

**BACCALURÉAT 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. Étude de la solubilité du carbonate de calcium (10 minutes conseillées).....	7
2. Fabrication et étude d'une solution d'eau de chaux (30 minutes conseillées).....	7
3. Caractéristiques de l'eau de chaux (20 minutes conseillées) .....	9

## 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"> <li>analyser sur une vidéo le comportement du carbonate de calcium en solution auquel on rajoute une solution acide ;</li> <li>faire un titrage conductimétrique ;</li> <li>prévoir l'évolution d'une solution en fonction du pH.</li> </ul>
Compétences évaluées Coefficients respectifs	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analyser (ANA) : coefficient <b>1</b></li> <li>Réaliser (RÉA) : coefficient <b>3</b></li> <li>Valider (VAL) : coefficient <b>2</b></li> </ul>
Préparation du poste de travail	<p><u>Avant le début des épreuves</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>étalonner le conductimètre</li> </ul> <p><u>Entre les prestations de deux candidats</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>changer la verrerie utilisée ;</li> <li>effacer la courbe précédente ;</li> <li>vérifier que la vidéo est bien restée sur le bureau de l'ordinateur.</li> </ul> <p><u>Prévoir aussi :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>un tableau de secours des valeurs de <math>\sigma = f(V_A)</math> sur clé USB ;</li> <li>une courbe de secours de titrage <math>\sigma = f(V_A)</math> sur clé USB ;</li> <li>du papier millimétré si l'élève le réclame, il n'est pas obligé d'utiliser le tableur-grapheur.</li> </ul>
Déroulement de l'épreuve. Gestion des différents appels.	<p><u>Minutage conseillé</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>expérience préliminaire (<b>10 minutes</b>)</li> <li>détermination de la solubilité de l'hydroxyde de calcium (<b>30 minutes</b>)</li> <li>utilisation de l'eau de chaux (<b>20 minutes</b>)</li> </ul> <p><u>Il est prévu 2 appels obligatoires et un appel facultatif de la part du candidat.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Lors de l'<b>appel 1</b>, l'évaluateur vérifie que le candidat a noté que le précipité disparaît si la solution devient acide.</li> <li>Lors de l'<b>appel 2</b>, l'évaluateur vérifie que le candidat a tracé la courbe <math>\sigma = f(V_A)</math>.</li> </ul> <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"> <li>Le candidat est libre de tracer sur papier millimétré ou sur ordinateur la courbe de titrage.</li> <li>Dans la partie 2, l'examinateur veillera à ce que le candidat arrête l'ajout d'hydroxyde de sodium dès qu'un <u>léger</u> trouble persistant apparaît.</li> </ul>

**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 conductimètre étalonné
- un flacon de 125 mL rempli d'une solution  $S_1$  de chlorure de calcium à la concentration de  $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$
- un flacon de 60 mL rempli d'une solution d'hydroxyde de sodium à la concentration de  $1 \text{ mol.L}^{-1}$
- un flacon de 60 mL rempli d'une solution d'acide chlorhydrique à la concentration de  $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$
- une pissette d'eau distillée
- une éprouvette graduée de 100 mL
- une pipette simple
- une pipette jaugée de 20,0 mL
- un pipeteur
- un agitateur en verre
- une burette graduée de 25,0 mL
- deux béchers de 250 mL
- un bécher de 100 mL
- un bécher de 25 mL
- un erlenmeyer de 250 mL
- un entonnoir posé sur un support
- un papier filtre
- un barreau aimanté
- un agitateur magnétique
- un ordinateur muni d'un tableur-grapheur

**Paillasse professeur**

- fichier de secours sur clé USB comportant le tableau des valeurs du dosage conductimétrique
- fichier de secours sur clé USB comportant la courbe du dosage conductimétrique obtenue

**Documents mis à disposition des candidats**

- notice d'utilisation du tableur-grapheur
- papier millimétré
- la vidéo « expérience préliminaire » déjà ouverte dans le logiciel de visualisation de vidéo

## 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**

Au jardin de Reuilly à Paris (12<sup>ème</sup>), une fontaine distribue gratuitement de l'eau potable. Elle offre de l'eau tempérée, de l'eau fraîche, mais surtout et pour la première fois en France, de l'eau pétillante !





L'eau pétillante est obtenue par adjonction de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) gazeux dans l'eau rafraîchie.

Il est possible de mettre en évidence la présence de ce gaz à l'aide de l'eau de chaux.



