

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. Principe du titrage (20 minutes conseillées) | 7 |
| 2. Détermination de la dureté de l'eau avant puis après filtration (30 minutes conseillées) | 8 |
| 3. Efficacité de la carafe filtrante (10 minutes conseillées)..... | 9 |

I. DESCRIPTIF DU SUJET DESTINÉ AUX ÉVALUATEURS

| | |
|---|--|
| Tâches à réaliser par le candidat | <p>Le candidat doit :</p> <ul style="list-style-type: none"> • expliciter le principe du dosage ; • mettre en œuvre le protocole de dosage et en déduire la dureté de l'eau avant puis après filtration avec la carafe ; • commenter l'efficacité de la carafe pour adoucir l'eau du robinet. |
| Compétences évaluées Coefficients respectifs | <ul style="list-style-type: none"> • S'approprier (APP) : coefficient 2 • Réaliser (RÉA) : coefficient 3 • Valider (VAL) : coefficient 1 |
| Préparation du poste de travail | <p><u>Précautions de sécurité</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • prévoir une paire de gant et des lunettes de sécurité pour manipuler l'EDTA. <p><u>Avant le début des épreuves</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • vérifier que les flacons contenant l'eau du robinet, l'eau filtrée, la solution tampon $pH = 10$, l'EDTA sont suffisamment remplis ; • préparer les trois tubes à essais bouchés contenant les mélanges décrits dans le document 4 et vérifier que les couleurs « lie de vin » et bleue correspondent bien. <p><u>Entre les prestations de deux candidats</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • remplir si nécessaire les flacons contenant l'eau filtrée, la solution tampon $pH = 10$ et l'EDTA. <p><u>Prévoir aussi :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • un flacon de récupération pour les solutions contenant l'EDTA.. |
| Déroulement de l'épreuve. Gestion des différents appels. | <p><u>Minutage conseillé</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Principe du titrage (20 minutes) • Détermination de la dureté de l'eau avant et après filtration (30 minutes) • Efficacité de la carafe (10 minutes) <p><u>Il est prévu 4 appels obligatoires de la part du candidat.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Lors de l'appel n°1, l'évaluateur vérifie que le candidat a su extraire les informations des différents documents. • Lors de l'appel n°2, l'évaluateur vérifie que le candidat a mis en œuvre le protocole proposé. • Lors de l'appel n°3, l'évaluateur vérifie que le candidat a déterminé expérimentalement les volumes versés à l'équivalence et a exploité les résultats des dosages. • Lors de l'appel n°4, l'évaluateur vérifie que les résultats. <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>L'évaluateur <u>complétera</u> l'encadrement (à +/- 2 mL) des volumes à l'équivalence correspondant aux conditions expérimentales dans lesquelles le candidat composera sur la fiche III.</p> <p>Si la cartouche de la carafe est neuve ou que l'eau du robinet n'est pas très dure, le volume équivalent V_{eq2} obtenu lors du titrage de l'eau filtrée peut être très faible (inférieur à 1 mL).</p> <p>Dans le cas d'une eau très douce, l'eau du robinet sera remplacée par une eau minérale adaptée.</p> |

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 « collègue » ou un ordinateur avec fonction « calculatrice »
- deux erlenmeyers de 150 mL
- un agitateur magnétique + barreau aimanté
- une burette graduée
- une éprouvette graduée de 10 mL
- une pipette jaugée de 10,0 mL
- une éprouvette graduée de 50 mL
- une pipette jaugée de 50,0 mL (ou à défaut une fiole jaugée de 50,0 mL)
- une poire à pipeter
- un flacon compte-goutte contenant une solution de NET fraîchement préparée
- un flacon contenant 100 mL de solution tampon $pH = 10$ (50% d'une solution aqueuse d'ammoniaque de concentration égale à $1,0 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ et 50% d'une solution aqueuse de chlorure d'ammonium de même concentration)
- un flacon contenant 100 mL d'eau du robinet
- un flacon contenant 100 mL d'eau du robinet filtrée par une carafe avec une cartouche récente
- un flacon contenant 100 mL d'une solution aqueuse d'EDTA de concentration égale à $1,0 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$
- quatre béchers de 100 mL
- un verre à pied
- un porte tube avec trois tubes à essais bouchés numérotés correspondant aux mélanges indiqués dans le document 4, préparés en amont de l'épreuve
- une paire de gants (pour manipuler l'EDTA)
- des lunettes de sécurité
- un quart de feuille blanche

