

# **BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE**

**Série : Sciences et Technologies de Laboratoire**

**Spécialité : Sciences Physiques et Chimiques en  
Laboratoire**

**SESSION 2014**

**Sous-épreuve écrite de sciences physiques et  
chimiques en laboratoire**

Coefficient de la sous-épreuve : 4

Ce sujet est prévu pour être traité en deux heures.

**Les sujets de CBSV et de sciences physiques et chimiques en  
laboratoire seront traités sur des copies séparées.**

***L'usage de la calculatrice est autorisé.***

Ce sujet comporte **11** pages.

La page **11** est **à rendre avec la copie.**

## Un trésor dans une canalisation

Un habitant de la ville de Chanceville fait face à un problème de canalisation. Pour remédier à ce problème, il s'oriente vers l'utilisation d'un déboucheur puis vers l'installation d'un adoucisseur d'eau. Il fait alors une découverte surprenante... Il vit peut-être un des jours les plus chanceux de sa vie, mais seule une analyse scientifique pourra le confirmer.

Partie A : Problème de canalisation.

Partie B : Étude d'un adoucisseur d'eau.

Partie C : Analyse de la découverte du Chancevillois.

Les trois parties sont indépendantes. Le candidat peut les traiter dans l'ordre de son choix.

Les documents sont réunis à la fin de l'énoncé.

## **Partie A : Problème de canalisation...**

*Le Chancevillois dispose sur son terrain d'une source qui lui permet d'alimenter le réservoir d'un circuit d'eau indépendant utilisé pour l'arrosage de son jardin ainsi que pour alimenter une machine à laver et un lavabo situés dans sa cave.*

- A.1-** En utilisant le **document 1**, donner les valeurs de la pression aux points A et B lorsque le robinet du lavabo est ouvert.
- A.2-** Justifier qualitativement pourquoi on peut considérer que la vitesse d'écoulement de l'eau au point B est négligeable.
- Par la suite, on admettra que la vitesse d'écoulement au point B est  $v_B = 0 \text{ m.s}^{-1}$ .*
- A.3-** En utilisant les **documents 1 et 2**, montrer que la vitesse à laquelle l'eau sort du robinet est donnée par :  $v_A = \sqrt{2 \times g \times h}$  avec h la différence d'altitudes entre les points A et B.
- A.4-** Calculer alors à quelle vitesse devrait sortir l'eau du robinet.

*Malheureusement, ce robinet ne coule plus depuis maintenant plusieurs jours. La canalisation est visiblement bouchée. Le Chancevillois décide de vider le réservoir. Il observe de petites particules blanches dans l'eau de vidange et suppose qu'il s'agit de calcaire. Il décide alors d'introduire du Debouch'vit® (un déboucheur acide). Celui-ci donne entière satisfaction : l'eau s'écoule normalement à travers le robinet.*

- A.5-** À l'aide du **document 3**, écrire l'équation de dissolution du calcaire dans l'eau pure.
- A.6-** En utilisant les données du **document 3**, expliquer pourquoi le calcaire se dépose fortement dans la machine à laver.
- A.7-** En s'appuyant sur le **document 4**, écrire les équations de réactions successives du calcaire dissous avec les ions  $\text{H}^+(\text{aq})$ . Préciser alors la nature du gaz qui se dégage.
- A.8-** **À l'aide des réponses aux questions A.5 et A.7**, justifier pourquoi la solution acide permet d'augmenter la solubilité du calcaire et donc de déboucher la canalisation.

*Pour éviter que les canalisations ne se bouchent à nouveau, le Chancevillois décide de faire installer un adoucisseur d'eau.*

## **Partie B : Étude d'un adoucisseur d'eau**

*Pour lutter contre ses problèmes de calcaire, le Chancevillois demande un devis personnalisé auprès de la société « Douce Aqua » afin de faire installer un adoucisseur d'eau.*

- B.1-** À l'aide du **document 5**, compléter le schéma de fonctionnement d'une résine du **DOCUMENT RÉPONSE** à l'aide des mots suivants : ions magnésium, solution saturée en sel, ions sodium, eau douce, eau usée, eau dure.
- B.2-** Donner deux avantages cités dans le **document 5**, d'un adoucisseur à dioxyde de carbone, par rapport à un modèle à résine.

