

BACCALAURÉAT SÉRIE S**Épreuve de PHYSIQUE CHIMIE
Évaluation des Compétences Expérimentales****Sommaire**

I. DESCRIPTIF DU SUJET DESTINÉ AUX ÉVALUATEURS.....	2
II. LISTE DE MATÉRIEL DESTINÉE AUX ÉVALUATEURS ET AUX PERSONNELS DE LABORATOIRE.....	3
III. ÉNONCÉ DESTINÉ AU CANDIDAT.....	5
1. Réalisation de la courbe d'étalonnage (20 minutes conseillées).....	9
2. Détermination de la concentration en ion fer II de la solution d'engrais S _x (20 minutes conseillées). 9	
3. Vérification de la teneur en ions fer II de l'engrais (20 minutes conseillées).....	10

I. DESCRIPTIF DU SUJET DESTINÉ AUX ÉVALUATEURS

Tâches à réaliser par le candidat	<p>Dans ce sujet, le candidat doit :</p> <ul style="list-style-type: none"> • mesurer l'absorbance de différentes solutions d'orthophénantroline ferreuse de concentrations connues en ions fer II • tracer une courbe d'étalonnage ($A = f(C)$) à partir des mesures effectuées en utilisant un logiciel tableur-grapheur • mettre en œuvre une dilution • déterminer une concentration inconnue à partir d'une courbe d'étalonnage • calculer un pourcentage massique.
Compétences évaluées Coefficients respectifs	<ul style="list-style-type: none"> • Analyser (ANA) : coefficient 2 • Réaliser (REA) : coefficient 2 • Valider (VAL) : coefficient 2
Préparation du poste de travail	<p><u>Précautions de sécurité</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • L'orthophénantroline est toxique en cas d'ingestion et très toxique pour les organismes aquatiques. Les solutions ne devront pas être rejetées dans l'environnement et le flacon contenant la solution d'orthophénantroline doit être étiqueté avec les pictogrammes ci-contre. • Les candidats doivent manipuler les solutions contenant de l'orthophénantroline avec des gants et des lunettes de protection. <p><u>Avant le début des épreuves</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • disposer tout le matériel de la liste sur la paillasse du candidat pour qu'il puisse faire son choix • prévoir un présentoir avec cinq tubes à essais notés S_1 à S_5 contenant les solutions colorées de l'échelle de teintes • ouvrir le logiciel tableur-grapheur • allumer le spectrophotomètre et régler sur une longueur d'onde différente que celle qui devra être utilisée pour effectuer les mesures • mettre à disposition du candidat des notices simplifiées d'utilisation du logiciel tableur-grapheur et du spectrophotomètre • fournir au candidat un spectre coloré (document 4) si le sujet n'a pas pu être imprimé en couleurs. <p><u>Entre les prestations de deux candidats</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • changer les solutions de l'échelle de teintes • vérifier qu'aucune sauvegarde n'a été effectuée avec le logiciel tableur-grapheur • modifier le réglage de longueur d'onde du spectrophotomètre. <p><u>Prévoir aussi</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • un fichier contenant la courbe d'étalonnage déjà tracée • une solution d'engrais diluée d'un facteur 20, au cas où le candidat ne réussirait pas à mettre en œuvre la dilution.
Déroulement de l'épreuve. Gestion des différents appels.	<p><u>Minutage conseillé</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • réalisation d'une courbe d'étalonnage montrant l'évolution de l'absorbance des solutions en fonction de leur concentration (20 minutes) • réalisation d'une dilution et détermination d'une concentration à partir de la courbe d'étalonnage (20 minutes) <ul style="list-style-type: none"> • détermination d'un pourcentage massique (20 minutes). <p><u>Il est prévu 3 appels obligatoires de la part du candidat.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • lors de l'appel 1, l'évaluateur vérifie le protocole expérimental proposé par le candidat pour obtenir la courbe d'étalonnage ; • lors de l'appel 2, l'évaluateur vérifie la courbe d'étalonnage tracée par le candidat ; • lors de l'appel 3, l'évaluateur vérifie le matériel proposé par le candidat pour effectuer la dilution. <p>Le reste du temps, l'évaluateur observe le candidat en continu.</p>
Remarques	<p>Les fiches II et III sont à adapter en fonction du matériel utilisé par les candidats au cours de l'année.</p> <p><u>Autre remarques éventuelles</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • La solution initiale d'engrais doit être préparée en utilisant comme solvant de l'acide chlorhydrique à $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ pour être certain d'obtenir tous les ions fer II contenus dans l'engrais en solution. • La dilution de la solution d'engrais est réalisée avec de l'eau distillée. • L'évaluateur doit indiquer au candidat que les solutions contenant de l'orthophénantroline doivent être manipulées avec des gants et des lunettes de protection.