Paillasse professeur

- un flacon contenant la solution tampon $pH = 10$ pour ajuster les niveaux entre deux passages de candidats
- un flacon contenant de l'eau du robinet filtrée par une carafe pour ajuster les niveaux entre deux passages de candidats
- un flacon contenant une solution aqueuse d'EDTA de concentration égale à $1,0 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ pour ajuster les niveaux entre deux passages de candidats
- un flacon de récupération pour les solutions contenant l'EDTA

Remarque : préparation des 3 tubes à essais témoin

| | Tube n°1 | Tube n°2 | Tube n°3 |
|------------------|---|--|---|
| Expérience | solution tampon $pH = 10$ + NET + eau distillée (sans ions) | solution tampon $pH = 10$ + NET + solution d'ions M^{2+} | solution tampon $pH = 10$ + NET + solution d'ions M^{2+} + EDTA en excès |
| Couleur observée | Bleue | « Lie de vin » (Rose) | Bleue |

On prendra pour M^{2+} : Ca^{2+} ou Mg^{2+}

Adapter les couleurs des solutions dans les tubes à essais n° 2 et n° 3 de manière à ce qu'elles correspondent en intensité à celle contenue dans l'erlenmeyer avant et après l'équivalence.

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

L'eau du robinet contient de nombreux minéraux dont les ions calcium et magnésium responsables de sa dureté. La dureté d'une eau est sans conséquence sur la santé humaine mais une eau dure présente des inconvénients d'ordre domestique en raison de la précipitation du calcaire (carbonate de calcium appelé familièrement « tartre »). L'utilisation d'une carafe filtrante permet de limiter la formation du tartre en adoucissant l'eau. Cette eau filtrée peut être profitable lors de l'utilisation d'une cafetière, d'une bouilloire ou d'un fer à repasser afin d'en limiter le dépôt de tartre.



Le but de cette épreuve est d'estimer l'efficacité d'une carafe filtrante sur la réduction de la dureté de l'eau du robinet.

DOCUMENTS MIS À DISPOSITION DU CANDIDAT**Document 1 : Dureté d'une eau**

La dureté d'une eau est due aux ions calcium Ca^{2+} et magnésium Mg^{2+} dissous. Pour simplifier le raisonnement, les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} seront représentés par l'espèce M^{2+} .

En France, la dureté s'exprime par son titre hydrotimétrique TH en degré français °f. 1 degré français correspond à une concentration molaire en ions M^{2+} égale à $1 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. On peut ainsi qualifier l'eau selon les valeurs de son titre hydrotimétrique :

| TH (°f) | 0 à 7 | 7 à 15 | 15 à 30 | 30 à 40 | > 40 |
|-----------|------------|--------|-------------|---------|-----------|
| Eau | très douce | douce | plutôt dure | dure | très dure |

Extrait de wikipédia

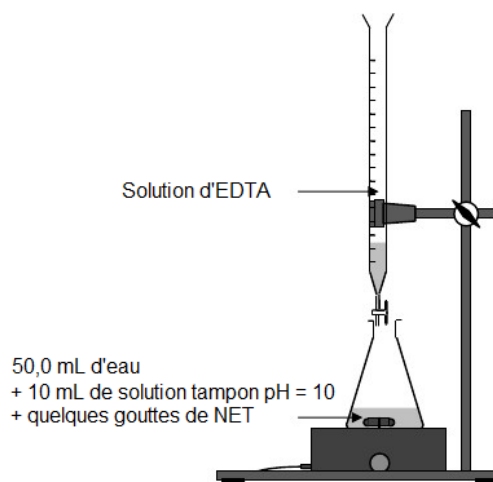
Document 2 : Dosage des ions M^{2+}

L'EDTA ou acide éthylène diamine tétraacétique est un tétraacide, noté H_4Y pour plus de commodité. L'anion Y^{4-} est un ion qui donne, avec de nombreux cations dont les ions M^{2+} , des complexes stables selon la réaction de complexation suivante : $\text{M}^{2+} + \text{Y}^{4-} \rightarrow [\text{MY}]^{2-}$

Tous ces ions donnent des solutions incolores. Le repérage de l'équivalence nécessite donc l'utilisation d'un indicateur coloré : le NET (noir ériochrome T).

