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'examinateur afin de lui permettre de continuer la tâche.
L'examinateur peut intervenir à tout moment, s'il le juge utile.
L'usage de calculatrice avec mode examen actif est autorisé. L'usage de calculatrice sans mémoire « type collège » est autorisé.

CONTEXTE DE LA SITUATION D'ÉVALUATION

L'eau du robinet est dite « dure » si elle est riche en ions calcium Ca^{2+} et magnésium Mg^{2+}. Une eau trop « dure » favorise notamment l'entartrage, c'est à dire la formation de dépôt de calcaire $CaCO_3(s)$.

Pour améliorer le goût de l'eau du robinet et limiter la formation de calcaire, il convient de diminuer la concentration en ions calcium Ca^{2+} et magnésium Mg^{2+} dans l'eau. Une carafe filtrante peut être utilisée à cet effet.

On dispose d'une carafe dont la cartouche est utilisée depuis un mois, on cherche à savoir si elle est encore efficace.

Le but de cette épreuve est de déterminer si la cartouche de filtration à disposition fonctionne encore efficacement.

INFORMATIONS MISES À DISPOSITION DU CANDIDAT

Dureté de l'eau

La dureté D de l'eau constitue l'indicateur de la minéralisation d'une eau. Elle est proportionnelle à la teneur en ions calcium et magnésium et s'exprime en « degré français » (°f).

Par définition, une dureté D = 1,0 °f correspond à une concentration totale d'ions calcium et magnésium :

$$C_T = 1{,}0 \times 10^{-4} \text{ mol·L}^{-1}.$$

D (°f)	0,0 à 7,0	7,0 à 15	15 à 25	25 à 42	supérieur à 42
eau	très douce	douce	moyennement dure	dure	très dure
eau assez douce pour être utilisée avec les appareils ménagers			*eau trop dure pour être utilisée avec les appareils ménagers*		

Titrage par l'EDTA

La minéralisation de l'eau est surtout due aux ions calcium Ca^{2+} et magnésium Mg^{2+} qu'elle contient.
La concentration totale C_T d'ions calcium et magnésium est définie par la relation :

$$C_T = [Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]$$

Elle se détermine grâce au titrage d'un volume V_{EAU} d'eau par une solution d'EDTA (éthylènediaminetétraacétate) de concentration C_{EDTA}. En milieu basique, l'EDTA est noté Y^{4-}. Il réagit avec les ions calcium Ca^{2+} et les ions magnésium Mg^{2+} selon les réactions simultanées d'équations :

$$Ca^{2+}\,(aq) + Y^{4-}\,(aq) \rightarrow CaY^{2-}\,(aq)$$
$$Mg^{2+}\,(aq) + Y^{4-}\,(aq) \rightarrow MgY^{2-}\,(aq)$$

Pour que ces réactions puissent servir de support à ce titrage, il convient :
- de se placer à *pH* constant voisin de 10 en ajoutant un volume de solution tampon correspondant à la moitié de volume de solution titrée ;
- d'ajouter un indicateur de fin de réaction, le NET (Noir Ériochrome T). En effet, l'équivalence n'est pas directement détectable car les solutions aqueuses contenant les espèces CaY^{2-} et MgY^{2-} sont incolores.

L'ajout de NET au début du dosage permet de rendre la solution dosée rose-violette avant l'équivalence, et bleue après l'équivalence. Il est nécessaire d'utiliser un bécher témoin permettant de bien identifier la couleur après l'équivalence.

À l'équivalence de ce dosage, pour un volume équivalent V_E de solution titrante ajoutée, on a la relation :

$$C_{EDTA} \cdot V_E = ([Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]) \cdot V_{EAU}$$

que l'on peut écrire aussi sous la forme :

$$C_{EDTA} \cdot V_E = C_T \cdot V_{EAU}$$

Résine échangeuse d'ions

La cartouche de filtration de la carafe contient une résine échangeuse d'ions.
La déminéralisation d'une eau du robinet consiste à éliminer les ions calcium Ca^{2+} et les ions magnésium Mg^{2+} de l'eau en les fixant sur des résines échangeuses d'ions.
Si on note $D_{initiale}$ la dureté de l'eau avant filtration et D_{finale} la dureté de l'eau après filtration, le taux d'élimination (en %) des ions est égal à $\frac{D_{initiale} - D_{finale}}{D_{initiale}} \times 100$.
La cartouche de filtration fonctionne efficacement si le taux d'élimination des ions est supérieur ou égal à 30 %.

TRAVAIL À EFFECTUER

1. Travail préliminaire (20 minutes conseillées)

1.1. Préparation de la solution titrante

Parmi le matériel présent sur la paillasse, indiquer le matériel à utiliser pour obtenir une solution d'EDTA de concentration 5,0 × 10^{-3} mol·L^{-1}, par dilution de la solution d'EDTA fournie. Justifier par un calcul le choix du matériel.