***Le but de cette épreuve est l'étude de l'eau de chaux qui permet de révéler la présence de dioxyde de carbone dissous dans l'eau.***

**DOCUMENTS MIS À DISPOSITION DU CANDIDAT :**

<b>Données physico-chimiques – Toxicité</b>		
<b>Nom</b>	<b>Données physico-chimiques</b>	<b>Sécurité</b>
Chlorure de calcium	$M = 111,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ Solubilité dans l'eau à 20 °C : $745 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$	
Hydroxyde de sodium	$M = 40,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ Solubilité dans l'eau à 20 °C : $1\,090 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$	
Acide chlorhydrique	$M = 36,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ Solubilité dans l'eau à 20 °C : $700 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$	 

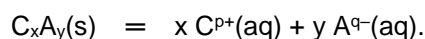
**Matériel mis à disposition du candidat**

- une calculatrice type « collègue » ou un ordinateur avec fonction « calculatrice »
- un conductimètre étalonné
- un flacon rempli d'une solution  $S_1$  de chlorure de calcium à la concentration de  $0,1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$
- un flacon rempli d'une solution d'hydroxyde de sodium à la concentration de  $1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$
- un flacon rempli d'une solution d'acide chlorhydrique à la concentration de  $0,10 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$
- une pissette d'eau distillée
- une éprouvette graduée de 100 mL
- une pipette simple
- une pipette jaugée de 20,0 mL
- un pipeteur
- un agitateur en verre
- une burette graduée de 25,0 mL
- deux béchers de 250 mL
- un bécher de 100 mL
- un bécher de 25 mL
- un erlenmeyer de 250 mL
- un entonnoir posé sur un support
- un papier filtre
- un barreau aimanté
- un agitateur magnétique
- un ordinateur muni d'un tableur-grapheur muni de sa notice d'utilisation
- du papier millimétré

**Sur l'ordinateur** : vidéo « expérience préliminaire » déjà ouverte dans le logiciel de visualisation de vidéo

**Données utiles**

- La **solubilité s** d'un composé ionique ou moléculaire appelé soluté, est la concentration massique maximale exprimée en grammes par litre de ce composé que l'on peut dissoudre ou dissocier à température donnée dans un solvant. La solution ainsi préparée est dite **saturée**.  
Soit un composé ionique de formule  $C_xA_y$ .  
Dans une solution saturée de ce composé coexistent **en équilibre** les ions  $C^{p+}$  et  $A^{q-}$  et le soluté  $C_xA_y$  selon l'équation :

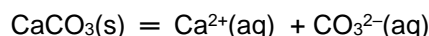


Cet équilibre peut être déplacé vers la gauche ou vers la droite selon la loi générale de modération : si une réaction chimique à l'équilibre est soumise à l'augmentation de la quantité d'une de ses espèces chimiques, celle-ci évolue de manière à consommer l'excès apporté.

- Le bicarbonate (ion hydrogénocarbonate  $HCO_3^-$ ) doit son préfixe ("bi-") à son caractère à la fois acide et basique (dit caractère amphotère) :  
Caractère basique :  $HCO_3^-(aq) + H_3O^+(aq) = CO_2, H_2O(aq) + H_2O(\ell)$  (**réaction 1**)  
Caractère acide :  $HCO_3^-(aq) + H_2O(\ell) = CO_3^{2-}(aq) + H_3O^+(aq)$  (**réaction 2**)
- Eau de chaux : solution saturée d'hydroxyde de calcium  $Ca(OH)_2$
- Masses molaires ( $g \cdot mol^{-1}$ ) :  
Carbonate de calcium  $CaCO_3$  : 100,0 ; hydroxyde de calcium  $Ca(OH)_2$  : 74,4.

TRAVAIL À EFFECTUER**1. Étude de la solubilité du carbonate de calcium** (10 minutes conseillées)

Le carbonate de calcium solide  $\text{CaCO}_3$  est très faiblement soluble dans l'eau distillée. Sa solubilité est de l'ordre de 15 à 20  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  à 25 °C. En solution, il se décompose, en ions carbonate  $\text{CO}_3^{2-}$  et en ions calcium  $\text{Ca}^{2+}$  suivant la réaction :



Visionner la vidéo « *expérience préliminaire* » à partir de  $t = 10$  s.

La disparition du trouble est due à la consommation du carbonate de calcium  $\text{CaCO}_3$  solide. Interpréter ce phénomène à partir de la réaction ci-dessus et de la réaction 2 présentée dans les « données utiles ».

