

- Exercice 1 -

Le bleu de méthylène en médecine et en biologie (10 points)

Le bleu de méthylène est une espèce chimique organique de formule brute $C_{16}H_{18}N_3SCl$. A l'état pur, le bleu de méthylène se présente sous la forme d'une poudre soluble dans l'eau. Il peut être utilisé, à la fois comme colorant ou comme médicament. Son action repose sur ses propriétés oxydo-réductrices : sa forme oxydée est bleue et sa forme réduite est incolore.

Certaines propriétés du bleu de méthylène sont utilisées pour des expériences en biochimie. Par exemple, en présence de glucose le bleu de méthylène est réduit et ce dernier se transforme en une espèce non colorée.

D'autres propriétés sont utilisées en médecine. Le bleu de méthylène peut servir à colorer des bactéries pour les visualiser au microscope. Quand il entre dans le cytoplasme d'une cellule vivante, le bleu de méthylène est réduit car c'est un environnement réducteur : les cellules vivantes paraissent incolores. En revanche, des cellules mortes sont colorées en bleu car le bleu de méthylène y reste sous sa forme oxydée.

D'après www.futura-sciences.com

L'objectif de cet exercice est d'étudier une propriété du bleu de méthylène puis d'effectuer un contrôle de qualité, par dosage spectrophotométrique, d'une préparation microscopique utilisée dans le domaine de la santé.

Partie 1 : Propriétés oxydantes du bleu de méthylène

Un extrait de protocole est donné ci-dessous :

« Dans un erlenmeyer contenant une solution aqueuse de glucose, on ajoute une solution de bleu de méthylène $BM^+(aq)$. Le mélange, initialement bleu, devient progressivement incolore ».

Couples oxydant-réducteur mis en jeu :

- $BM^+(aq) / BMH(aq)$
- $RCOOH(aq) / RCHO(aq)$
- le glucose est noté $RCHO(aq)$.
- la forme oxydée du bleu de méthylène, noté BM^+ , est la seule espèce colorée en solution aqueuse.

1.1. Donner la définition d'un oxydant.

1.2. Donner la définition d'une réduction.

1.3. Écrire les demi-équations électroniques relatives aux couples du bleu de méthylène $BM^+(aq) / BMH(aq)$ et du glucose $RCOOH(aq) / RCHO(aq)$

1.4. En déduire l'équation de la réaction modélisant la transformation décrite dans l'extrait du protocole.

Partie 2 : Dosage d'une solution de bleu de méthylène

Le bleu de méthylène est un colorant pour préparation microscopique utilisé essentiellement pour colorer les noyaux des cellules afin d'apprécier le nombre de cellules mortes.

Un technicien de laboratoire souhaite déterminer avec précision la concentration du colorant dans une solution S dont l'étiquette porte l'indication suivante :

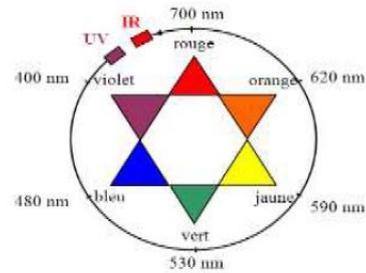
« Bleu de méthylène $3,2 \text{ mmol.L}^{-1}$ »

On note C_S la concentration en bleu de méthylène de la solution S. Cette concentration est déterminée par une méthode spectrophotométrie.

On mesure l'évolution de l'absorbance A d'une solution de bleu de méthylène pour différentes longueurs d'onde λ .

Données :

- Cercle chromatique

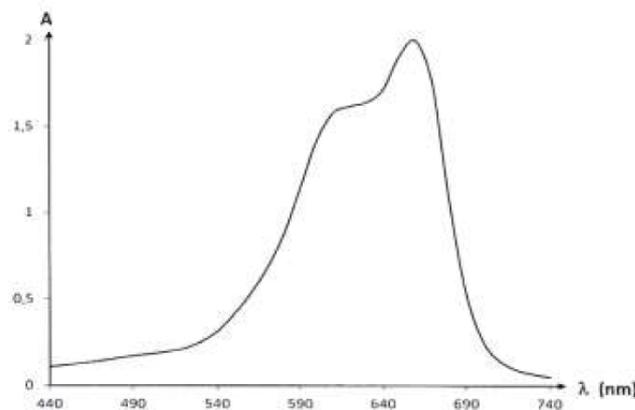


- Extrait du tableau périodique des éléments

1 IA																	18 VIIIA	
1	1,0079																	4,0026
1	H																	He
	HYDROGÈNE																	HELIUM
2	3 6,941	4 9,0122															18 20,180	
2	Li	Be															Ne	
	LITHIUM	BÉRYLLIUM															NEON	
3	11 22,990	12 24,305															18 39,948	
3	Na	Mg															Ar	
	SODIUM	MAGNÉSIIUM															ARGON	