*Un technicien de la firme « Douce Aqua » doit déterminer la dureté de l'eau, c'est-à-dire la concentration en ions  $\text{Mg}^{2+}(\text{aq})$  et  $\text{Ca}^{2+}(\text{aq})$ , afin de choisir au mieux l'adoucisseur à installer.*

*Pour doser ces ions, il réalise un **dosage complexométrique**, en utilisant un indicateur coloré de fin de réaction : le Noir Ériochrome T (noté aussi N.E.T.).*

- B.3-** La représentation du N.E.T. est reportée sur le **document 6**. Dire si les sites entourés sont nucléophiles ou électrophiles. Justifier votre réponse.
- B.4-** Expliquer comment est repérée l'équivalence de ce dosage complexométrique, en vous aidant du **document 6**.

Un prélèvement d'eau du robinet est effectué chez le Chancevillois. On réalise le dosage :

- de  $V_0 = 100 \text{ mL}$  de cette eau, prélevé à la pipette ;  
(incertitude sur la détermination de  $V_0$  :  $U(V_0) = 0,19 \text{ mL}$ )  
avec un indicateur coloré de fin de réaction (NET)  
et  $20 \text{ mL}$  de solution tampon ammoniacal  $\text{pH} = 10$  ;
- par une solution d'EDTA à la concentration  $C_{\text{EDTA}} = 2,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ .  
(incertitude sur la préparation de la solution :  $U(C_{\text{EDTA}}) = 4 \cdot 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$ )
- Le volume équivalent vaut :  $V_{\text{éq}} = 19,5 \text{ mL}$ .  
(incertitude sur la détermination de  $V_{\text{éq}}$  :  $U(V_{\text{éq}}) = 1 \text{ mL}$ )

**B.5-** En utilisant le **document 7**, choisir le qualificatif adapté pour parler du ligand EDTA : monodentate, bidentate, hexadentate. Justifier.

**B.6-** Montrer alors que dans l'eau du robinet analysée, la concentration totale  $C$  en ions  $\text{Ca}^{2+}(\text{aq})$  et  $\text{Mg}^{2+}(\text{aq})$  vaut : «  $C = 39,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$  ». Vous détaillerez votre calcul.

L'incertitude sur la détermination de  $C$ , associée à un intervalle de confiance de 95%, peut être calculée grâce à la relation suivante :

$$U(C) = 1,16 \times C \times \sqrt{\underbrace{\left(0,866 \times \frac{U(C_{\text{EDTA}})}{C_{\text{EDTA}}}\right)^2}_{\text{terme a}} + \underbrace{\left(\frac{U(V_0)}{V_0}\right)^2}_{\text{terme b}} + \underbrace{\left(\frac{U(V_{\text{éq}})}{V_{\text{éq}}}\right)^2}_{\text{terme c}}}$$

Cette relation étant difficile à utiliser, on utilisera par la suite une relation simplifiée pour calculer  $U(C)$ .

- B.7-** Sur votre copie, calculer la valeur numérique du « terme **c** ». Noter ensuite le résultat dans le tableau du **DOCUMENT RÉPONSE**.
- B.8-** Comparer les différents termes **a**, **b** et **c** du tableau et justifier alors que l'on puisse utiliser la relation simplifiée suivante, pour déterminer l'incertitude  $U(C)$  :