Dans la réaction ci-dessus, nous avons atteint un stade d'équilibre : il y a donc en solution du  $\text{CaCO}_3(\text{s})$ , du  $\text{Ca}^{2+}(\text{aq})$  du  $\text{CO}_3^{2-}$  et de l' $\text{H}_2\text{O}$ .

La loi générale de modération dit que si l'on rajoute du  $\text{CO}_3^{2-}$  (donc que sa concentration augmente) la réaction  $\text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} \rightarrow \text{CaCO}_3(\text{s})$  à lieu et si sa concentration diminue, la réaction  $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightarrow \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + \text{CO}_3^{2-}(\text{aq})$  a lieu.

Dans cette expérience, on ajoute de l'acide. ( $\text{H}^+$ )

Celui-ci réagit donc avec l'eau et la transforme en  $\text{H}_2\text{O} + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+$



L' $\text{H}_3\text{O}^+$  réagit avec le  $\text{CO}_3^{2-}$  comme il est montré dans la réaction 2.

Cette réaction nous donne alors comme solution, du  $\text{HCO}_3^-$  et de l'eau.

La concentration en  $\text{CO}_3^{2-}$  diminue car  $\text{CO}_3^{2-}$  transforme en  $\text{HCO}_3^-$ .

Donc d'après la loi général de modération, la réaction  $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightarrow \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + \text{CO}_3^{2-}$

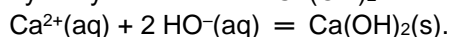
A lieu dans le sens direct. Le solide se transforme donc en 2 phases aqueuse, l'eau devient limpide.

APPEL n°1		
	<b>Appeler le professeur pour lui présenter la conclusion ou en cas de difficulté</b>	

**2. Fabrication et étude d'une solution d'eau de chaux** (30 minutes conseillées)



- Verser la totalité du flacon contenant la solution  $\text{S}_1$  de chlorure de calcium dans le grand bécher.
- Ajouter demi-millilitre par demi-millilitre la solution d'hydroxyde de sodium jusqu'à observer un léger trouble qui persiste pendant environ 20 secondes malgré une agitation modérée.

Ce trouble est dû à la précipitation de l'hydroxyde de calcium  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  selon l'équation :



- Filtrer la solution et recueillir dans un erlenmeyer la solution saturée  $\text{S}_2$  d'hydroxyde de calcium :  $\text{S}_2$  constitue une solution d'eau de chaux.
- Prélever un volume  $V = 20,0$  mL de cette solution  $\text{S}_2$  et la verser dans un grand bécher.
- Rajouter 100 mL d'eau distillée.
- Titrer par conductimétrie le volume  $V$  de la solution  $\text{S}_2$  par une solution d'acide chlorhydrique de concentration  $C_A = 0,10$   $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ . Pour cela :
  - Noter  $V_A$  le volume d'acide introduit mL par mL et  $\sigma$  la conductivité du mélange.

- Tracer la courbe  $\sigma = f(V_A)$  à l'aide du logiciel fourni ou en utilisant du papier millimétré.

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

On donne l'équation du titrage :  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq}) = \text{H}_2\text{O}(\ell)$

2.1. Déterminer la concentration molaire en ions hydroxyde

Volume à l'équivalence = environ 0.00803 L ( $8,03 \times 10^{-3}$ ) (Obtenue grâce à la courbe  $\sigma = f(V_A)$ )

Ci-dessus il est noté que  $C_A = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$

$V_A = 0.020 \text{ L}$ .

Donc  $C_A * V_e = V_A * C_{\text{HO}^-}$

$(C_A * V_e) / V_A = C_{\text{HO}^-}$

$(0,1 * 8,03 \times 10^{-3}) / 0.020 = 4.015 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$

2.2. Déterminer la relation entre les quantités de matière d'ions hydroxyde et d'ions calcium en solution dans l'eau de chaux. En déduire la concentration des ions calcium.

$(n_{\text{Ca}^{2+}}) / 1 = (n_{\text{HO}^-}) / 2$

$n_{\text{Ca}^{2+}} = C_{\text{HO}^-} * V_{\text{HO}^-}$

$n_{\text{Ca}^{2+}} = (4.015 \times 10^{-2} * 0.020) / 2$

$n_{\text{Ca}^{2+}} = 4.015 \times 10^{-4} \text{ mol}$

$V_{\text{Ca}^{2+}} = V_{\text{HO}^-} = 0.020 \text{ L}$

$C_{\text{Ca}^{2+}} = (n_{\text{Ca}^{2+}}) / V_{\text{Ca}^{2+}}$

$C_{\text{Ca}^{2+}} = 4,015 \times 10^{-4} / 0.020 = 0.022 \text{ mol.L}^{-1}$

#### APPEL FACULTATIF

Appeler le professeur en cas de difficulté



### 3. Caractéristiques de l'eau de chaux (20 minutes conseillées)

3.1. Déduire des résultats précédents la solubilité de l'hydroxyde de calcium (eau de chaux) obtenue.

La solubilité de l'hydroxyde de calcium est estimée à  $1,7 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  à 10% près dans les conditions de l'expérience précédente. Ce résultat correspond-il à la mesure obtenue ?

