

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Épreuve pratique de l'enseignement de spécialité physique-chimie
Évaluation des Compétences Expérimentales

Cette situation d'évaluation fait partie de la banque nationale.

ÉNONCÉ DESTINÉ AU CANDIDAT

NOM :	Prénom :
Centre d'examen :	n° d'inscription :

Cette situation d'évaluation comporte **quatre** pages sur lesquelles le candidat doit consigner ses réponses. Le candidat doit restituer ce document avant de sortir de la salle d'examen.

Le candidat doit agir en autonomie et faire preuve d'initiative tout au long de l'épreuve.

En cas de difficulté, le candidat peut solliciter l'examineur afin de lui permettre de continuer la tâche.

L'examineur peut intervenir à tout moment, s'il le juge utile.

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé. L'usage de calculatrice sans mémoire « type collègue » est autorisé.

CONTEXTE DE LA SITUATION D'ÉVALUATION

Le cuivre est un métal couramment utilisé, notamment pour la fabrication de canalisations. C'est également un oligo-élément indispensable pour tous les êtres vivants et en particulier pour l'être humain. Sous la forme d'ions Cu^{2+} , le cuivre est utilisé comme fongicide, pesticide et antibactérien car c'est un poison violent pour les micro-organismes. Cette toxicité pour la faune et la flore impose de diminuer fortement sa teneur dans les effluents industriels, avant qu'ils ne soient rejetés en direction d'une station d'épuration. À cette fin, des traitements par précipitation ou par électrolyse peuvent être réalisés.

Le but de cette épreuve est de vérifier l'efficacité des traitements que peut subir, avant son rejet dans un cours d'eau, un effluent industriel contenant des ions cuivre II.

INFORMATIONS MISES À DISPOSITION DU CANDIDAT

Règlementation

L'arrêté du 2 février 1998, relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau, ainsi qu'aux émissions d'installations classées pour la protection de l'environnement, précise les seuils autorisés pour les rejets contenant du cuivre.

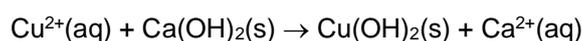
Ainsi, les eaux résiduaires rejetées au milieu naturel doivent respecter, selon le flux journalier maximal autorisé, une valeur limite de concentration en ions cuivre II (Cu^{2+}) de $0,5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ si le rejet égale ou dépasse 5 g par jour.

D'après INERIS - Données technico-économiques sur les substances chimiques en France

Précipitation des ions cuivre II par la chaux

Afin d'éliminer les ions cuivre II de l'effluent à traiter, on peut y introduire de la chaux $\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{s})$. On obtient ainsi un précipité bleu d'hydroxyde de cuivre $\text{Cu}(\text{OH})_2(\text{s})$, appelé « boue » dans l'effluent. Il est alors nécessaire de séparer la « boue » du filtrat. Dans l'industrie, cette séparation se fait par une filtration sur du sable.

La réaction de précipitation des ions cuivre II en présence de chaux a pour équation :



Cette réaction s'effectue en deux temps : l'hydroxyde de calcium se dissout dans la solution puis il réagit avec les ions cuivre II (Cu^{2+}). La première étape s'effectuant difficilement, il faut agiter pendant au moins 3 minutes.

Remarque : la manipulation de l'hydroxyde de calcium solide $\text{Ca}(\text{OH})_2$ nécessite le port de gants et d'une paire de lunettes de protection.

Loi de Beer-Lambert

Un spectrophotomètre mesure l'absorbance d'une solution pour une lumière monochromatique de longueur d'onde choisie. La loi de Beer-Lambert indique que l'absorbance A est proportionnelle à la concentration C de l'espèce colorée :

$$A = k \cdot C$$

Efficacité de la technique de traitement

Pour évaluer l'efficacité de la technique de traitement, il est possible de calculer le pourcentage P d'ions cuivre II (Cu^{2+}) éliminés de l'effluent en utilisant l'une ou l'autre des deux formules suivantes :

$$P = \frac{C_{\text{initiale}} - C_{\text{finale}}}{C_{\text{initiale}}} \times 100 \quad \text{ou bien} \quad P = \frac{A_{\text{initiale}} - A_{\text{finale}}}{A_{\text{initiale}}} \times 100$$

Données utiles

Masses molaires atomiques :

$$M(\text{Ca}) = 40 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1} \quad M(\text{O}) = 16 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1} \quad M(\text{H}) = 1 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

TRAVAIL À EFFECTUER

Une usine, qui rejette plus de 5 g de cuivre par jour, doit assurer le traitement d'un effluent, dont la concentration en masse en ions cuivre II (Cu^{2+}) en sortie de production, et avant traitement, est de $10 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$.