$$U(C) = 1,16 \times C \times \frac{U(V_{\text{éq}})}{V_{\text{éq}}}$$

- B.9-** Calculer alors l'incertitude  $U(C)$  à l'aide de la relation simplifiée.
- B.10-** Exprimer alors le résultat du dosage sous la forme : «  $C = (\dots \pm \dots) \text{ mol.L}^{-1}$  ».
- B.11-** En utilisant le **document 8**, déterminer alors le titre hydrotimétrique de l'eau.  
Exprimer le résultat sous la forme : «  $\text{TH} - U_{\text{TH}} \leq \text{TH} \leq \text{TH} + U_{\text{TH}}$  ».
- B.12-** À l'aide de l'encadrement donné à la question précédente, déduire le qualificatif correspondant à l'eau du robinet du Chancevillois et proposer l'adoucisseur qui semble le plus adapté à son problème (**document 8**). Justifier.

Lors de la pose de l'adoucisseur, le Chancevillois découvre dans la canalisation un pendentif comportant une chaîne et une pierre.

### **Partie C : Analyse de la découverte du Chancevillois**

Le Chancevillois souhaite connaître la valeur du bijou trouvé lors de l'installation de l'adoucisseur. Il décide de le faire expertiser et le confie à un technicien, pour déterminer la nature de la pierre et de la chaîne sans détruire le pendentif. La seule manipulation qu'il s'autorise est de séparer la pierre de la chaîne.

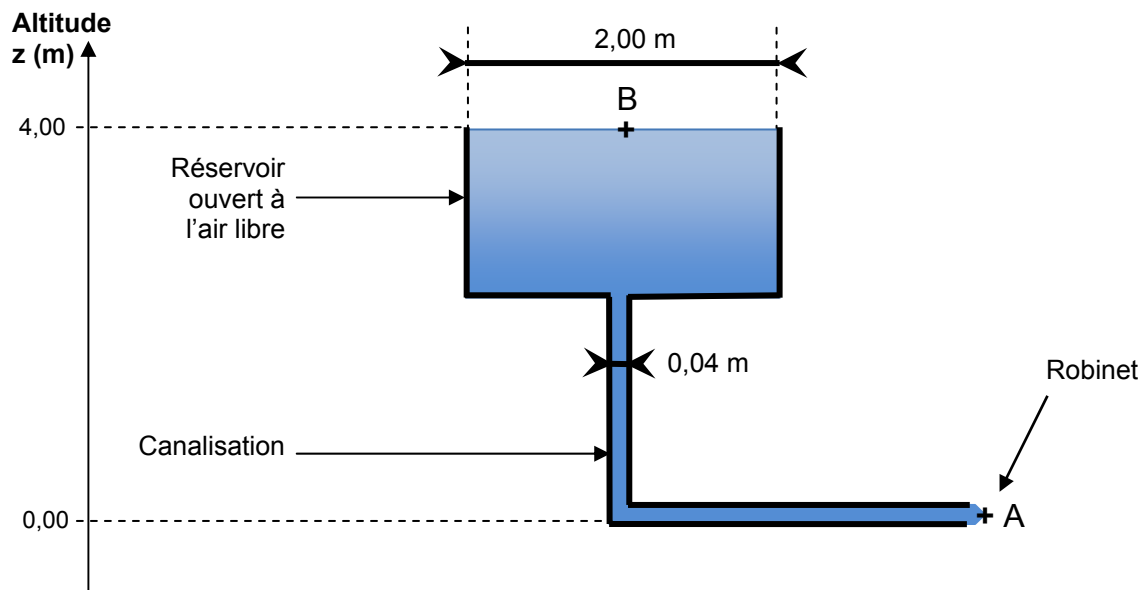
La chaîne du pendentif est de couleur jaune brillant. Les objets d'aspect jaune brillant peuvent être en or massif ou simplement revêtus d'une couche d'or : ce revêtement est appelé « plaqué or » et s'effectue sur un matériau moins noble que l'or. Le plaqué or permet d'obtenir un objet doré à moindre coût. Avant de se lancer dans une série d'analyses destructives sur le métal de la chaîne, le technicien la regarde attentivement. Il s'aperçoit qu'elle présente un poinçon représentant une tête d'aigle.