Je cherche donc la concentration massique :

$$n_{\text{Ca}^{2+}}/1 = n_{\text{Ca(OH)}_2}/1$$

$$V_{\text{Ca}^{2+}} = V_{\text{Ca(OH)}_2}$$

$$\text{Donc, } C_{\text{Ca}^{2+}} = C_{\text{Ca(OH)}_2}$$

$$\text{Alors, } C_{\text{Ca(OH)}_2} = 0,22 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

D'après les données utiles ;  $M_{\text{Ca(OH)}_2} = 74,4 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

$$C_{m_{\text{Ca(OH)}_2}} = C_{\text{Ca(OH)}_2} \cdot M_{\text{Ca(OH)}_2}$$

$$C_{m_{\text{Ca(OH)}_2}} = 0,22 \cdot 74,4$$

$$C_{m_{\text{Ca(OH)}_2}} = 1,64 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

La solubilité de l'hydroxyde de calcium est estimée à  $1,7 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  avec un intervalle de 10%.

$$(1,7 \cdot 10) / 100 = 0,17$$

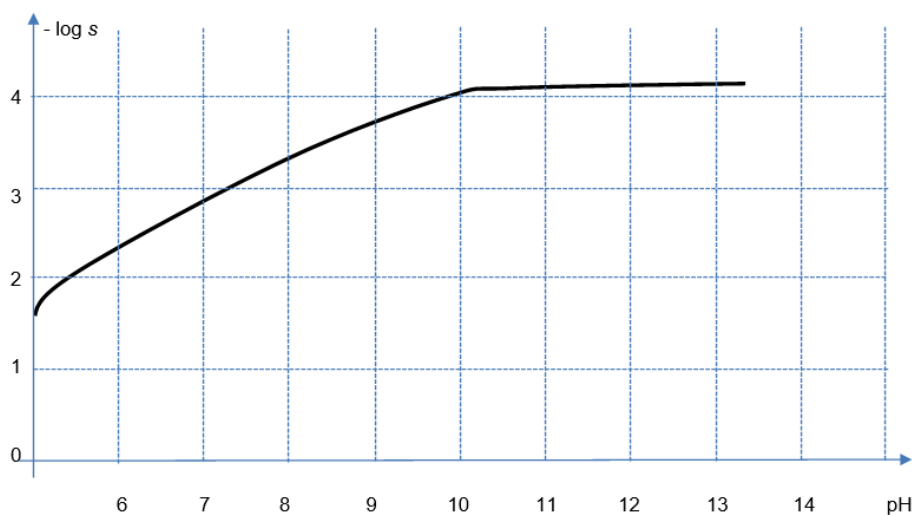
Donc l'intervalle de confiance va de :  $[1,7-0,17 ; 1,7+0,17]$

$$[1,53 ; 1,87]$$

Notre résultat de  $1,64 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  se trouve dans cette intervalle, il correspond donc à la mesure de la solubilité de l'hydroxyde de calcium.

L'eau de chaux, dont le pH est de 12 environ, se trouble en présence de dioxyde de carbone dissous car il se forme un précipité blanc de carbonate de calcium  $\text{CaCO}_3$ .

La courbe ci-dessous représente l'évolution de  $-\log s$  (avec  $s$  : solubilité du carbonate de calcium  $\text{CaCO}_3$  dans l'eau) en fonction du **pH**.



3.2 À l'aide de la courbe ci-dessus, prévoir l'évolution du trouble de la solution d'eau de chaux si le pH diminue de moitié. Ce résultat est-il cohérent l'interprétation faite dans la partie 1 ?

La fonction  $-\log$  est décroissante.

Si le Ph diminue de moitié, alors  $-\log$  s seras plus petit. Donc la solubilité sera plus élevée et l'eau seras plus (+) transparente.

Ce résultat est en effet cohérent avec l'interprétation de la partie car on a ajouté de l'acide, qui a fais baisser notre pH et donc augmenter la solubilité de notre solution.

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