Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du Bac Général Maths + Physique, veuillez visiter :
bac-maths-physique.fr/annales-sujets-et-corriges

Bac 2025 Métropole Septembre Jour 1 https://www.labolycee.org

Exercice 2 - Étude d'une lessive « multi-usages » (4 points)

Le carbonate de sodium, de formule Na_2CO_3, entre dans la composition de nombreuses lessives pour le nettoyage des sols et des murs. Il permet de « solubiliser » les corps gras, facilitant ainsi l'action des tensioactifs.

Les objectifs de cet exercice sont de :

- mener une étude des propriétés acido-basiques de l'ion carbonate ;
- vérifier que le pourcentage en masse de carbonate de sodium présent dans une lessive « multi-usages » est bien compris entre 30 et 60 %, comme annoncé par le fabriquant.

1. Étude des propriétés acido-basiques de l'ion carbonate

Données :

- masse molaire de Na_2CO_3 : 106,0 g·mol^{-1} ;
- valeurs des pK_A à 25 °C des couples acide-base associés à CO_2(aq) :
  - CO_2(aq) / HCO_3^-(aq) : pK_{A1} = 6,4 ;

Remarque :
Ce couple est souvent noté H_2CO_3(aq) /HCO_3^-(aq) associé à H_2CO_3(aq) = HCO_3^-(aq) + H^+(aq)

  - HCO_3^-(aq) / CO_3^{2-}(aq) : pK_{A2} = 10,3 ;
- diagramme de distribution en fonction du pH des différentes espèces acide-base des couples associés à CO_2(aq) :

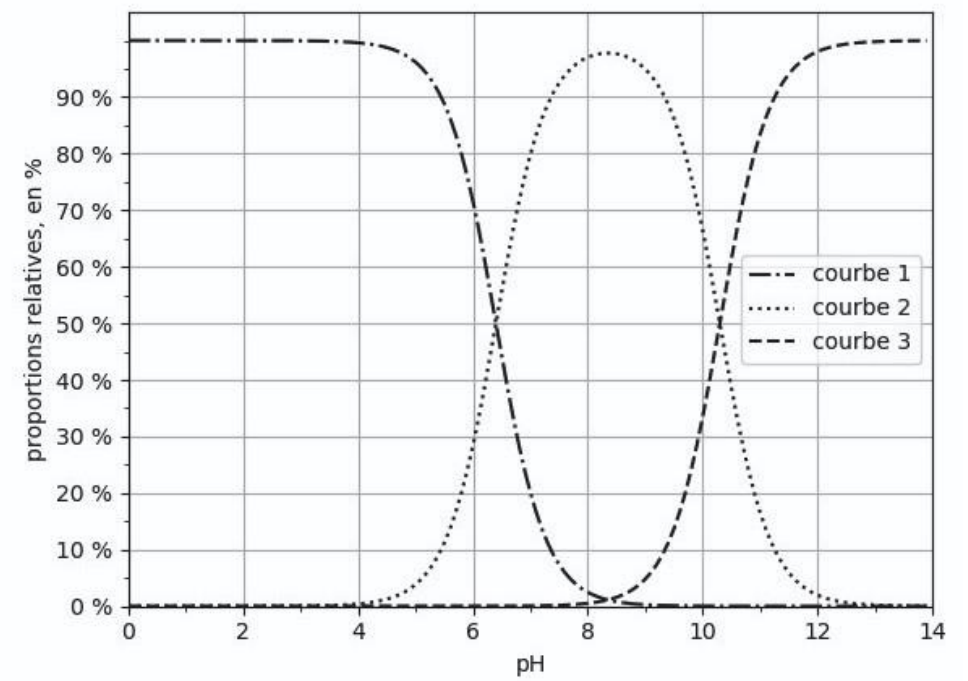
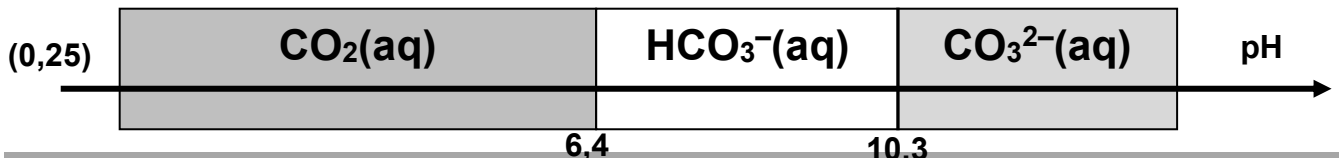


Figure 1. Diagramme de distribution des différentes espèces acide-base des couples associés à CO_2(aq)

Q1. Représenter le diagramme de prédominance des espèces acide-base des couples associés à CO_2(aq).



Q2. Identifier, en justifiant, les espèces chimiques associées à chacune des courbes 1, 2 et 3 de la figure 1.

(0,5pt) Courbe 1 : CO_2(aq) qui prédomine si pH < 6,4, Courbe 2 : HCO_3^-, Courbe 3 : CO_3^{2-} qui prédomine si pH >10,3.

Q3. Expliquer, en justifiant, comment retrouver la valeur du pK_{A2} associée au couple $HCO_3^-(aq)$ / $CO_3^{2-}(aq)$ à l'aide de la figure 1.