- C.1-** À l'aide du **document 9**, conclure sur la nature de l'or de la chaîne.
- C.2-** L'or est un métal noble : il ne s'oxyde pas au contact de l'eau, ni de l'air. En étudiant les potentiels d'oxydoréduction des couples mis en jeu rappelés dans le **document 10**, proposer une explication.

Après avoir étudié la chaîne, le technicien s'intéresse à la pierre qui est de couleur verte. Plusieurs pierres précieuses peuvent correspondre à cette couleur, par exemple, le diamant vert, l'émeraude ou le zircon vert dont les caractéristiques physiques sont regroupées dans le **document 11**. On réalise une expérience de réfraction et une mesure de densité pour identifier la pierre.

- C.3-** Un rayon LASER polarisé est envoyé sur la pierre dans des conditions particulières avec un angle d'incidence  $i_1$ . L'expérience est schématisée dans le **document 12**. Sur le **DOCUMENT RÉPONSE**, poursuivre et orienter le tracé du rayon LASER jusqu'après la sortie de la pierre, **SANS** représenter les angles avec précision.
- C.4-** Sur votre copie, justifier votre tracé en quelques mots.
- C.5-** Placer les angles d'incidence  $i_1$ ,  $i_2$  et de réfraction  $r_1$ ,  $r_2$  et le point d'incidence  $I_2$  sur le dioptre 2, sur le **DOCUMENT RÉPONSE**.
- C.6-** Pour chacune des expériences A et B du **document 12**, analyser les résultats obtenus en les comparant aux données du **document 11**. Conclure alors, en argumentant, sur la nature de la pierre du pendentif.

**Document 1 : Schéma de la canalisation reliant le réservoir du jardin au robinet du lavabo de la cave**



**Donnée :** Pression atmosphérique :  $P_{atm} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

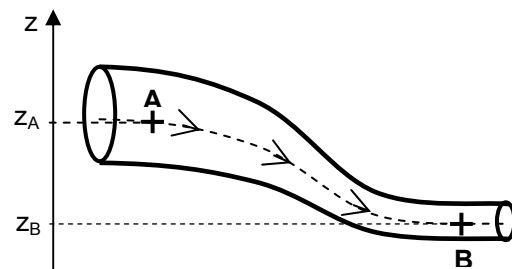
**Document 2 : Écoulement d'un fluide dans une canalisation quelconque**

L'énergie d'un fluide incompressible en mouvement se conserve. Soit la canalisation représentée par le schéma ci-dessous, dans laquelle s'écoule de l'eau. La conservation de l'énergie de l'eau entre les points A et B s'exprime par la relation :

$$\rho \times \frac{v_A^2}{2} + \rho \times g \times z_A + P_A = \rho \times \frac{v_B^2}{2} + \rho \times g \times z_B + P_B$$

avec :

- $v_A$  : la vitesse de l'eau au point A
- $v_B$  : la vitesse de l'eau au point B
- $g$  : l'accélération de la pesanteur
- $z_A$  : l'altitude du point A
- $z_B$  : l'altitude du point B
- $\rho$  : la masse volumique du fluide
- $P_A$  : la pression au point A
- $P_B$  : la pression au point B



**Données :**  $\rho_{eau} = 1,00 \text{ g.mL}^{-1}$   
 $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$

### Document 3 : Le calcaire

Le calcaire est un solide blanc qui se forme, soit par accumulation de fragments de squelettes ou de coquilles calcaires comme les coraux, soit par précipitation chimique ou biochimique de carbonate de calcium.

Le calcaire est un solide ionique, constitué d'ions carbonate de formule  $\text{CO}_3^{2-}$  et d'ions calcium  $\text{Ca}^{2+}$ . Sa formule chimique est  $\text{CaCO}_3$ .

Le calcaire réagit avec une solution acide en formant un gaz.