II. LISTE DE MATÉRIEL DESTINÉE AUX ÉVALUATEURS ET AUX PERSONNELS DE LABORATOIRE

La version modifiable de l'ÉNONCÉ DESTINÉ AU CANDIDAT jointe à la version .pdf vous permettra d'adapter le sujet à votre matériel. Cette adaptation ne devra entraîner EN AUCUN CAS de modifications dans le déroulement de l'évaluation

Paillasse candidats :

- une calculatrice type « collège » ou un ordinateur avec fonction « calculatrice »
- un ordinateur avec un logiciel tableur-grapheur
- un spectrophotomètre
- sept cuves de spectrophotométrie en plastique
- sept pipettes en plastique
- sept tubes à essais identiques dont cinq contenant les solutions colorées de l'échelle de teintes de concentrations connues en ions fer II :
 - S₁ de concentration C₁ = 2,00 × 10⁻⁴ mol.L⁻¹
 - S₂ de concentration C₂ = 1,00 × 10⁻⁴ mol.L⁻¹
 - S₃ de concentration C₃ = 4,00 × 10⁻⁵ mol.L⁻¹
 - S₄ de concentration C₄ = 2,00 × 10⁻⁵ mol.L⁻¹
 - S₅ de concentration C₅ = 1,00 × 10⁻⁵ mol.L⁻¹

Remarque :

La solution S₁ est préparée par dilution d'une solution S₀ de sel de Mohr de concentration 2,00 × 10⁻³ mol.L⁻¹ (soit 0,784 g de sel de Mohr pour 1 L de solution S₀).

Les solutions de l'échelle de teintes doivent être préparées par dilution de la solution S₁ préalablement colorée par ajout, pour 100 mL de solution S₁, de 10 mL d'une solution d'orthophéantroline à 2% dans l'éthanol (1,58 g d'orthophéantroline pour 100 mL d'éthanol).

- Un flacon compte-gouttes étiqueté « S₀ » contenant une solution de sel de Mohr de concentration 2,00 × 10⁻³ mol.L⁻¹ (solution initiale S₀ préparée pour l'échelle de teintes)
- un flacon incolore étiqueté « solution d'engrais S_x » contenant 25 mL d'une solution colorée d'engrais S_x anti-mousse de concentration inconnue en ion fer II

La solution colorée d'engrais est obtenue dans un premier temps par dissolution d'un gramme d'engrais anti-mousse à base de sulfate de fer II pour 1 L de solution. Puis, pour la colorer, il faut ajouter, pour 100 mL de solution, 10 mL d'une solution d'orthophéantroline à 2 % dans l'éthanol.

Remarques :

- L'engrais ne se dissout pas totalement ; cela dépend en effet des espèces chimiques qu'il contient en plus du sulfate de fer II. Cependant, il est possible d'obtenir en solution la totalité des ions fer II qu'il contient en utilisant comme solvant de l'acide chlorhydrique de concentration égale à 0,1 mol.L⁻¹.
 - Le point 3.2 du document 1 est à modifier en cas de teneur différente en fer. À titre d'information : une teneur de 10 % en sulfate de fer II heptahydraté correspond à une teneur de 2 % en fer.
- une éprouvette de 5 mL
 - une pipette jaugée de 5,0 mL
 - une pipette jaugée de 10,0 mL
 - un dispositif de pipetage ou une poire à pipeter
 - une fiole jaugée de 100,0 mL
 - deux béchers de 100 mL
 - une pissette d'eau distillée
 - un flacon compte-gouttes étiqueté « solution d'orthophéantroline » contenant une solution d'orthophéantroline à 2 % dans l'éthanol
 - des gants et une paire de lunettes de protection