Numéro atomique (Z)		Masse molaire en g.mol ⁻¹	
6	12,011		
C		Symbole de l'atome	
CARBONE		Nom de l'atome	

- Spectre d'absorbance du bleu de méthylène



2.1. Commenter l'allure spectre d'absorption du bleu de méthylène et justifier la couleur de la solution de ce colorant.

Pour déterminer la concentration C_S en bleu de méthylène de la solution S , on prépare une gamme de solutions notées S_1 à S_4 , de volume 25,0 mL chacune, à partir d'une solution mère de concentration en masse égale à $5,0 \text{ mg.L}^{-1}$.

L'absorbance des solutions a été mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre préalablement réglé sur la valeur λ_{max} du spectre d'absorption. Les résultats sont reproduits dans le tableau ci-dessous :

Solution	S_0	S_1	S_2	S_3	S_4
Concentration en masse C_i (en mg.L^{-1})	5,0	4,0	3,0	2,0	1,0
Absorbance A	0,610	0,480	0,374	0,243	0,126

2.2. Ecrire le protocole détaillé de la préparation de la solution S_3 à partir de la solution mère S_0 , en précisant la verrerie nécessaire.

2.3. La loi de Beer Lambert est-elle vérifiée ? Justifier le par le calcul, sans réaliser de graphique.

2.4. En déduire une relation entre A l'absorbance de la solution et C la concentration en masse du bleu de méthylène, en précisant les unités des grandeurs.

2.5. Une solution S_D de bleu de méthylène a été obtenue en diluant 400 fois la solution S . La mesure de l'absorbance de la solution S_D vaut $A_D = 0,328$.

2.5.1. Déterminer la concentration C_D de la solution S_D .

2.5.2. En considérant une incertitude-type de mesure $u(C_S)$ égale à $0,2 \text{ mmol.L}^{-1}$, la valeur C_S obtenue expérimentalement est-elle en accord avec l'étiquetage de la solution S ? Justifier.

- Exercice 2 -

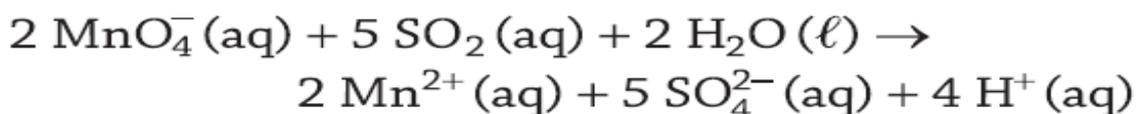
Les pluies acides (10 points)

A Origine des pluies acides

Les « pluies acides » résultent de la présence dans l'air de dioxyde de soufre SO_2 et d'oxydes d'azote. Ces gaz sont issus, entre autres, de différentes activités industrielles. Ils se dissolvent dans l'eau de l'atmosphère et forment des espèces qui acidifient les pluies.

B Protocole expérimental

En 60 h, une centrale thermique rejette $10,0 \text{ m}^3$ de gaz. La totalité de ce gaz est récupérée et mise à barboter dans $1,00 \text{ L}$ d'eau : on obtient une solution S_0 que l'on analyse. On place un volume $V_0 = 50,0 \text{ mL}$ de la solution S_0 dans un erlenmeyer. On verse ensuite, une solution de concentration $C_1 = 1,00 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ en permanganate de potassium jusqu'à persistance de la coloration rose, le volume de solution de permanganate de potassium alors versé est $V_E = 10,8 \text{ mL}$. L'équation de la réaction support du titrage s'écrit :



C Normes de qualité de l'air relatives au dioxyde de soufre

Une directive concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Union européenne fixe des normes pour le dioxyde de soufre SO_2 :

- Seuil d'information et de recommandation :
 $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne sur 1 heure.
- Seuil d'alerte :
 $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 3 heures consécutives.