**Données :** *Produits de solubilité de  $\text{CaCO}_3$  :*  $K_s(\text{CaCO}_3) = 6,3 \cdot 10^{-9}$  à 25°C  
 $K_s(\text{CaCO}_3) = 2,0 \cdot 10^{-9}$  à 60°C

### Document 4 : Valeurs de pKa de quelques couples acide / base

Couple	pKa
$\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O} / \text{HCO}_3^-$	6,4
$\text{HCO}_3^- / \text{CO}_3^{2-}$	10,3

### Document 5 : Principe de fonctionnement d'un adoucisseur

#### Fonctionnement d'un adoucisseur à résine :

Un adoucisseur à résine, [...] fonctionne grâce à une résine sur laquelle sont fixés des ions sodium ( $\text{Na}^+$ ). Les ions calcium [et magnésium] de l'eau dure sont échangés lors de leur passage sur la résine par des ions  $\text{Na}^+$ . Lorsque tous les ions  $\text{Na}^+$  de la résine sont consommés, il faut régénérer l'adoucisseur. On lui apporte alors une solution saturée en sel (chlorure de sodium  $\text{NaCl}$ ) riche en ions  $\text{Na}^+$ . De leur côté, les ions  $\text{Ca}^{2+}$  [et  $\text{Mg}^{2+}$ ] sont évacués à l'égout avec les eaux de rinçage. À chaque étape du processus, de l'eau est rejetée à l'égout, [...] ce qui entraîne une consommation d'eau supplémentaire. [...]

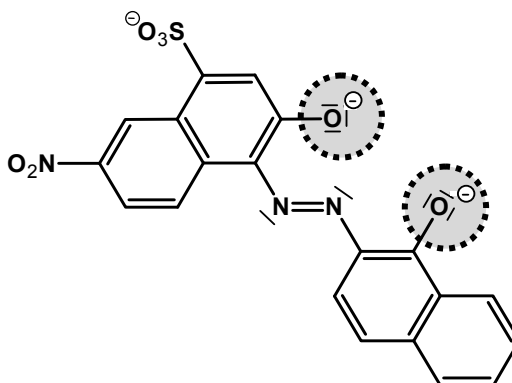
#### Fonctionnement d'un adoucisseur au $\text{CO}_2$ :

Un adoucisseur au  $\text{CO}_2$ , technique assez nouvelle, est un appareil qui injecte du  $\text{CO}_2$  dans l'eau, de façon proportionnelle au débit. Ce  $\text{CO}_2$  va entrer en réaction avec l'eau et le calcaire, donc les carbonates, en transformant ceux-ci en bicarbonates solubles dans l'eau. Le calcaire n'existe plus mais les minéraux essentiels à la vie sont conservés. L'eau devient totalement douce. [...] À la différence du système à résine, l'eau ne contient pas de sodium (sel), généralement mauvais pour la santé [...]. Ce système ne nécessite ni régénération ni maintenance et ne provoque aucun rejet ni surconsommation. [...]

D'après : [http://fr.wikipedia.org/wiki/Adoucisseur\\_d'eau](http://fr.wikipedia.org/wiki/Adoucisseur_d'eau) décembre 2013

## Document 6 : Le Noir Ériochrome T

Représentation du NET à pH = 10 :



**Couleurs du NET :**

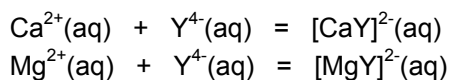
- Rose, à pH = 10, sous forme complexée, avec  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  ;
- Bleu, à pH = 10, sous forme libre.

**Dosages complexométriques avec le NET :**

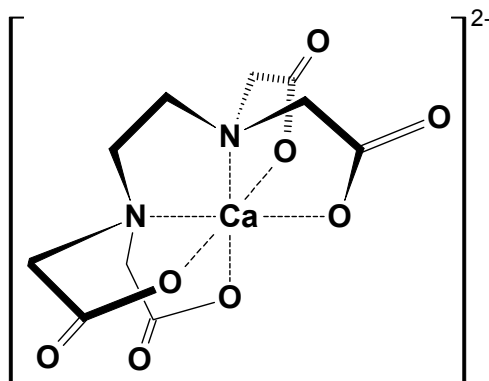
Le NET est une grosse molécule organique qui peut jouer le rôle de ligand. Lors du dosage, les molécules de NET sont complexées avec les ions  $\text{Ca}^{2+}(\text{aq})$  et  $\text{Mg}^{2+}(\text{aq})$ . A partir de l'équivalence, le NET est sous forme libre.

