

DESCRIPTIF DE SUJET DESTINE AU PROFESSEUR

Compétences exigibles du B.O.	<p>Matières colorées Dosage de solutions colorées par étalonnage. Loi de Beer-Lambert.</p>	Pratiquer une démarche expérimentale pour déterminer la concentration d'une espèce colorée à partir d'une courbe d'étalonnage en utilisant la loi de Beer-Lambert.
Tâches à réaliser par le candidat	<p>Dans ce sujet on demande au candidat de :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Proposer un protocole pour déterminer une concentration inconnue à partir d'une courbe d'étalonnage. • Préparer une solution par dilution. • Effectuer deux mesures d'absorbance. • Tracer une courbe d'étalonnage et l'exploiter. • Calculer le pourcentage en masse en cuivre d'un échantillon. 	
Compétences évaluées Coefficients respectifs	<p>Cette épreuve permet d'évaluer les compétences :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analyser (ANA) ; coefficient 2 • Réaliser (REA) ; coefficient 3 • Valider (VAL) ; coefficient 1 	
Préparation du poste de travail	<p>Précaution de sécurité et procédure environnementale : prévoir dans la salle des flacons de récupération des solutions contenant des ions Cu^{2+}.</p> <p>Prévoir :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Une solution de secours d'ions Cu^{2+} de concentration $1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ • Un fichier de secours pour le tracé de $A = f(C)$ sur clé USB. • Un fichier de secours de la vidéo de la manipulation sur clé USB. 	
Déroulement de l'épreuve Gestion des différents appels	<p>Minutage conseillé :</p> <ul style="list-style-type: none"> • ANA (20 min conseillées) • REA (30 min conseillées) • VAL (10 min maximum conseillées) <p>Il est prévu 4 appels obligatoires de la part du candidat. Lors de l'appel 1, l'examinateur vérifie le protocole proposé pour déterminer une concentration inconnue lors d'un dosage spectrophotométrique par étalonnage puis des relations quantités de matières et masse. Lors de l'appel 2, l'examinateur vérifie la préparation d'une solution par dilution. Lors de l'appel 3, l'examinateur observe le candidat en continu lors de deux mesures d'absorbance et il vérifie les valeurs d'absorbances et le tracé de la courbe d'étalonnage. Lors de l'appel 4, l'examinateur vérifie la détermination graphique de la concentration inconnue et l'exploitation des mesures.</p> <p>Le professeur observe le candidat en continu. Dans la partie « réaliser » le professeur est attentif à la façon dont le candidat évolue dans l'environnement du laboratoire, organise son poste de travail, utilise le matériel avec pertinence, respecte les procédures et les règles de sécurité.</p>	

Remarques	<p>Modifications et évolutions du sujet :</p> <ul style="list-style-type: none"> - On peut supprimer la dilution, fournir toutes les solutions et faire mesurer l'intégralité des absorbances. - Pour adapter à une séance de 1h30 soit 45 minutes par candidat, la partie dilution peut être supprimée. On fournit alors au candidat l'intégralité des mesures d'absorbances, il n'effectuera donc qu'une seule mesure, celle de l'absorbance de la solution inconnue. <p>On peut envisager une séance d'entraînement aux ECE en binômes sur 1h30 ou 2h, des questions relatives à la loi de Beer-Lambert seraient rajoutées et le document 4 « aides du professeur » pouvant être modifié comme suit :</p> <p><u>Aide 2-</u> Pour tracer votre droite d'étalonnage, je mets à votre disposition une solution mère de concentration en ions Cu^{2+} : $C_0=0,10 \text{ mol.L}^{-1}$.</p> <p><u>Aide 3-</u> La solution la plus diluée que je fabriquerais pour effectuer une gamme étalon serait à $0,010 \text{ mol.L}^{-1}$.</p> <p><u>Aide 4-</u> un balayage spectral d'une solution contenant des ions Cu^{2+} vous permettra de déterminer la longueur d'onde maximale d'absorption.</p> <p>Le candidat doit alors concevoir la gamme étalon c'est-à-dire choisir des concentrations des solutions filles. La compétence s'approprier (adopter une attitude réfléchie vis-à-vis de l'information et du matériel disponible) peut être évaluée.</p>
-----------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

1. Pour chaque poste

Paillasse élèves :