$n_0 = n_1$

$C_0V_0 = C_1V_1$

$V_0 = \frac{C_1V_1}{C_0}$

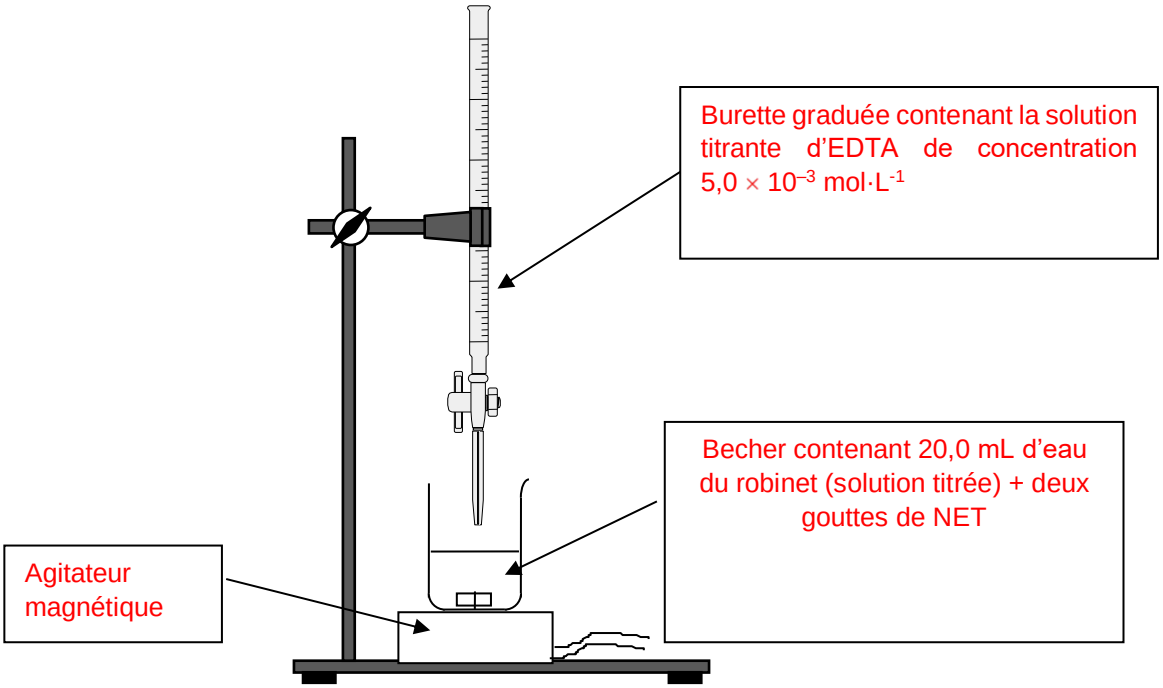
À l'aide de la pipette jaugée, prélever précisément V_0 = … mL de la solution mère.
Introduire ce volume de la solution mère dans une fiole jaugée de volume V_1 = … mL.
Ajouter de l'eau distillée dans la fiole jaugée jusqu'au trait de jauge.
Homogénéiser la solution.

Préparer la solution d'EDTA de concentration 5,0 × 10^{-3} mol·L^{-1}.

APPEL n°1		
	Appeler le professeur pour lui présenter la dilution ou en cas de difficulté	

1.2. Schéma du dispositif

Compléter la légende du schéma du dosage permettant de déterminer la valeur $D_{initiale}$ de la dureté de 20,0 mL d'eau du robinet. Indiquer le nom et le volume des solutions contenues dans le bécher.



APPEL n°2		
	Appeler le professeur pour lui présenter le schéma légendé ou en cas de difficulté	

2. Dureté de l'eau du robinet (30 minutes conseillées)

2.1. Mettre en œuvre le protocole, en utilisant le bécher témoin fourni pour repérer l'équivalence, et noter le volume à l'équivalence sachant que .....mL < V_E <.....mL.

V_E = ... Valeur expérimentale à trouver le jour de l'épreuve. Par exemple 9,8 mL

2.2. En déduire la valeur $D_{initiale}$ de la dureté de l'eau du robinet.

$C_{EDTA} \times V_E = C_T \times V_{EAU}$

$C_T \times V_{EAU} = C_{EDTA} \times V_E$

$$C_T = \frac{C_{EDTA} \times V_E}{V_{EAU}} = \frac{5{,}0 \times 10^{-3} \times 9{,}8}{20{,}0} = 2{,}45 \times 10^{-3}\ \text{mol.L}^{-1}$$

D = 1,0 °f	$C_T = 1{,}0 \times 10^{-4}$ mol·L^{-1}.
$D_{initiale}$	$C_T = 2{,}45 \times 10^{-3}\ \text{mol.L}^{-1}$

$$D_{initiale} = \frac{2{,}45 \times 10^{-3} \times 1{,}0}{1{,}0 \times 10^{-4}} = 24{,}5\ °f$$

2.3. Estimer la valeur D_{finale} de la dureté de l'eau du robinet filtrée à l'aide d'une bandelette test fournie. Noter le résultat sous la forme d'un encadrement.

A faire expérimentalement.

On pose une goutte de l'eau du robinet filtrée sur la bandelette test fournie. On compare la couleur de la bandelette à la couleur fourni par le fabriquant et on lit D_{finale} de la dureté de l'eau du robinet filtrée.

APPEL n°3		
	Appeler le professeur pour lui présenter les résultats expérimentaux ou en cas de difficulté	

3. Efficacité de la cartouche (10 minutes conseillées)

Évaluer le taux d'élimination des ions calcium et magnésium.

Le taux d'élimination (en %) des ions est égal à $\frac{D_{initiale} - D_{finale}}{D_{initiale}} \times 10$

On calcule le taux d'élimination avec les valeurs expérimentales trouvées.

La cartouche de filtration fonctionne-t-elle de manière efficace ?

Si le taux d'élimination des ions est supérieur ou égal à 30 % alors la cartouche de filtration fonctionne de manière efficace.

Si le taux d'élimination des ions est inférieur à 30 % alors la cartouche de filtration ne fonctionne pas de manière efficace.

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