1. Comment repère-t-on visuellement l'équivalence du titrage colorimétrique (doc. **B**)?
2. Établir la relation entre la quantité d'ions permanganate versée à l'équivalence $n_E(\text{MnO}_4^-)$ et la quantité initiale de dioxyde de soufre $n_0(\text{SO}_2)$.
3. Déterminer la concentration C_0 en quantité de matière de dioxyde de soufre $\text{SO}_2(\text{aq})$ dans la solution S_0 (doc. **B**).
4. En faisant l'hypothèse que la totalité du dioxyde de soufre présent dans les effluents gazeux de la centrale thermique se dissout dans l'eau recueillie, déterminer si les concentrations des gaz rejetés par la centrale sont conformes aux normes de qualité de l'air (doc. **C**).

Donnée

• $M(\text{SO}_2) = 64,1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Bonne chance !

- Exercice 1 – (10 x 01 point)

Le bleu de méthylène en médecine et en biologie (10 points)

1.

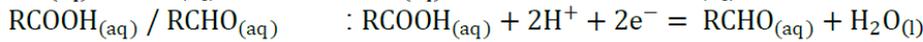
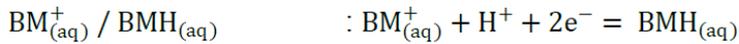
1.1.

Oxydant : espèce capable de capter un ou plusieurs électrons.

1.2.

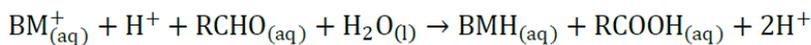
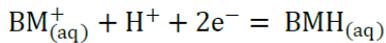
Réduction : transformation chimique durant laquelle l'oxydant gagne un ou plusieurs électrons.

1.3.

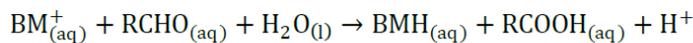


1.4.

« Dans un erlenmeyer contenant une solution aqueuse de glucose **RCHO(aq)**, on ajoute une solution de bleu de méthylène **BM⁺(aq)**. Le mélange, initialement bleu, devient progressivement incolore ».



En simplifiant les H^+ présents dans les réactifs et les produits :

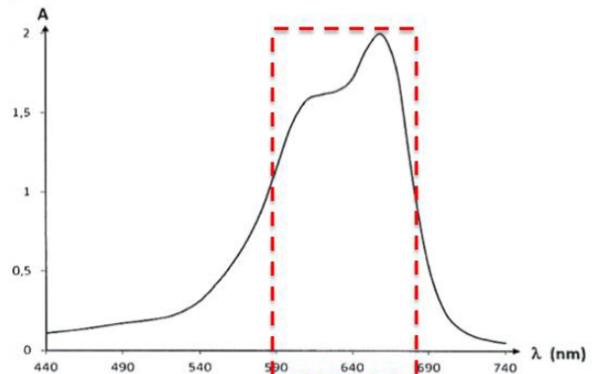
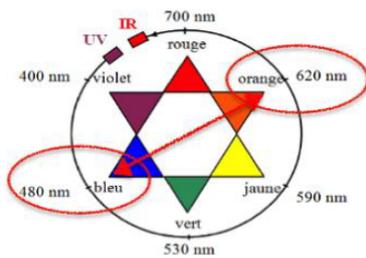


2.

2.1.

Le bleu de méthylène absorbe principalement entre 590 nm et 680 nm.

Sa couleur est la couleur complémentaire (couleur diamétralement opposée sur le cercle chromatique) : le bleu de méthylène est bleu.



2.2.

Lors d'une dilution la quantité de matière se conserve :

$$n_3 = n_0$$

Or

$$n = C \times V$$

Donc

$$C_3 V_3 = C_0 V_0$$

$$V_0 = \frac{C_3 V_3}{C_0}$$

$$V_0 = \frac{2,0 \cdot 10^{-3} \times 25,0 \cdot 10^{-3}}{5,0 \cdot 10^{-3}}$$

$$V_0 = 25,0 \cdot 10^{-3} \text{L} = 10,0 \text{mL}$$

Le volume fille est celui d'une fiole jaugée et le volume de la solution mère est prélevé avec une pipette jaugée.

Ainsi nous utiliserons la pipette jaugée de 10,0 mL ainsi que la fiole jaugée 25,0 mL.