- Un spectrophotomètre avec notice, cuve, papier Joseph
- une fiole jaugée de 50 mL
- un jeu de pipettes jaugées : 5,0 mL, 10,0 mL, 25,0 mL
- des béchers (deux de 25 mL, trois de 50 mL)
- un bécher « poubelle »
- une pissette d'eau distillée
- la solution préparée par le groupe de TPE dans un flacon étiqueté
- un flacon étiqueté : solution mère de concentration en Cu^{2+} : $C_0 = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$
- un flacon de récupération de solutions contenant des ions Cu^{2+}
- un ordinateur avec un tableur et sa notice (Latis Pro) et un logiciel de lecture de vidéo
- placer la vidéo « cuivre et acide nitrique » dans le dossier habituel des élèves

Paillasse professeur :

- solution mère en ions Cu^{2+} à $C_0 = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$
- solution de secours à $1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ en ions Cu^{2+}
- clé USB avec le fichier de secours tableur pour le tracé de $A = f(C)$ et avec le fichier vidéo

Dans la salle, prévoir un bidon de récupération des solutions contenant des ions Cu^{2+}

Documents mis à disposition des élèves :

- notice du spectrophotomètre
- notice du tableur

2. Particularités du sujet, conseils de mise en œuvre

Aucune.

ÉNONCÉ DESTINÉ AU CANDIDAT

Compétences travaillées (capacités et attitudes) :

- **ANA** : proposer un protocole, prévoir l'exploitation de mesures.
- **REA** : effectuer une dilution, effectuer des mesures d'absorbance, tracer un graphe.
- **VAL** : exploiter un graphe, analyser un échantillon.

ANA

REA

VAL

20

CONTEXTE

Les propriétés physiques du cuivre en font un matériau indispensable pour les systèmes de production d'électricité ou de chaleur à la base des énergies renouvelables. Recyclable, excellent conducteur électrique lorsqu'il est pratiquement pur (99,99%), le cuivre améliore le rendement électrique et limite les déperditions d'énergie, explique l'European Copper Institute (ECI : Institut européen du cuivre). Mais il est également utilisé dans les pièces de monnaie, en plomberie, en bijouterie... pour ses qualités antibactériennes et sa résistance à la corrosion. Donnons un exemple : en moyenne, une éolienne d'1 MW contient 3,4 tonnes de cuivre, et une installation photovoltaïque environ 4 kg de cuivre par kW (chiffres ECI). On peut estimer que le parc éolien actuel de l'UE représente environ 190 000 tonnes de cuivre, et les installations photovoltaïques près de 19 000 tonnes.

Un kilogramme de cuivre pur coûte environ 8,16 dollars. Ce métal fait actuellement l'objet de spéculations boursières et de vols qui perturbent le réseau électrique des trains.

Un groupe d'élèves de 1^oS a choisi de travailler sur le métal cuivre dans le cadre d'un TPE. Les élèves ont récupéré un échantillon dont ils ignorent la teneur en cuivre. Vous devez aider le groupe de TPE à déterminer expérimentalement le pourcentage massique en cuivre de leur échantillon et qualifier sa nature conductrice.

DOCUMENTS A VOTRE DISPOSITION

Document 1 : Extrait du carnet de bord du groupe de TPE – Commentaires du professeur

Protocole :

- Peser l'échantillon de cuivre
- Le placer dans un bécher sous une hotte
- Rajouter 40mL d'acide nitrique concentré
- La réaction terminée, diluer la solution obtenue : Volume final = 1,0L
- Procéder à la mesure de l'absorbance de la solution
- Utiliser la courbe d'étalonnage de l'absorbance en fonction des concentrations en ions Cu^{2+} pour déterminer le pourcentage en cuivre

*Quel est l'objectif de ce protocole ?
Détaillez la démarche.*

Travail effectué et observations :

- masse de l'échantillon de cuivre 3,03 g
- lors de la réaction avec l'acide nitrique des fumées rousses apparaissent
- au bout de 28 minutes, l'échantillon de cuivre a disparu et la solution est bleue : il y a des ions Cu^{2+} . On a transvasé le contenu du bécher dans une fiole de 1,0L et on a ajusté au trait avec de l'eau distillée.

Quelle est la réaction ?

Un film de l'expérience a été réalisé.

Bonne idée, le jury pourra ainsi visionner votre travail.