Protocole du dosage :

- Prélever 50,0 mL d'eau à doser. Les introduire dans un erlenmeyer.
- Ajouter 10 mL de solution tampon $\text{pH} = 10$ et quelques gouttes de NET (noir ériochrome T).
- Ajouter un barreau aimanté et placer l'ensemble sur agitateur magnétique.
- Remplir la burette d'une solution d'EDTA de concentration égale à $1,0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (à manipuler avec des gants).
- Effectuer le dosage jusqu'au changement de couleur et noter la valeur V_{eq} du volume équivalent d'EDTA versé.

**Document 3 : Les couleurs du NET**

Le NET est un indicateur coloré. Lorsqu'il est libre en solution, sa couleur dépend du pH selon le diagramme suivant :



En présence d'ions M^{2+} , le NET forme des ions complexes qui donnent des solutions de couleur « lie de vin » (rose).

Document 4 : Expériences préliminaires

On a réalisé une série d'expériences préliminaires avant d'effectuer le dosage par complexométrie.

| | Tube n°1 | Tube n°2 | Tube n°3 |
|------------------|---|--|---|
| Expérience | solution tampon $pH = 10$ + NET + eau distillée (sans ions) | solution tampon $pH = 10$ + NET + solution d'ions M^{2+} | solution tampon $pH = 10$ + NET + solution d'ions M^{2+} + EDTA en excès |
| Couleur observée | Bleue | « Lie de vin » (Rose) | Bleue |

Ces trois tubes témoins sont disponibles sur la paillasse.

Matériel mis à disposition du candidat

- une calculatrice type « collègue » ou un ordinateur avec fonction « calculatrice »
- deux erlenmeyers de 150 mL
- un agitateur magnétique + barreau aimanté
- une burette graduée
- une éprouvette graduée de 10 mL
- une pipette jaugée de 10,0 mL
- une éprouvette graduée de 50 mL
- une pipette jaugée de 50,0 mL (ou à défaut une fiole jaugée de 50,0 mL)
- une poire à pipeter
- un flacon compte-goutte contenant une solution de NET
- un flacon contenant 100 mL de solution tampon $pH = 10$
- un flacon contenant 100 mL d'eau du robinet
- un flacon contenant 100 mL d'eau du robinet filtrée par une carafe
- un flacon contenant 100 mL d'une solution d'EDTA de concentration égale à $1,0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- un flacon de récupération pour les solutions contenant l'EDTA
- quatre béchers de 100 mL
- un verre à pied
- un porte tube avec trois tubes à essais bouchés numérotés correspondant aux mélanges indiqués dans le document 4, préparés en amont de l'épreuve
- une paire de gants (pour manipuler l'EDTA)
- des lunettes de sécurité
- un quart de feuille blanche

TRAVAIL À EFFECTUER**1. Principe du titrage** (20 minutes conseillées)

En utilisant les documents, indiquer quelles sont les espèces titrées, le réactif titrant et l'indicateur coloré qui permettent de déterminer la dureté de l'eau.



Espèces titrées: ions M^{2+} qui sont les ions calcium et magnésium

Réactif titrant: EDTA

Indicateur coloré: NET (noir eriochrome T)

A partir des documents 2 et 3, justifier les couleurs observées dans les tubes n° 1, n° 2 et n° 3 en précisant l'espèce qui en est responsable dans chaque cas. Préciser alors le changement de couleur de la solution qui permettra de repérer l'équivalence du titrage.