## Document 7 : Complexes métalliques avec l'EDTA

L'EDTA (ou ion éthylène-diamine-tétra-acétate) est un ion polyatomique utilisé comme ligand dans les dosages des ions  $\text{Ca}^{2+}(\text{aq})$  et  $\text{Mg}^{2+}(\text{aq})$ . On le note  $\text{Y}^{4-}(\text{aq})$ . Les équations des réactions de dosage peuvent s'écrire :



Le complexe entre l'EDTA et l'ion  $\text{Ca}^{2+}$  a été représenté ci-dessous :








### Document 8 : Dureté de l'eau et adoucisseurs

**Donnée :** Un degré français (noté « °f ») correspond à une concentration en ions  $\text{Ca}^{2+}_{(aq)}$  et  $\text{Mg}^{2+}_{(aq)}$  de  $10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$ .

Qualificatif de l'eau	peu dure	moyennement dure	dure	très dure
Titre hydrotimétrique (en°f)	de 0 à 15	de 15 à 25	de 25 à 42	au-delà de 42
Adoucisseur adapté	Pas besoin d'adoucisseur	<b>Modèle n°1</b> 599 euros 12L de résine	<b>Modèle n°2</b> 999 euros 24 L de résine	<b>Modèle n°3</b> 1400 euros 34 L de résine
Objectifs	X	Confort (lutte contre la peau sèche, les cheveux rêches,...)	Protection des canalisations, des appareils ménagers,...)	Protection renforcée

### Document 9 : Distinction entre métal massif et métal « plaqué »

La loi française distingue, parmi les métaux nobles, les métaux dits « précieux » qui sont l'or, l'argent et le platine. Ils font l'objet d'une législation particulière et les ouvrages qu'ils composent nécessitent l'apposition d'un poinçon (tableau ci-dessous) garantissant leur teneur en métal précieux. Les appellations « plaqué » ne peuvent s'appliquer qu'aux ouvrages recouverts de métal précieux à un titre précis, et revêtus d'un poinçon spécial du fabricant.

Poinçons de garantie des ouvrages or, argent et platine massifs		
		
Tête d'aigle Poinçon de garantie des ouvrages en or massif	Tête de Minerve Poinçon de garantie des ouvrages en argent massif	Tête de chien Poinçon de garantie des ouvrages en platine massif

*D'après Techniques de l'ingénieur, Lionel Chalumeau, Dépôt électrolytique de l'or et de l'argent, septembre 2010*

### Document 10 : Table de potentiels standard d'oxydoréduction de quelques couples rédox

Couple	E° (V)
$\text{Au}^{3+} / \text{Au}$	1,50
$\text{H}_2\text{O} / \text{H}_2$	0,00
$\text{O}_2 / \text{H}_2\text{O}$	1,23

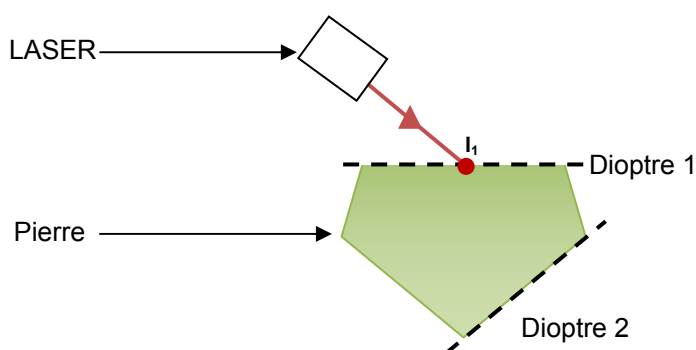
### Document 11 : Caractéristiques physiques de quelques pierres

