

CORRECTION

Je ne suis pas un professionnel, il est donc possible qu'il y ait des erreurs dans la correction.

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	4
1. Choix des conditions pour repérer l'équivalence du titrage colorimétrique (20 minutes conseillées) .	7
2. Réalisation du titrage (20 minutes conseillées)	7
3. Détermination de la dureté de l'eau et incertitudes (20 minutes conseillées).....	7

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"> déterminer les conditions expérimentales pour repérer l'équivalence du titrage ; mettre en œuvre le protocole de titrage d'une eau minérale ; évaluer la dureté de cette eau et l'incertitude associée.
Compétences évaluées Coefficients respectifs	<ul style="list-style-type: none"> S'approprier (APP) : coefficient 2 Réaliser (REA) : coefficient 3 Valider (VAL) : coefficient 1
Préparation du poste de travail	<p><u>Précautions de sécurité</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Le titrage nécessite le port de gants et de lunettes. L'agitateur magnétique est connecté au secteur avant l'arrivée du candidat. <p><u>Entre les prestations de deux candidats</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Faire l'appoint des différentes solutions utilisées.
Déroulement de l'épreuve. Gestion des différents appels.	<p><u>Minutage conseillé</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Conditions de repérage de l'équivalence du titrage (20 minutes) Réalisation du titrage (20 minutes) Détermination de la dureté de l'eau, des incertitudes et conclusion (20 minutes) <p>Il est prévu deux appels obligatoires et un appel facultatif de la part du candidat.</p> <ul style="list-style-type: none"> Lors de l'appel facultatif, le professeur n'intervient qu'en cas de demande du candidat s'il est en situation de difficulté. Lors de l'appel 1, l'évaluateur vérifie la valeur du volume à l'équivalence ainsi que la bonne réalisation du titrage. Lors de l'appel 2, l'évaluateur vérifie la valeur de la dureté de l'eau et l'incertitude associée. <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>Autres remarques éventuelles</u></p> <ul style="list-style-type: none"> On choisira de préférence une eau minérale de dureté proche des limites de l'eau douce.

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 calculette type « collègue » ou un ordinateur avec fonction « calculatrice »
- un flacon contenant de l'eau minérale étiqueté « eau minérale »
- un flacon contenant une solution d'EDTA disodique (éthylène-diamine-tétra-acétate disodique) de concentration molaire $1,0 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$, un pictogramme « nocif/irritant » devant figurer sur le flacon
- un flacon de solution de Noir Ériochrome T (NET) avec compte-gouttes (un pictogramme « nocif/irritant » doit figurer sur le flacon)
- un flacon de solution tampon pH = 10 étiqueté « tampon pour dosage avec EDTA » (un pictogramme *corrosif* doit également figurer sur le flacon).
- une pissette d'eau distillée
- une éprouvette graduée de 10 mL
- une burette graduée de 25 mL
- un agitateur magnétique et un turbulent
- une pipette jaugée de 10,0 mL et une poire à pipeter
- cinq béchers de 100 mL
- un crayon à verre
- des lunettes de protection et des gants

Remarques

- L'eau minérale choisie doit avoir une assez faible teneur en ions calcium et/ou magnésium. Le sujet a été testé avec de l'eau « Volvic ® ». D'autres marques peuvent convenir.
- La solution d'EDTA doit avoir un pH situé entre 6 et 10 ; il est possible d'ajuster le pH avec une solution d'hydroxyde de sodium de concentration environ égale à 1 mol.L^{-1} , si nécessaire.
- La solution de Noir Ériochrome T (NET) correspond à 0,2 g de NET pour 50 mL de solution préparée avec de l'eau distillée. Le nombre de gouttes indiqué dans le protocole peut être ajusté.
- **Attention** : la valeur de la tolérance de la burette sera indiquée sur l'énoncé en partie 3, suivant la classe de la burette. Pour rappel, une burette de classe A possède une tolérance $t = 0,030 \text{ mL}$, une burette de classe B a une tolérance $t = 0,045 \text{ mL}$.

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

Dans une machine à café de type espresso, du calcaire se dépose régulièrement. Il entraîne un rétrécissement du diamètre des tuyaux, ce qui rallonge la durée de chauffage, augmente la consommation électrique et peut même conduire à une panne de la machine. Par ailleurs, le calcaire affecte la dégustation du café. En petite quantité, il constitue un important exhausteur de goût. Par contre, une forte teneur de l'eau en calcaire procure un arrière-goût désagréable et empêche, de ce fait, mais également en raison des variations de température, le déploiement optimal des arômes du café.