On est bloqué, on ne sait pas quoi faire avec le spectrophotomètre et la courbe d'étalonnage ...

Comment une courbe d'étalonnage permet-elle de trouver une concentration inconnue ?

L'équation-bilan de l'attaque du cuivre par l'acide nitrique vous donnera les relations entre les quantités de matière des réactifs et produits.

Réfléchissez, demandez de l'aide !

Document 2 : Film de l'expérience



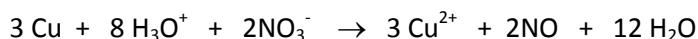
Le film est disponible dans le dossier TP 1^{ère} S , vidéo , « cuivre et acide nitrique ».

Document 3 : Pourcentage massique

Le pourcentage massique d'un constituant dans un échantillon est défini comme le quotient de la masse de ce constituant sur la masse de l'échantillon. On multiplie ensuite par 100 pour avoir un pourcentage (%).

Document 4 : Aides du professeur

Aide 1- La réaction chimique de destruction du cuivre par l'acide nitrique est :



Par la suite, le gaz NO incolore s'oxyde en NO₂ de couleur rousse.

En regardant attentivement l'équation chimique, on voit qu'il se forme autant d'ions cuivre II de formule Cu²⁺ qu'il y a de cuivre Cu au départ.

Aide 2- Je mets à votre disposition une solution mère de concentration en ions Cu²⁺ : C₀ = 0,10 mol.L⁻¹. Des solutions filles de concentrations connues en ions Cu²⁺ ont déjà été préparées et voici des résultats partiels de mesures d'absorbance :

C en mol/L	0	1,0.10 ⁻²	2,5.10 ⁻²	5,0.10 ⁻²	7,5.10 ⁻²	1,0.10 ⁻¹
Absorbance	0		0,334	0,676	1,013	1,350

Aide 3- La longueur d'onde d'absorption maximale des ions Cu²⁺ est de 820 nm.

TRAVAIL A EFFECTUER

1. Compléter le protocole du groupe de TPE (20 min conseillées)

- 1.1. Aider les élèves en proposant un protocole pour déterminer la concentration en ions Cu²⁺ dans la solution qu'ils ont fabriquée.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

1.2. Expliquer aux élèves du groupe de TPE comment déterminer la masse de cuivre dans l'échantillon à partir de la quantité de matière en ions Cu^{2+} présente dans la solution.

.....
.....
.....
.....

APPEL N°1	Appeler le professeur pour lui présenter le protocole et les explications ou en cas de difficulté.
------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------

2. Il manque une solution fille ... (10 minutes conseillées)

La solution de concentration $1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ n'a pas été préparée. Réaliser la préparation de 50,0 mL de cette solution à partir de la solution mère fournie.

APPEL N°2	Appeler le professeur pour lui présenter la préparation de la solution fille ou en cas de difficulté.
------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------

3. Mesures et tracés (20 minutes conseillées).

3.1. Procéder aux mesures d'absorbance nécessaires à la finalisation du protocole. Noter les résultats :

.....
.....

3.2. Tracer la courbe d'étalonnage à l'aide du tableur Latis Pro.

APPEL N°3	Appeler le professeur pour lui montrer vos résultats de mesures, votre tracé ou en cas de difficulté.
------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------

4. Exploitation (10 minutes conseillées).

4.1. Détermination de la concentration en ions Cu^{2+} dans la solution :

Résultats :

.....

4.2. Détermination de la masse de cuivre dans l'échantillon :

Donnée : $M(\text{Cu}) = 63,5 \text{ g.mol}^{-1}$

.....
.....
.....

4.3. Détermination du pourcentage en masse du cuivre dans l'échantillon :

.....
.....
.....

Peut-on qualifier cet échantillon de cuivre d'excellent conducteur électrique ?

.....

APPEL N°4	Appeler le professeur en cas de difficulté.
------------------	----------------------------------------------------

REPÈRES POUR L'ÉVALUATION

Le candidat est en situation d'évaluation, l'examinateur ne doit pas fournir d'explicitation des erreurs ni de la démarche à conduire. Ses interventions sont précises, elles servent de relance pour faire réagir le candidat ou bien pour lui permettre d'avancer pour être évalué sur d'autres compétences.

