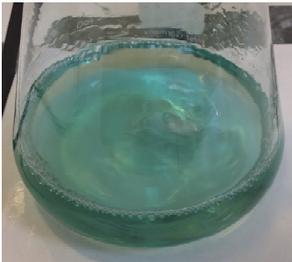


BACCALAURÉAT SÉRIE S**Épreuve de PHYSIQUE CHIMIE
Évaluation des Compétences Expérimentales****Sommaire**

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. Mise en œuvre du protocole (20 minutes conseillées)	7
2. Exploitation des mesures (30 minutes conseillées)	7
3. Rédaction d'un rapport de laboratoire (10 minutes conseillées).....	8

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"> • filtrer sous pression réduite un mélange d'éthylène glycol et de ciment ; • réaliser le titrage colorimétrique du filtrat encore tiède ; • proposer et mettre en œuvre une démarche permettant de déterminer le pourcentage massique de chaux libre présent dans le ciment ; • rédiger un court texte justifiant les précautions expérimentales et conclure sur la conformité du ciment.
Compétences évaluées Coefficients respectifs	<ul style="list-style-type: none"> • Analyser (ANA) : coefficient 2 • Réaliser (RÉA) : coefficient 3 • Communiquer (COM) : coefficient 1
Préparation du poste de travail	<p><u>Précautions de sécurité</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Utiliser impérativement les lunettes de protection, gants et blouse. <p><u>Avant le début des épreuves</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Placer sur la paillasse du candidat un erlenmeyer de 250 mL avec un bouchon contenant 1,0 g de ciment dans 50 mL d'éthylène glycol le tout ayant été porté à 70°C et maintenu à cette température pendant 60 minutes. <p><u>Entre les prestations de deux candidats</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Remplacer l'erlenmeyer sur la paillasse du candidat. • S'assurer que les dispositifs expérimentaux sont démontés et que la verrerie est bien rangée sur chaque paillasse. <p><u>Prévoir aussi</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • une clé USB avec une courbe d'étalonnage $p(\text{CaO}) = f(V_e)$ permettant la détermination du pourcentage massique de chaux libre pour les candidats n'ayant pas réussi à la tracer.
Déroulement de l'épreuve. Gestion des différents appels.	<p><u>Minutage conseillé</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Mise en œuvre du protocole (20 minutes). • Exploitation des mesures (30 minutes). • Rédaction d'un rapport de laboratoire (10 minutes). <p><u>Il est prévu deux appels obligatoires de la part du candidat</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Lors de l'appel 1, l'évaluateur vérifie que le volume équivalent est correct. • Lors de l'appel 2, l'évaluateur vérifie que la démarche proposée permet la détermination du pourcentage massique. <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>Autre remarques éventuelles</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Si la filtration n'est pas effectuée avec un entonnoir en verre fritté de type 4 mais avec un entonnoir Büchner, on peut observer une légère décoloration après l'équivalence. La liste du matériel mis à disposition du candidat doit être complétée en fonction du dispositif de filtration utilisé. • À l'équivalence, la solution doit prendre une coloration vert émeraude comme le montre la photographie ci-contre. C'est une situation inhabituelle car on se trouve à la teinte sensible de l'indicateur (le vert de bromocrésol est un indicateur coloré dont la forme acide est jaune et la forme basique est bleue). C'est cette méthode qui est utilisée lors du contrôle qualité des ciments en milieu industriel. Il faut accepter que le repérage de l'équivalence ne soit pas réalisé à la goutte près (mais plutôt au demi-millilitre près). 

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 »
- une feuille de papier millimétré
- une burette graduée de 25 mL sur support
- un bécher de 50 mL
- un bécher de 150 mL
- un erlenmeyer de 250 mL avec bouchon contenant 1,0 g de ciment dans 50 mL d'éthylène glycol, le tout ayant été porté à 70°C pendant 60 minutes sous agitation
- un agitateur magnétique avec un barreau aimanté
- de l'acide chlorhydrique de concentration molaire supposée non connue (voir remarque)
- une solution à 1% de vert de bromocrésol dans l'éthanol absolu
- un flacon de 50 mL étiqueté « éthylène glycol » avec pictogrammes de sécurité adaptés contenant 25 mL d'éthylène glycol
- un entonnoir Büchner ou, idéalement, un entonnoir avec verre fritté de type 4
- une fiole à vide avec trompe à eau
- un support avec des noix pour la fiole à vide
- des filtres pour l'entonnoir de filtration disponible
- un verre à pied
- une paire de lunettes de protection et des gants

Paillasse professeur

- feuilles de papier millimétré
- plusieurs droites d'étalonnage de secours
- montage de réserve (même matériel que pour les candidats)

Remarque : les résultats fournis dans le tableau du document 2, à exploiter par le candidat, ont été obtenus avec de l'acide chlorhydrique de concentration molaire égale à $5,00 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

III. ÉNONCÉ DESTINÉ AU CANDIDAT

NOM :	Prénom :
Centre d'examen :	n° d'inscription :

Ce sujet comporte **cinq** feuilles individuelles 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

La détermination de la teneur en chaux libre (oxyde de calcium de formule CaO) dans un ciment est une analyse essentielle dans le contrôle qualité de ce ciment. En effet, de trop grandes quantités de chaux libre CaO modifient ses propriétés mécaniques : elles provoquent son gonflement en passant sous forme d'hydroxyde de calcium (Ca(OH)₂) et diminuent sa résistance.