La *dureté* ou *titre hydrotimétrique (TH)* d'une eau est l'indicateur de présence d'ions calcium et magnésium de l'eau. Elle s'exprime en degré hydrotimétrique français (°f) sachant que 1°f correspond à une concentration molaire en ions calcium ou magnésium égale à $1,0 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$. Dans les notices pour machine à espresso, les fabricants conseillent d'utiliser une eau « douce ».



Le but de cette épreuve est de déterminer si une eau minérale est adaptée à l'utilisation d'une machine à espresso.

DOCUMENTS MIS A DISPOSITION DU CANDIDAT**Document 1 :**

d'après un document issu du site <http://uae.fr>

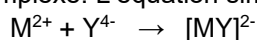
Document 2 : Titrage colorimétrique à l'EDTA

La dureté de l'eau est déterminée par titrage avec une solution d'EDTA (acide éthylène diamine tétraacétique), en milieu tamponné, et en présence de NET (Noir Ériochrome T) qui sert d'indicateur coloré.

Les ions Ca^{2+} ou Mg^{2+} seront notés indifféremment M^{2+} .

L'EDTA, ou acide éthylène diamine tétraacétique, est un acide que l'on peut noter H_4Y .

L'anion Y^{4-} (une forme basique de l'EDTA) peut se lier avec les ions calcium et magnésium. L'édifice formé est un ion incolore, qualifié d'ion complexe. L'équation simplifiée de la réaction peut s'écrire :

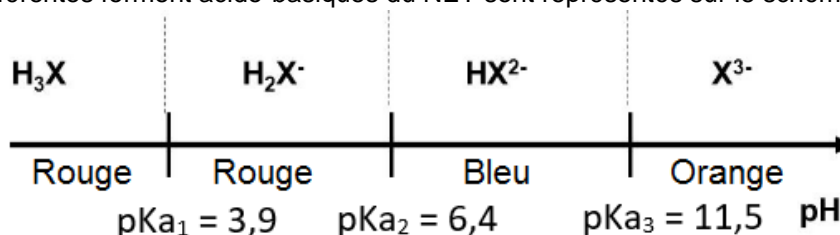


Remarque : un ion complexe est un édifice chimique formé par l'association de deux ou plusieurs entités chimiques indépendantes (ions ou molécules).

D'après *Encyclopaedia Universalis*

Document 3 : Le NET, indicateur de fin de réaction

Le NET (Noir Ériochrome T) est un triacide. On le notera H_3X . Les domaines de prédominance et les couleurs des différentes formes acido-basiques du NET sont représentés sur le schéma ci-dessous.



Le NET se lie avec les ions M^{2+} pour former l'espèce $[MX]^-$ de couleur rosée, couleur stable quelle que soit la valeur du pH. Cet ion complexe ne peut être détruit que par un complexant plus fort, l'EDTA, qui réagit sur le complexe $[MX]^-$ lorsqu'il n'y a plus d'ions M^{2+} libres.

D'après *Olympiades de chimie de Rennes 2005-2006*

Document 4 : Couleurs de solutions contenant du NET, des ions calcium et magnésium selon le pH du milieu

On a réalisé quatre solutions de pH différents à partir d'eau distillée et de solutions tampon. Dans chaque solution, on a ajouté du NET (deux gouttes), puis des ions Ca^{2+} ou Mg^{2+} , et enfin une solution d'EDTA en excès. Le tableau suivant indique la couleur de chaque solution après les différents ajouts.

pH de la solution réalisée avec de l'eau et une solution tampon	4	6,4	10	11,5
Couleur de la solution après ajout de NET (deux gouttes)	rouge	violet	bleu	violet
Couleur de la solution après ajout de NET (deux gouttes) et d'ions Ca^{2+} ou Mg^{2+}	rose	rose	rose	rose
Couleur de la solution après ajout de NET (deux gouttes), d'ions Ca^{2+} ou Mg^{2+} et d'EDTA en excès	rouge	violet	bleu	violet

Document 5 : Incertitude relative

L'incertitude relative $\frac{U(X)}{X}$ représente l'importance de l'erreur par rapport à la grandeur mesurée X.

Ce rapport est habituellement exprimé en pourcentage. L'incertitude relative permet de comparer la précision de différentes mesures. La mesure la plus précise est celle dont l'incertitude relative est la plus faible.