Les erreurs détectées par le professeur en continu ou lors d'un appel sont forcément suivies d'un questionnement ouvert si ces erreurs conduisent l'élève à une impasse.

1. Compléter le protocole du groupe de TPE

La compétence « analyser » est mobilisée et évaluée lors de l'appel 1.

Le critère retenu pour l'évaluation de la compétence ANA est le suivant :
analyser et concevoir un protocole expérimental.

Le candidat doit être capable :

- de préciser qu'en mesurant l'absorbance de solutions de concentrations connues en ions Cu^{2+} on peut tracer une courbe d'étalonnage $A = f(C)$;
- de trouver qu'en mesurant l'absorbance de la solution inconnue on pourra déterminer, par lecture graphique directe ou à l'aide d'une équation de modélisation, sa concentration en ions Cu^{2+} ;
- de relier les quantités de matière en ions Cu^{2+} dans la solution et la quantité de matière en Cu dans l'échantillon ;
- d'exprimer une masse en fonction de la quantité de matière et de la masse molaire.

L'examinateur attend que le candidat sache corriger seul une maladresse ou apporte, seul, un complément au protocole lors des appels. S'il y parvient le niveau acquis est alors **A**.

Si malgré le questionnement ouvert de l'examinateur, la réponse est toujours incomplète l'examinateur fournit au candidat une solution partielle écrite ou orale, le niveau acquis est alors **B**.

Si l'examinateur doit apporter plusieurs réponses partielles, le niveau est **C**.

Si le candidat ne parvient pas à établir la réponse demandée à partir des solutions partielles, l'examinateur lui donne la solution totale, le niveau acquis est donc **D**.

Exemples de solutions partielles

Solution partielle 1

La courbe d'étalonnage est $A = f(C)$.

Solution partielle 2

En mesurant l'absorbance de la solution inconnue on pourra déterminer à partir de la courbe d'étalonnage par lecture graphique directe ou à l'aide d'une équation de modélisation sa concentration en ions Cu^{2+} .

Solution partielle 3

$m(\text{Cu}) = n(\text{Cu}) \times M(\text{Cu})$

Exemple de solution totale

La courbe d'étalonnage à tracer est $A = f(C)$ pour les solutions de concentrations connues en ions Cu^{2+} . En mesurant l'absorbance de la solution inconnue, on pourra déterminer, à partir de la courbe d'étalonnage par lecture graphique directe ou à l'aide d'une équation de modélisation, sa concentration en ions Cu^{2+} .

Quantités de matière : $n(\text{Cu}^{2+})$ dans 1,0 de solution = $n(\text{Cu})$ dans l'échantillon

Masse : dans l'échantillon $m(\text{Cu}) = n(\text{Cu}) \times M(\text{Cu})$

2. Il manque une solution fille et 3. Mesures et tracés

La compétence « réaliser » est mobilisée et évaluée lors de l'appel 2 et lors de l'appel 3.

Le critère retenu pour l'évaluation de la compétence REA est le suivant :

maîtriser certains gestes techniques.

Appel 2 : la dilution

Le candidat doit être capable :

- de calculer rapidement le facteur de dilution et prévoir ainsi le rapport des volumes : choix de la pipette jaugée adéquate ;
- d'utiliser correctement le matériel pour effectuer la dilution : prélèvement de la solution mère avec rinçage initial et respect des niveaux de la pipette jaugée, ajustage au trait de la fiole jaugée, homogénéisation.

Appel 3 : mesures et tracés

Le candidat doit être capable :

- de régler le spectrophotomètre à la longueur d'onde d'absorption maximale, de faire le « zéro » et de mesurer l'absorbance de deux solutions ;
- d'entrer des valeurs dans un tableur, de faire afficher une courbe : droite modélisée (les points ne sont pas reliés un à un).

L'examineur attend que le candidat sache corriger seul une maladresse ou apporte, seul, un complément aux questions posées. S'il y parvient le niveau acquis est alors **A**. (hors gestes expérimentaux)

Si malgré le questionnement ouvert de l'examineur, la réponse est toujours incomplète l'examineur fournit au candidat une solution partielle écrite ou orale, le niveau acquis est alors au maximum **B**.

Si, lors de la réalisation de la dilution, des gestes expérimentaux ne sont pas corrects, l'examineur évalue selon la gravité des erreurs commises : par exemple le non-respect des niveaux de la pipette jaugée transformerait un A en B.