Paillasse professeur

- un fichier contenant la courbe d'étalonnage
- une fiole jaugée contenant la solution d'engrais S_x diluée d'un facteur 20

Documents mis à disposition des candidats

- notice simplifiée d'utilisation du logiciel tableur-grapheur
- notice simplifiée d'utilisation du spectrophotomètre, indiquant notamment le comportement de l'appareil en cas de saturation
- un spectre coloré (document 4) si le sujet n'a pas pu être imprimé en couleurs

III. ÉNONCÉ DESTINÉ AU CANDIDAT

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

Ce sujet comporte **six** 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'utilisation d'une calculatrice ou d'un ordinateur autres que ceux fournis n'est pas autorisée.

CONTEXTE DU SUJET

Les engrais pour gazon vendus dans le commerce peuvent être conditionnés sous forme d'une poudre blanche légèrement verdâtre contenant du sulfate de fer II permettant d'éliminer la mousse présente dans le gazon.



Le but de cette épreuve est de déterminer la valeur de la teneur en ions fer II d'un engrais du commerce contenant un anti-mousse à base de sulfate de fer II.

DOCUMENTS MIS A DISPOSITION DU CANDIDAT**Document 1 : Extrait de la fiche technique de l'engrais anti-mousse utilisé par le jardinier****Section 1 : Identification de la substance**

1.1. Identificateur de produit

Nom commercial : ENGRAIS GAZON ANTI MOUSSE


1.2. Utilisations identifiées pertinentes de la substance ou du mélange

Engrais désherbant anti-mousse pour gazon

Section 2 : Identification des dangers

2.1 Classification de la substance ou du mélange

Classification du mélange selon le règlement (CE) N°1272/2008

Mention d'avertissement	Pictogramme	Classe de danger	Mentions de danger
ATTENTION		Toxicité aiguë orale	H303
		Irritation cutanée	H315
		Irritation oculaire	H319

Section 3 : Composition du mélange

3.2 Engrais :

Oxyde de magnésium

Azote

Anhydride sulfurique

Anti-mousse :