Matériau	Diamant	Émeraude	Zircon
Indice de réfraction	2,407 à 2,451	1,568 à 1,689	1,677 à 1,850
Densité	3,52	2,68 à 2,78	4,00 à 4,70

### Document 12 : Expériences réalisées sur la pierre

➤ **Expérience A :** Expérience de réfraction

Un rayon LASER polarisé est envoyé sur la pierre dans des conditions particulières avec un angle d'incidence  $i_1$ . L'expérience est schématisée ci-dessous.



Deux phénomènes de réfraction se produisent sur la pierre.  
La première réfraction a lieu au niveau du dioptre 1 en  $I_1$ .  
La deuxième réfraction a lieu au niveau du dioptre 2 en  $I_2$ .

	Angle d'incidence	Angle de réfraction
Réfraction n°1	$i_1 = 45,0^\circ$	$r_1 = 24,9^\circ$
Réfraction n°2	$i_2 = 17,0^\circ$	$r_2 = 29,4^\circ$

Le document réponse présente la situation.

**Donnée :** Indice de réfraction de l'air :  $n_{air} = 1,00$

➤ **Expérience B :** Mesure de densité

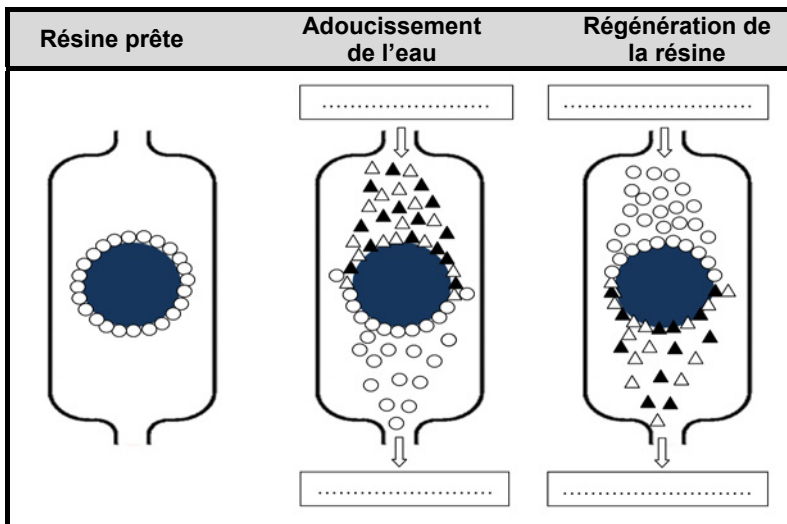
À l'aide d'une balance, la masse de la pierre est déterminée :  $m_{pierre} = 40,5 \text{ g}$ .  
Un volume d'eau de 100 mL est introduit dans une éprouvette graduée. La pierre est plongée dans cette éprouvette, elle coule et le volume lu sur l'éprouvette est à présent de 115 mL.

**Donnée :**  $\rho_{eau} = 1,00 \text{ g.mL}^{-1}$ .

Document réponse, à rendre avec la copie

Question B.1- :

Légende	
△	ion calcium
▲	.....
○	.....



Question B.7- :

Terme dû à l'incertitude sur :	$C_{EDTA}$	$V_0$ (pipette)	$V_{\text{éq}}$ (burette)
Terme du calcul	$\mathbf{a} : \left(0,866 \times \frac{U(C_{EDTA})}{C_{EDTA}}\right)^2$	$\mathbf{b} : \left(\frac{U(V_0)}{V_0}\right)^2$	$\mathbf{c} : \left(\frac{U(V_{\text{éq}})}{V_{\text{éq}}}\right)^2$
Valeur numérique	$3,0 \cdot 10^{-6}$	$3,7 \cdot 10^{-6}$	

Question C.3- et C.5- :

