afrique 2008 EXERCICE III. La bouteille magique (4 points)

Au cours d'une séance de travaux pratiques, un élève d'une terminale S doit réaliser le mélange réactionnel décrit dans le protocole expérimental suivant.

Protocole expérimental

- Dans un erlenmeyer contenant une solution S dont on ne se souciera pas du contenu, on dissout du glucose.
- On ajoute une solution de bleu de méthylène. Cette solution donne une coloration bleue au mélange réactionnel.
- On constate que la solution bleue devient progressivement incolore.
- Boucher l'erlenmeyer et agiter vigoureusement : la solution devient immédiatement bleue puis se décolore de nouveau lentement.
- Agiter une nouvelle fois : la solution devient tout de suite bleue puis se décolore progressivement.

Données du problème

- La seule espèce colorée dans le mélange réactionnel est la forme oxydée du bleu de méthylène qui donne une coloration bleue. Elle est notée $BM^+(aq)$.
- La forme réduite est notée BMH(aq).
- Dans les conditions de l'expérience, le glucose est un réducteur qui réduit le bleu de méthylène. On admettra qu'il est introduit en large excès devant les autres réactifs.
- Le glucose est noté RCHO(aq). Sa masse molaire est $M = 180\ g.mol^{-1}$.

Couples oxydant/réducteur mis en jeu

- $BM^+(aq)$ / BMH(aq)
- $O_2(aq)$ / $H_2O(\ell)$
- RCOOH(aq) / RCHO(aq)

1. Équation de la réaction modélisant la transformation chimique entre le glucose et la solution de bleu de méthylène.

1.1. Donner la définition d'un oxydant, puis d'un réducteur.

1.2. Écrire la demi équation électronique de réduction de la forme oxydée BM^+ (aq) du bleu de méthylène.

1.3. Écrire la demi-équation électronique d'oxydation du glucose RCHO(aq).

1.4. En déduire que l'équation d'oxydoréduction entre le glucose et la forme oxydée du bleu de méthylène est :

$$RCHO(aq) + BM^+(aq) + H_2O(\ell) = RCOOH(aq) + BMH(aq) + H^+(aq) \quad \textit{(équation1)}$$

Cette réaction est lente.

2. Interprétation des observations

Lorsque l'on agite l'erlenmeyer, une partie du dioxygène de l'air se dissout dans la solution puis réagit en oxydant la forme réduite du bleu de méthylène. L'équation de la réaction modélisant la transformation chimique observée est donnée ci-dessous :

$$2\ BMH(aq) + O_2(aq) + 2H^+(aq) = 2\ H_2O(\ell) + 2\ BM^+(aq) \quad \text{(équation 2)}$$

Cette réaction est rapide et totale.

2.1. À l'aide des caractéristiques des équations chimiques 1 et 2, expliquer les variations de couleur observées lors de l'expérience et leurs vitesses.

2.2. Quels facteurs cinétiques pourrait-on utiliser pour augmenter la vitesse de la réaction décrite dans la partie 1 ?

3. Étude quantitative

L'erlenmeyer dans lequel l'élève réalise l'expérience est bouché hermétiquement et contient un volume $V(O_2)$ = 48 mL de dioxygène et 5,0 g de glucose RCHO.
Le volume molaire des gaz dans les conditions de l'expérience vaut V_m = 24,0 L.mol^{-1}.

3.1. Compléter de façon littérale et en respectant les notations, le tableau d'avancement de **l'ANNEXE**.

3.2. Calculer la quantité de matière initiale $n_i\ (O_2)$ de dioxygène contenu dans l'erlenmeyer.

On réalise une série d'agitations successives qui permet de dissoudre tout le dioxygène présent dans l'erlenmeyer.

3.3. En déduire la quantité de matière $n_i\ (BMH)$ susceptible de réagir avec la quantité de matière initiale $n_i(O_2)$ de dioxygène.

3.4. À partir de l'équation 1, montrer que la quantité de matière de glucose $n(RCHO)$ ayant réagi au cours de l'expérience est 4,0.10^{-3} mol. On pourra s'aider d'un tableau d'avancement.

3.5. En déduire la masse m de glucose n'ayant pas réagi dans l'erlenmeyer.

ANNEXE DE L'EXERCICE III

Question 3.1. Tableau d'avancement

Équation chimique		2 BMH(aq) + O_2(aq) + $2H^+$(aq) = 2 $H_2O(\ell)$ + 2 BM^+(aq)				
État du système	*Avancement*	*Quantités de matière*				
État initial	*0*	$n_i\ (BMH)$	$n_i\ (O_2)$	*excès*	*excès*	*0*
État intermédiaire	*x*			*excès*	*excès*	
État final	x_{max}			*excès*	*excès*	