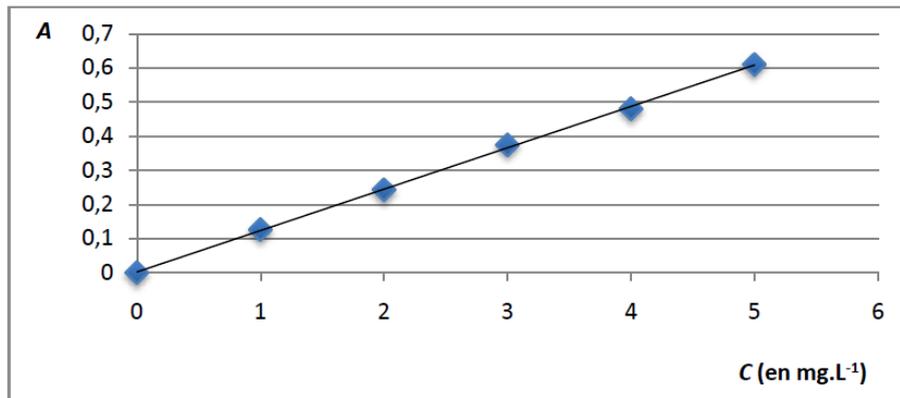
Protocole :

- Verser la solution mère dans un bécher
- Prélever à l'aide d'une pipette jaugée $V_0 = 10,0$ mL de la solution mère
- Introduire V_0 dans une fiole jaugée 25,0 mL
- Ajouter de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge
- Homogénéiser la solution

2.3.

1^{ère} méthode :

On trace la courbe $A=f(c)$



On obtient une droite passant par l'origine : la loi de Beer Lambert est vérifiée.

2nd méthode :

On calcule le rapport A/C pour chaque solution

Solution	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄
Concentration en masse C _i (en mg.L ⁻¹)	5,0	4,0	3,0	2,0	1,0
Absorbance A	0,610	0,480	0,374	0,243	0,126
Rapport A/C (L.mg ⁻¹)	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13

Le rapport A/C est constant, les deux valeurs sont proportionnelles : la loi de Beer Lambert est vérifiée.

2.4.

$$A = KC$$

$$A = 0,12C$$

Avec :

- A sans unité
- $K = 0,12 \text{ L.mg}^{-1}$
- C en mg.L^{-1}

2.5

2.5.1.

$$A = 0,12C$$

$$C_D = \frac{A_D}{0,12}$$

$$C_D = \frac{0,328}{0,12}$$

$$C_D = 2,7 \text{ mg.L}^{-1}$$

2.5.2.

« Une solution S_D de bleu de méthylène a été obtenue en diluant 400 fois la solution S »

$$C_D = 400 \times C_D$$

$$C_D = 400 \times 2,7 \cdot 10^{-3}$$

$$C_D = 1,1 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$

Le bleu de méthylène est une espèce chimique organique de formule brute $C_{16}H_{18}N_3SCl$.

$$C = \frac{C_D}{M}$$

$$C = \frac{C_D}{(16 \times M_C + 18 \times M_H + 3 \times M_N + M_S + M_{Cl})}$$

$$C = \frac{C_D}{1,1 (16 \times 12,011 + 18 \times 1,0079 + 3 \times 14,007 + 32,065 + 35,453)}$$

$$C = 3,4 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$u(C_S)$ égale à $0,2 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$

$$3,4 \cdot 10^{-3} - 0,2 \cdot 10^{-3} < C < 3,4 \cdot 10^{-3} + 0,2 \cdot 10^{-3}$$

$$3,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} < C < 3,6 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

L'étiquette porte l'indication suivante : « **Bleu de méthylène 3,2 mmol.L⁻¹** »

La valeur C_S obtenue expérimentalement est en accord avec l'étiquetage de la solution S car la valeur théorique est comprise dans l'intervalle des valeurs expérimentales.

- Exercice 2 - (2/2/3/3 point)

Les pluies acides

1. L'équivalence est repérée par le passage de la solution d'incoloré à violet clair.

2. À l'équivalence, $\frac{n_0(\text{SO}_2)}{5} = \frac{n_E(\text{MnO}_4^-)}{2}$.

3. Donc :

$$C_0 = \frac{5 \times C_1 \times V_E}{2 \times V_0} = \frac{5 \times 1,00 \times 10^{-4} \times 10,8}{2 \times 50,0} = 5,4 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

4. Masse de dioxyde de soufre dans 1,00 L de solution :

$$m = C_0 \times V \times M(\text{SO}_2) = 3,5 \times 10^{-3} \text{ g} = 3,5 \text{ mg}.$$

Cette masse était initialement contenue dans $10,0 \text{ m}^3$ de gaz rejeté. Cela correspond donc à $0,35 \text{ mg/m}^3$, soit $350 \text{ } \mu\text{g/m}^3$. Sachant que ces gaz ont été rejetés en 60 h, le rejet de SO_2 est donc $5,8 \text{ } \mu\text{g/m}^3/\text{h}$, la centrale respecte les normes de qualité de l'air.