

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 (20 minutes conseillées)	8

I. DESCRIPTIF DU SUJET DESTINÉ AUX ÉVALUATEURS

Tâches à réaliser par le candidat	Dans ce sujet, le candidat doit : - 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	- S'approprier (APP) : coefficient 2 - Réaliser (RÉA) : coefficient 3 - Valider (VAL) : coefficient 1
Préparation du poste de travail	<u>Précautions de sécurité</u> - Le titrage nécessite le port de gants et de lunettes. - L'agitateur magnétique est branché au secteur avant l'arrivée du candidat. <u>Entre les prestations de deux candidats</u> - Faire l'appoint des différentes solutions utilisées.
Déroulement de l'épreuve. Gestion des différents appels.	<u>Minutage conseillé</u> - 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). <u>Il est prévu deux appels obligatoires et un appel facultatif de la part du candidat.</u> - Lors de l'appel 1, l'évaluateur vérifie les réponses proposées. - Lors de l'appel 2, l'évaluateur vérifie la valeur du volume à l'équivalence, la valeur de la dureté de l'eau et l'incertitude associée. Le reste du temps, l'évaluateur observe le candidat en continu.
Remarques	Les fiches II et III sont à adapter en fonction du matériel utilisé par les candidats au cours de l'année. <u>Autres remarques éventuelles</u> 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 $1,0 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 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 $\text{pH} = 10$ 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 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 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.

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.

Dans ce sujet, 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 expresso du calcaire se dépose régulièrement. Ce dépôt 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 le goût du café. En petite quantité il constitue un important exhausteur de goût. En revanche, une forte teneur de l'eau en calcaire procure un arrière-goût désagréable et empêche, de ce fait, le déploiement optimal des arômes du café.



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

DOCUMENTS MIS A DISPOSITION DU CANDIDAT**Document 1 : Machines à café et dureté d'une eau**

- a) Dans les notices pour machine à expresso, les fabricants conseillent d'utiliser une eau « douce ».
- b) 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 et magnésium égale à $1,0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Dureté de l'eau				
TH	0 à 8 °f	8 à 15 °f	15 à 30 °f	+ de 30 °f
	Eau très douce	Eau douce	Eau moyennement dure	Eau très dure

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

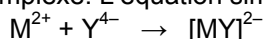
Document 2 : Titrage colorimétrique à l'EDTA

La dureté de l'eau est déterminée par titrage par 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+} et 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 :

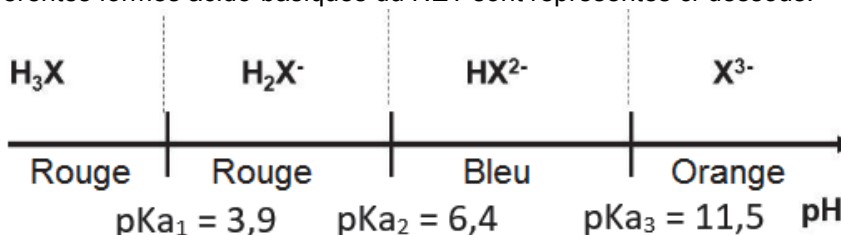


Remarque : un ion complexe est un édifice chimique formé par l'association de deux ou plusieurs entités chimiques indépendantes (ions ou molécules).

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 ci-dessous.



Le NET se lie avec les ions M^{2+} pour former l'espèce $[\text{MX}]^-$ 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 $[\text{MX}]^-$ 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 d'abord 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

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 $1,0 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- un flacon de solution de Noir Ériochrome T (NET) avec compte-gouttes
- un flacon de solution tampon étiqueté « tampon pour dosage avec EDTA »
- une pissette d'eau distillée
- une éprouvette graduée de 10 mL
- une burette graduée de 25,0 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/feutre 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 bleue d'un mélange d'une solution de NET avec une solution tampon de $pH = 10$ et la couleur violette d'un mélange d'une solution de NET avec une solution tampon de $pH = 6,4$. Justifier ces deux couleurs en vous appuyant sur le document 3.

.....

.....

.....

.....

Le repérage de l'équivalence s'effectue par un changement de couleur dû au NET. Choisir parmi les deux solutions tampons précédentes, celle permettant le changement de couleur le plus facile à observer. Justifier.

.....

.....

.....

.....

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

2. Réalisation du titrage (20 minutes conseillées)

- Préparer la burette avec une solution aqueuse d'EDTA de concentration molaire $C = 1,0 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.
- Introduire dans un bécher 10 mL de solution tampon, puis 10,0 mL d'eau minérale et deux gouttes de NET.
- Effectuer un premier titrage rapide de l'eau par l'EDTA pour repérer la zone d'équivalence par un changement de couleur.
- Effectuer un deuxième titrage, plus précis, et noter la valeur du volume à l'équivalence.

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

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

3. Détermination de la dureté de l'eau (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 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, V_{eq} le volume à l'équivalence du dosage en mL, et V_{eau} le volume d'eau dosé en mL.

Évaluer la valeur de la dureté de l'eau étudiée.

.....

.....

.....

.....

.....

Pour améliorer l'estimation de la valeur de la dureté de l'eau, il convient de considérer les incertitudes sur les trois grandeurs intervenant dans le calcul de la dureté de l'eau : V_{eq} , V_{eau} et C .

Grandeur X	V_{eq}	V_{eau}	C
Incertitude $U(X)$	0,2 mL	0,04 mL	$0,5 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

L'incertitude relative sur la valeur de la dureté de l'eau est donnée par la relation :

$$\frac{U(TH)}{TH} = \sqrt{\left(\frac{U(V_{eq})}{V_{eq}}\right)^2 + \left(\frac{U(V_{eau})}{V_{eau}}\right)^2 + \left(\frac{U(C)}{C}\right)^2}$$

Évaluer l'incertitude relative $U(TH)$ sur la dureté de l'eau.

.....

.....

.....

.....

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

Donner l'encadrement de la dureté de cette eau.

.....

.....

.....

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

.....

.....

.....

.....

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