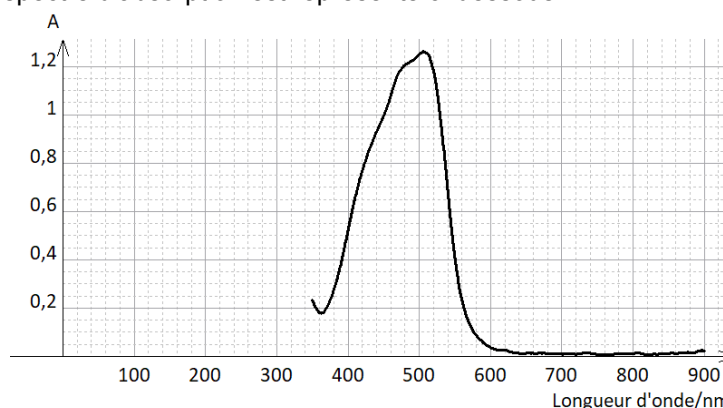
Sulfate de fer II heptahydraté

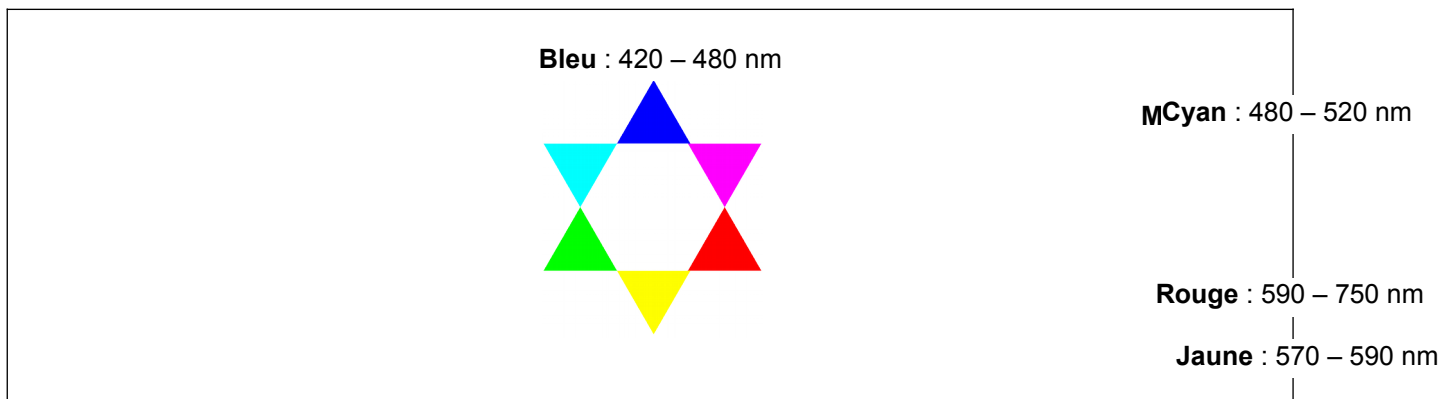
Document 2 : Le sel de MohrLe sel de Mohr est un solide ionique hydraté de formule chimique $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$.En solution, le sel de Mohr libère des ions fer II (Fe^{2+}), ammonium (NH_4^+) et sulfate (SO_4^{2-}), selon la réaction : $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2(\text{s}) \rightarrow \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{NH}_4^+(\text{aq}) + 2 \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$

Le sel de Mohr est couramment utilisé à la place du sulfate de fer II car la présence des ions ammonium dans la solution permet de limiter l'oxydation des ions fer II libérés dans la solution en ions fer III, et ainsi obtenir des solutions de concentrations stables en ions fer II.

Document 3 : Spectre d'absorption d'une solution d' « orthophénantroline ferreuse » en fonction de la longueur d'onde

L'orthophénantroline est un composé organique qui réagit avec les ions fer II pour former une espèce colorée stable dont le spectre d'absorption est représenté ci-dessous :

**Document 4 : Étoile chromatique**

**Document 5 : Absorbance et loi de Beer-Lambert**

Un rayonnement qui traverse une cuve contenant une espèce chimique colorée en solution peut perdre une partie de son intensité lumineuse : il s'agit du phénomène d'absorbance.

La loi de Beer-Lambert, $A = k \cdot C$, illustre que l'absorbance A (sans unité) d'une solution est proportionnelle à la concentration C (en mol.L^{-1}) de l'espèce colorée. Le coefficient de proportionnalité k dépend de la nature de la solution et de la longueur d'onde du rayonnement utilisé pour les mesures.

Document 6 : Pourcentage massique

Dans un mélange, le pourcentage massique P d'un constituant permet de connaître sa proportion dans le mélange. Pour le calculer, on utilise la relation : $P = \frac{\text{masse du constituant}}{\text{masse totale du mélange}} \times 100$

Matériel mis à disposition du candidat

- une calculette type « collège » ou un ordinateur avec fonction « calculatrice »
- un ordinateur avec un logiciel tableur-grapheur
- un spectrophotomètre
- sept cuves en plastique de spectrophotométrie
- sept pipettes en plastique
- sept tubes à essais identiques dont 5 contenant des solutions de concentrations connues en ions fer II colorées par de l'orthophénantroline :
 - S₁ de concentration C₁ = 2,00 × 10⁻⁴ mol.L⁻¹
 - S₂ de concentration C₂ = 1,00 × 10⁻⁴ mol.L⁻¹
 - S₃ de concentration C₃ = 4,00 × 10⁻⁵ mol.L⁻¹
 - S₄ de concentration C₄ = 2,00 × 10⁻⁵ mol.L⁻¹
 - S₅ de concentration C₅ = 1,00 × 10⁻⁵ mol.L⁻¹
- Un flacon compte-gouttes étiqueté « S₀ » contenant une solution de sel de Mohr
- un flacon incolore étiqueté « solution d'engrais S_x » contenant une solution colorée d'engrais S_x anti-mousse de concentration inconnue en ion fer II
- une éprouvette de 5 mL
- une pipette jaugée de 5,0 mL
- une pipette jaugée de 10,0 mL
- un dispositif de pipetage ou une poire à pipeter
- une fiole jaugée de 100,0 mL
- deux béchers de 100 mL
- une pissette d'eau distillée
- un flacon compte-gouttes étiqueté « solution d'orthophénantroline » contenant une solution d'orthophénantroline à 2 % dans l'éthanol.
- des gants et une paire de lunettes de protection

TRAVAIL À EFFECTUER**1. Réalisation de la courbe d'étalonnage** (20 minutes conseillées)

1.1. Proposer un protocole expérimental permettant de vérifier la loi de Beer-Lambert pour les solutions d'orthophéantroline ferreuse. Justifier notamment la valeur de la longueur d'onde choisie pour effectuer les mesures.