D'après <http://www2.cegep-ste-foy.qc.ca/profs/rfoy/labo/incertitudes/incertitudes.html>



Matériel mis à disposition du candidat

- une calculatrice type « collègue » ou un ordinateur avec fonction « calculatrice »
- un flacon contenant de l'eau minérale étiqueté « eau minérale »
- un flacon contenant une solution d'EDTA disodique (éthylène-diamine-tétra-acétate disodique) de concentration molaire $1,0 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$
- un flacon de solution de Noir Ériochrome T (NET) avec compte-gouttes
- un flacon de solution tampon pH = 10 étiqueté « tampon pour dosage avec EDTA »
- une pissette d'eau distillée
- une éprouvette graduée de 10 mL
- une burette graduée de 25 mL
- un agitateur magnétique et un turbulent
- une pipette jaugée de 10,0 mL et une poire à pipeter
- cinq béchers de 100 mL
- un crayon à verre
- des lunettes de protection et des gants

TRAVAIL À EFFECTUER**1. Choix des conditions pour repérer l'équivalence du titrage colorimétrique** (20 minutes conseillées)

Le document 4 évoque la couleur violette d'un mélange d'une solution de NET avec une solution tampon de pH = 10 et la couleur bleue d'un mélange d'une solution de NET avec une solution tampon de pH = 6,4. Justifier ces deux couleurs en vous appuyant sur un ou plusieurs autres document(s) fourni(s).

1. On voit sur le doc 3 que pour PH = 10, la couleur du NET est bleue et pour PH = 6,4 = PKa, la couleur est entre rouge et bleue soit violette.
2. une solution tampon est une solution dont le pH ne varie pas ou peu lors d'un ajout d'un acide ou d'une base, ou lors d'une dilution → on prend donc la solution tampon pH = 10 afin que la solution à titrer ait un pH proche du pKa de l'indicateur coloré (le NET).

APPEL FACULTATIF		
	Appeler le professeur en cas de difficulté	

2. Réalisation du titrage (20 minutes conseillées)



Préparer la burette avec une solution aqueuse d'EDTA de concentration molaire $C = 1,0 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$.

Dans un bécher, introduire 10 mL de solution tampon, puis 10,0 mL d'eau minérale et deux gouttes de NET.

Réaliser un premier titrage rapide de l'eau par l'EDTA, en versant la solution d'EDTA millilitre par millilitre, pour repérer la zone d'équivalence par un changement de couleur.

Puis réaliser un deuxième titrage, plus précis, et noter la valeur du volume à l'équivalence.

Attention, aucun liquide ne sera versé à l'évier. Chacun sera récupéré dans les flacons de recyclage.

APPEL n°1		
	Appeler le professeur pour lui présenter les résultats expérimentaux ou en cas de difficulté	

La valeur du volume équivalent est $V_{eq} = \dots\dots\dots \text{ mL}$.

3. Détermination de la dureté de l'eau et incertitudes (20 minutes conseillées)

La dureté de l'eau est donnée par la relation $TH(^{\circ}f) = \frac{C \times V_{eq}}{V_{eau} \times 10^{-4}}$, où C est la concentration de l'EDTA en mol.L^{-1} , V_{eq} le volume à l'équivalence du dosage en mL, et V_{eau} le volume d'eau dosé en mL.

Évaluer la dureté de l'eau étudiée.

.....

.....
.....

Pour améliorer l'estimation de la dureté de l'eau, il convient de considérer les incertitudes des trois grandeurs mesurées. L'incertitude sur le volume à l'équivalence du dosage en mL, V_{eq} , est donnée par la relation :

$$U_{V_{eq}} = \sqrt{\left(\frac{t}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{d}{\sqrt{6}}\right)^2}$$

où d désigne la plus petite graduation de la burette et t désigne la tolérance de la burette.

On prendra $t = \dots$

Calculer l'incertitude $U_{V_{eq}}$ sur la mesure du volume à l'équivalence.

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

Pour la pipette jaugée, on annonce une incertitude sur le volume d'eau $U_{V_{eau}} = 0,04$ mL et pour l'EDTA, on admet que $U_C = 0,5 \times 10^{-5}$ mol.L⁻¹. Calculer les incertitudes relatives de chacune des trois grandeurs C , V_{eau} et V_{eq} .

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

Au vu des résultats précédents, peut-on identifier une source d'incertitude prépondérante ?

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

Identifier une autre source d'incertitude qui pourrait être prise en compte lors de ce dosage colorimétrique.

.....

.....

.....

.....

.....



Conclure quant à la pertinence d'utiliser cette eau minérale avec une machine à expresso.

.....

.....

.....

.....

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

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