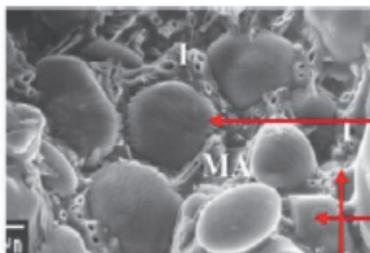
Cette analyse permet aussi une régulation de la température du four qui sert à la production du ciment. Quand le taux de chaux libre CaO est trop important, cela veut dire que le four n'est pas suffisamment chaud.

Le but de cette épreuve est de déterminer le pourcentage de chaux libre présent dans le ciment et de vérifier sa conformité.

DOCUMENTS MIS À DISPOSITION DU CANDIDAT**Document 1 : Pourcentages massiques possibles de quelques constituants d'un ciment**

Constituants du ciment		% minimum	% maximum
Alite	C ₃ S	45,0	79,7
Bélite	C ₂ S	5,7	29,8
Aluminate	C ₃ A	1,1	14,9
Aluminoferrite	C ₄ AF	2,0	16,5
Chaux libre	CaO	0,6	2,8

Étude physicochimique du ciment 2007 - Université de Jijel Algérie - Chouikh Feth

Document 2 : Structure microscopique du ciment

C₂S, C₃S, C₃A et C₄AF sont des structures cristallines ; la chaux libre est quant à elle dispersée dans le milieu.

C₂S

C₃S

C₃A et C₄AF

Image d'un ciment issue d'un microscope à balayage électronique

Document 3 : Protocole de dosage de la chaux libre

La chaux libre présente dans le ciment ne peut pas être dosée directement. Elle est préalablement mise à réagir avec une quantité introduite en excès d'éthylène glycol pour donner des ions glyconates. Ces ions formés sont ensuite dosés par l'acide chlorhydrique.

Le protocole à suivre est alors le suivant :

- Étape 1 : placer 1,0 g de ciment dans un erlenmeyer de 250 mL ;
- Étape 2 : ajouter 50 mL d'éthylène glycol et agiter vigoureusement pour empêcher un dépôt ;
- Étape 3 : porter à 70°C pendant environ 60 minutes en maintenant sous agitation ;
- Étape 4 : filtrer sous pression réduite et rincer l'erlenmeyer avec un peu d'éthylène glycol ;
- Étape 5 : ajouter au filtrat 3 à 5 gouttes de solution à 1 % de vert de bromocrésol dans l'éthanol absolu ;
- Étape 6 : titrer ce filtrat, clair et tiède, avec de l'acide chlorhydrique jusqu'au virage vert émeraude.

Remarque : à l'équivalence, la solution doit prendre une coloration vert émeraude persistante : on se trouve à la teinte sensible de l'indicateur (le vert de bromocrésol est un indicateur coloré dont la forme acide est jaune et la forme basique est bleue).

Document 4 : Dosages de référence obtenus avec des solutions étalons de CaO

L'acide chlorhydrique utilisé pour ce dosage étant généralement stocké pendant plusieurs semaines dans le laboratoire de l'usine, sa concentration peut évoluer dans le temps. Pour contrôler cette concentration on peut réaliser des dosages de référence avec des solutions de concentrations connues en CaO.

Le tableau ci-dessous précise les valeurs des volumes équivalents obtenus avec l'acide chlorhydrique dont on dispose sur la paillasse, en utilisant des solutions étalons de CaO.

Masse m en g de chaux libre pure dans 50 mL d'éthylène glycol	Pourcentage massique de chaux libre $p(\text{CaO})$ correspondant dans 1,0 g de ciment	Volume d'acide chlorhydrique équivalent V_E versé jusqu'au virage vert émeraude en mL
$5,6 \times 10^{-3}$	0,56	4,0
$12,4 \times 10^{-3}$	1,24	8,8
$18,3 \times 10^{-3}$	1,83	13,0
$25,9 \times 10^{-3}$	2,59	18,5
$32,5 \times 10^{-3}$	3,25	23,2

Matériel mis à disposition du candidat :

- une calculatrice type « collègue » ou un ordinateur avec fonction « calculatrice »
- une feuille de papier millimétré
- une burette graduée de 25 mL sur support
- un bécher de 50 mL et un bécher de 150 mL
- un erlenmeyer de 250 mL avec bouchon contenant 1,0 g de ciment dans 50 mL d'éthylène glycol ; le tout ayant été porté à 70°C pendant 60 minutes
- un agitateur magnétique avec un barreau aimanté
- une solution d'acide chlorhydrique dont la concentration molaire n'est pas certaine
- une solution à 1% de vert de bromocrésol dans l'éthanol absolu
- un flacon de 50 mL étiqueté « éthylène glycol » avec pictogrammes de sécurité adaptés contenant 25 mL d'éthylène glycol
- un entonnoir
- une fiole à vide, une trompe à eau (ou une pompe à vide)
- un support avec des noix pour la fiole à vide
- des filtres pour l'entonnoir de filtration disponible
- un verre à pied
- une paire de lunettes de protection et des gants

3. Rédaction d'un rapport de laboratoire (10 minutes conseillées)

La valeur du pourcentage massique de chaux libre obtenue nécessite un suivi scrupuleux du protocole expérimental, pour obtenir une valeur correspondant à la teneur réelle du ciment en chaux libre.

Rédiger un texte d'une dizaine de lignes justifiant les précautions opératoires nécessaires pour effectuer le dosage de la chaux libre du ciment en utilisant les solutions étalons de CaO. L'utilité et la durée du chauffage du mélange (éthylène glycol + ciment) devront, entre autres, être abordées.

Conclure, enfin, quant à la conformité du ciment.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

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