Si l'examineur doit apporter plusieurs réponses partielles, le niveau est **C**. Si le candidat ne parvient pas à établir la réponse demandée à partir des solutions partielles, l'examineur lui donne la solution totale, le niveau acquis est donc **D**.

Appel 2 - Exemples de solutions

Solution partielle 1

Le rapport des volumes solution fille et solution mère est égal au facteur de dilution.

Exemple de solution totale

Le rapport des volumes solution fille et solution mère est égal au facteur de dilution soit 10.

Pour préparer 50,0 mL de solution diluée, on utilise une pipette jaugée de 5,0 mL.

Le prélèvement de 5,0 mL est placé dans la fiole jaugée de 50,0 mL, on ajuste au trait avec de l'eau distillée et on homogénéise.

Appel 3 - Exemples de solutions

Solution partielle 1

Faire le « zéro » du spectrophotomètre en se plaçant à la longueur d'onde d'absorption maximale.

Solution partielle 2

Il faut créer deux colonnes dans le tableur : une pour A et l'autre pour la concentration C.

Solution partielle 3

Pour tracer $A = f(C)$: La grandeur en ordonnée est A et celle en abscisse est C.

Solution partielle 4

En utilisant les fonctionnalités du logiciel, on trace une droite moyenne par modélisation.

Exemple de solution totale

L'ensemble des solutions partielles.

4. Exploitation

La compétence « valider » est mobilisée et évaluée lors de l'appel 4.

**Les critères retenus pour l'évaluation de la compétence VAL sont les suivants :
*extraire des informations à partir de données et les exploiter.***

Le candidat doit être capable :

- de déterminer la concentration inconnue à partir de la courbe d'étalonnage soit par lecture graphique à l'aide d'un outil du logiciel ou par un calcul à l'aide de l'équation de la courbe modélisée ;
- de relier une concentration à une quantité de matière ;
- de mener à bien un calcul : unité et chiffres significatifs ;
- utiliser le critère donné dans le contexte pour qualifier ou non d'excellent conducteur l'échantillon.

L'examineur attend que le candidat sache corriger seul une maladresse ou apporte, seul une solution à sa difficulté. S'il y parvient le niveau acquis est alors **A**.

Si malgré le questionnement ouvert de l'examineur, la réponse est toujours incomplète l'examineur fournit au candidat une solution partielle écrite ou orale, le niveau acquis est alors **B**.

Si l'examineur doit apporter plusieurs réponses partielles, le niveau est **C**.

Si le candidat ne parvient pas à établir la réponse demandée à partir des solutions partielles, l'examineur lui donne la solution totale, le niveau acquis est donc **D**.

Le non-respect des unités et des chiffres significatifs doit être pris en compte dans l'évaluation.

Exemples de solutions partielles

Solution partielle 1

Le point de la courbe d'étalonnage dont l'ordonnée est la mesure de l'absorbance de la solution inconnue a pour abscisse la concentration C en Cu^{2+} inconnue soit mol.L^{-1} .

Solution partielle 2

La concentration notée C d'une espèce est relié à la quantité de matière par $C = \frac{n_{\text{espèce}}}{V_{\text{solution}}}$.

Exemple de solution totale

Le point de la courbe d'étalonnage dont l'ordonnée est la mesure de l'absorbance de la solution inconnue a pour abscisse la concentration C en Cu^{2+} inconnue soit mol.L^{-1} .

La concentration notée C de Cu^{2+} est relié à la quantité de matière par $C = \frac{n_{\text{Cu}^{2+}}}{V_{\text{solution}}}$.

Le volume est de 1,0 L donc $n_{\text{Cu}^{2+}} = \text{..... mol}$.

Les autres expressions nécessaires ont déjà été évaluées en partie 1-, à savoir :

Quantités de matière : $n(\text{Cu}^{2+})$ dans 1,0 de solution = $n(\text{Cu})$ dans l'échantillon

Masse : dans l'échantillon $m(\text{Cu}) = n(\text{Cu}) \times M(\text{Cu})$

Le pourcentage massique en Cu est défini dans le document 3 : $\% \text{Cu} = \frac{m_{\text{Cu échantillon}}}{m_{\text{échantillon}}} \times 100$.

L'échantillon sera un excellent conducteur si ce pourcentage massique est de 99,9 %.