On remarque que dans le premier tube n°1 on a introduit la solution tampon pH = 10, le NET (indicateur coloré) et de l'eau distillée. La couleur est alors bleue. L'eau distillée ayant un pH au alentour de 7. L'espèce responsable de la coloration est donc bien l'eau car le NET admet cette coloration lorsque le ph de la solution est compris entre 6,2 et 11,5. Dans le tube n°2 on a jouté en plus de la solution tampon pH = 10 et du NET des ions M^{2+} . La coloration vire alors au rose, couleur très proche du rouge qui apparaissant grâce au NET lorsque la solution a un pH inferieur à 6,4. Ainsi les ions M^{2+} semblent être responsables de la coloration. Enfin dans le tube n°3, on a ajouté les ions M^{2+} dans la solution tampon pH = 10 contenant le NET. On aurait du donc obtenir théoriquement une coloration rose. Or la coloration est bleu du à la présence de l'EDTA en excès. Dans notre titrage on fera réagir les ions M^{2+} avec l'EDTA. Ainsi au départ on disposera simplement d'ions M^{2+} dans un bécher où l'on ajoutera le NET et la solution tampon. La coloration sera donc rose mais à l'équivalence la coloration passera au bleu car on ajoute l'EDTA à l'aide de la burette.

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



EFFICACITÉ D'UNE CARAFE FILTRANTE**2. Détermination de la dureté de l'eau avant puis après filtration (30 minutes conseillées)**

On souhaite mettre en œuvre le protocole du document 2 afin de doser l'eau du robinet puis l'eau filtrée.
Un premier titrage rapide a permis d'obtenir un premier encadrement des volumes à l'équivalence :

Eau du robinet : < V_{eq1} <



Eau filtrée par la carafe : < V_{eq2} <

Afin d'obtenir une valeur précise des volumes à l'équivalence pour chacune des deux eaux, mettre en place le dispositif expérimental.

| APPEL n°2 | | |
|---|--|---|
|  | Appeler le professeur pour lui présenter le dispositif expérimental ou en cas de difficulté |  |

Réaliser les titrages et noter les résultats obtenus ci-dessous :

Eau du robinet : $V_{eq1} = \dots\dots\dots$ Eau filtrée : $V_{eq2} = \dots\dots\dots$

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

La quantité de matière $n(M^{2+})$ d'ions M^{2+} dans l'eau et la quantité de matière $n(Y^{4-})$ d'EDTA versé à l'équivalence sont liées par la relation :

$$n(M^{2+}) = n(Y^{4-})$$



Faire les calculs nécessaires pour déterminer la concentration molaire $[M^{2+}]$ en ions M^{2+} . En déduire le degré hydrotimétrique TH de l'eau du robinet, puis de l'eau filtrée.

A l'équivalence $n(M^{2+}) = n(Y^{4-})$ d'où $[M^{2+}] \cdot V_{eau} = [Y^{4-}] \cdot V_{eq}$

Ainsi $[M^{2+}] = [Y^{4-}] V_{eq} / V_{eau} = ???$

Avec $V_{eau} = 50 \text{ mL}$ et $[Y^{4-}] = 1,0 \cdot 10^{-2}$

On divise par $1,0 \cdot 10^{-4}$ pour obtenir le titre hydrotimétrique TH de l'eau de robinet

| APPEL n°4 | | |
|---|---|---|
|  | Appeler le professeur pour lui présenter les résultats ou en cas de difficulté |  |

3. Efficacité de la carafe filtrante (10 minutes conseillées)

Qualifier l'eau du robinet et l'eau filtrée en matière de dureté.

Comparer notre valeur avec le tableau du document 1 pour qualifier l'eau du robinet et l'eau filtrée

Le pourcentage P d'ions M^{2+} retirés par la cartouche filtrante est donné par la relation :

$$P = \frac{[M^{2+}]_{\text{eau du robinet}} - [M^{2+}]_{\text{eau filtrée}}}{[M^{2+}]_{\text{eau du robinet}}} \times 100$$

Calculer ce pourcentage et commenter l'efficacité de la carafe filtrante en ce qui concerne l'adoucissement de l'eau.

Appliquer la formule et conclure

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