1. Traitement par précipitation (20 minutes conseillées)

À l'aide du matériel mis à disposition, proposer un protocole expérimental permettant de traiter par précipitation 20 mL de l'effluent contenu dans le flacon A en utilisant une quantité de matière de $4,1 \times 10^{-3}$ mol d'hydroxyde de calcium solide, quantité suffisante pour éliminer la totalité des ions cuivre II (Cu^{2+}) dans le prélèvement.

Prélever un volume $V=20 \text{ mL}$ de l'effluent et le placer dans un bécher de 50,0 mL

Mettre des gants et des lunettes de protection.

Calculons la masse de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ correspondant à une quantité de matière de $4,1 \times 10^{-3}$ mol

$$m = n \times M = 4,1 \times 10^{-3} \times (40 + 2 \times (16 + 1)) = 0,30 \text{ g}$$

Avec une balance, peser une masse de 0,30 g d'hydroxyde de calcium solide.

Mettre les 0,30 g d'hydroxyde de calcium solide dans le bécher contenant les 20 mL de l'effluent

Agiter au moins pendant 3 minutes avec un agitateur magnétique et un barreau aimanté ;

Filtrer le mélange

Récupérer le filtrat contenant les ions Ca^{2+} .

APPEL n°1		
	Appeler l'évaluateur pour lui présenter le protocole expérimental ou en cas de difficulté	

2. Mise en œuvre du traitement par précipitation (20 minutes conseillées)

Mettre en œuvre le protocole expérimental. Conserver l'effluent après traitement dans un tube à essais noté C.

A faire expérimentalement.

APPEL FACULTATIF		
	Appeler l'évaluateur en cas de difficulté	

3. Une autre méthode : le traitement par électrolyse (20 minutes conseillées)

On dispose du flacon A contenant l'effluent en sortie de production et d'un flacon B contenant l'effluent ayant subi un traitement par électrolyse.

3.1. Déterminer expérimentalement, à l'aide de mesures d'absorbance et des informations mises à disposition, le pourcentage P d'ions cuivre II (Cu^{2+}) éliminés à l'issue de ce traitement par électrolyse. Noter les valeurs des mesures, le calcul et le résultat obtenu en explicitant la démarche suivie. Le spectrophotomètre ou le colorimètre fourni est déjà réglé en longueur d'onde et son blanc a été fait.

Il faut mesurer les absorbances expérimentales A_{initiale} et A_{finale} . On calcul ensuite le pourcentage P d'ions cuivre II (Cu^{2+}) éliminés

$$P = \frac{A_{\text{initiale}} - A_{\text{finale}}}{A_{\text{initiale}}} \times 100$$

APPEL n°2		
	Appeler l'évaluateur pour lui présenter les résultats expérimentaux ou en cas de difficulté	

3.2. À partir de la valeur du pourcentage P obtenue, calculer la concentration en masse finale en ions cuivre II (Cu^{2+}) dans l'effluent B après traitement par électrolyse. L'effluent peut-il être rejeté tel quel ?

$$P = \frac{C_{\text{initiale}} - C_{\text{finale}}}{C_{\text{initiale}}} \times 100$$

$$\frac{C_{\text{initiale}} - C_{\text{finale}}}{C_{\text{initiale}}} \times 100 = P$$

$$C_{\text{initiale}} - C_{\text{finale}} = \frac{P \times C_{\text{initiale}}}{100}$$

$$-C_{\text{finale}} = \frac{P \times C_{\text{initiale}}}{100} - C_{\text{initiale}}$$

$$C_{\text{finale}} = -\frac{P \times C_{\text{initiale}}}{100} + C_{\text{initiale}}$$

On calcule la concentration en masse finale en ions cuivre avec la valeur de P trouvée à la question précédente.

Si C_{finale} est inférieur à la valeur limite de concentration en ions cuivre II (Cu^{2+}) de $0,5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ alors l'effluent peut être rejeté tel quel.

Si C_{finale} est supérieur à la valeur limite de concentration en ions cuivre II (Cu^{2+}) de $0,5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ alors l'effluent ne peut pas être rejeté tel quel.

3.3. Comparer l'aspect des deux effluents obtenus à l'issue des traitements par électrolyse (flacon B) et par précipitation (tube à essais C). Commenter l'efficacité des traitements effectués.

On mesure l'absorbance des deux effluents obtenus à l'issue des traitements par électrolyse (flacon B) et par précipitation (tube à essais C).

Celle qui a la plus grande absorbance a la concentration en ions cuivre II la plus grande.

Ainsi, celle qui a la plus grande absorbance est celle dont le traitement est le moins efficace.

Ranger la pailasse avant de quitter la salle.