- Remplir 5 cuves avec les 5 solutions d'orthophéantroline
- Mettre le spectrophotomètre sur 500nm (longueur d'onde lue sur le document 2)
- Mesurer l'absorbance des 5 solutions
- Tracer la courbe de l'absorbance en fonction de la concentration c (avec le logiciel Regressi)
 - Si on obtient une droite : l'absorbance A est proportionnelle à la concentration $A = k \times C$ (avec k un coefficient qu'on peut obtenir sur le logiciel)
 - Loi de Beer-Lambert vérifiée

APPEL n°1		
□	Appeler le professeur pour lui présenter le protocole expérimental ou en cas de difficulté	□

1.2. Mettre en œuvre le protocole expérimental proposé. Modéliser la droite obtenue.

APPEL n°2		
□	Appeler le professeur pour lui présenter les résultats expérimentaux ou en cas de difficulté	□

2. Détermination de la concentration en ion fer II de la solution d'engrais S_x (20 minutes conseillées)

Un volume de quelques millilitres d'une solution d'orthophéantroline a été ajouté à la solution d'engrais S_x pour la colorer.

2.1. Mesurer l'absorbance de la solution S_x . Pourquoi n'est-il pas possible d'utiliser la courbe tracée précédemment pour déterminer la valeur de la concentration en ions fer II de cette solution ?

Car la concentration sera trop élevée pour pouvoir la lire sur la droite

Pour résoudre ce problème, il faut diluer d'un facteur 20 la solution S_x .

2.2. Choisir le matériel nécessaire pour effectuer cette dilution dans la liste proposée. Justifier.

- Prélever 5.0mL de la solution S_x avec une **pipette jaugée (celle de 5.0mL)**
(Explication. Dans le matériel : on a une fiole jaugée de 100mL. On veut diluer 20 fois donc $100 / 20 = 5$.)

- Verser dans une **fiole jaugée de 100mL**
- Ajouter de l'eau distillée aux 2/3 puis agiter
- Ajouter à nouveau jusqu'au trait de jauge et agiter

APPEL n°3		
□	Appeler le professeur pour lui présenter le matériel choisi ou en cas de difficulté	□

2.3. Mettre en œuvre la dilution.

2.4. Mesurer l'absorbance de cette solution diluée :

$$A_d = \dots\dots\dots$$

2.5. En déduire la valeur de la concentration C_d en ions fer II de la solution diluée :

$$C_d = \dots\dots\dots \text{ (à lire sur la droite)}$$

1. Vérification de la teneur en ions fer II de l'engrais (20 minutes conseillées)

La solution d'engrais S_x a été préparée en utilisant 1,00 g d'engrais pour 1,00 L de solution.

Donnée : la masse molaire atomique du fer est $M = 55,8 \text{ g.mol}^{-1}$

1.1. Déterminer, à partir de la valeur de C_d , la valeur de la concentration C_x en ions fer II de la solution d'engrais S_x .

$$C_x = 20 \times C_d \text{ (car on a dilué 20 fois)}$$

1.2. En déduire la valeur de la masse m d'ions fer II présents dans un litre de la solution S_x .

$$\begin{aligned} n &= C_x \times V \\ \text{et } m &= n \times M \\ \text{d'où } m &= (C_x \times V) \times M \end{aligned}$$

1.3. Calculer alors le pourcentage massique P d'ions fer II présents dans l'engrais.

D'après le document 2, $P = \left(\frac{\text{masse constituant}}{\text{masse totale du mélange}} \right) \times 100$

.....
.....

1.4. Justifier la couleur prise par la solution S_x en présence d'orthophénantroline.

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

Défaire le montage et ranger la paillasse avant de quitter la salle.