(0,5pt) $pH = pK_{A2} + \log\dfrac{\left[HCO_3^-\right]}{\left[CO_3^{2-}\right]}$

Si $\left[HCO_3^-\right] = \left[CO_3^{2-}\right]$, alors $pH = pK_{A2} + \log(1)$ soit $pH = pK_{A2}$.

Et les proportions de ces deux espèces sont égales à 50%. Graphiquement, sur la figure 1, on vérifie que ces proportions sont obtenues pour pH = 10,3 ce qui correspond bien au pK_{A2}.

Q4. Écrire l'équation de réaction modélisant la transformation mettant en jeu l'ion carbonate $CO_3^{2-}(aq)$ et l'eau. Justifier le caractère basique des ions carbonate dans l'eau.

(0,25pt) $CO_3^{2-}(aq) + H_2O(\ell) \rightleftarrows HCO_3^-(aq) + HO^-(aq)$

(0,25pt) es ions carbonate jouent le rôle de base en acceptant un proton H^+.
La réaction libère des ions $HO^-(aq)$, cela explique le caractère basique de cette solution.

2.Détermination du pourcentage en masse de carbonate de sodium présent dans une lessive

Afin de déterminer le pourcentage en masse de carbonate de sodium présent dans une lessive « multiusages », on réalise le protocole expérimental suivant :

- peser une masse de 4,0 g de lessive et la dissoudre dans une fiole jaugée de 100,0 mL ;
- diluer d'un facteur 10 la solution de lessive obtenue ;
- prélever un volume de 50,0 mL de solution de lessive diluée puis réaliser son titrage par une solution d'acide chlorhydrique de concentration $c_A = 1{,}0\times10^{-1}$ mol·L^{-1}.

La courbe du suivi pH-métrique de ce titrage ainsi que celle de la dérivée sont données en figure 2 ci-dessous.

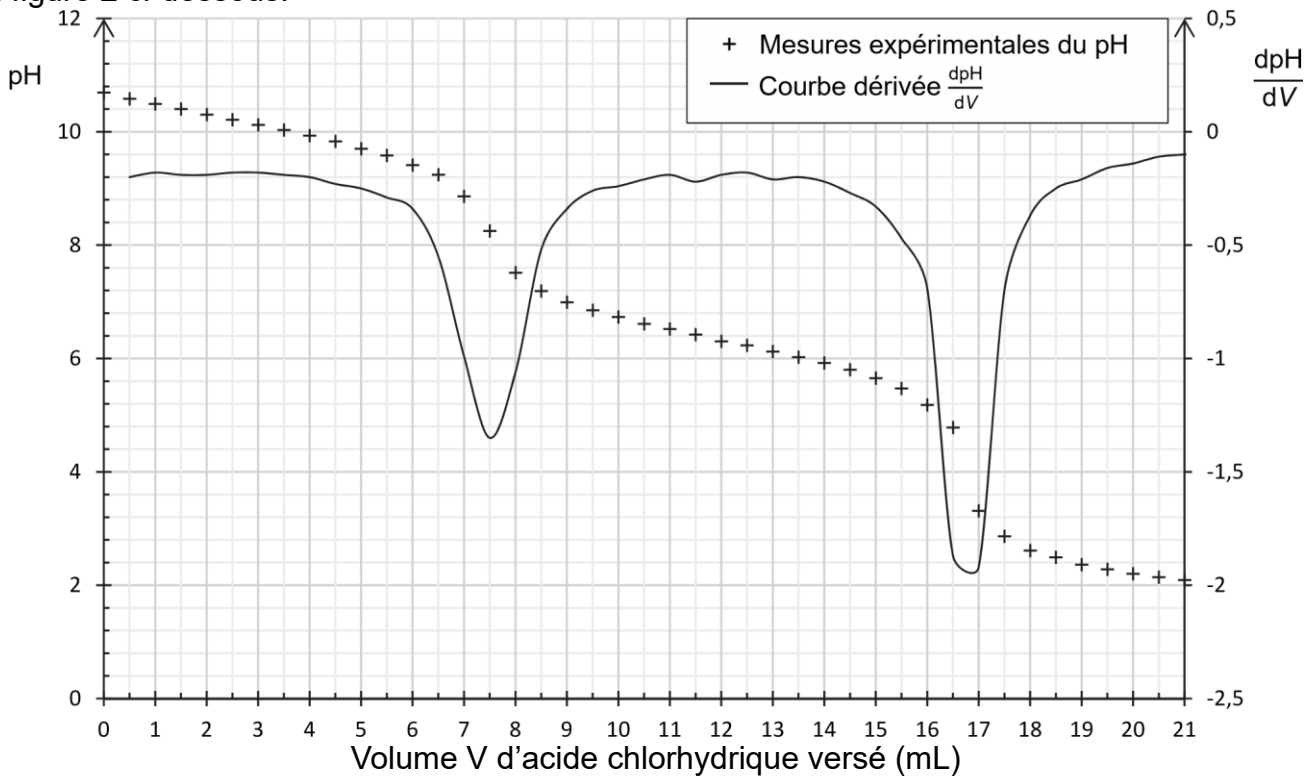
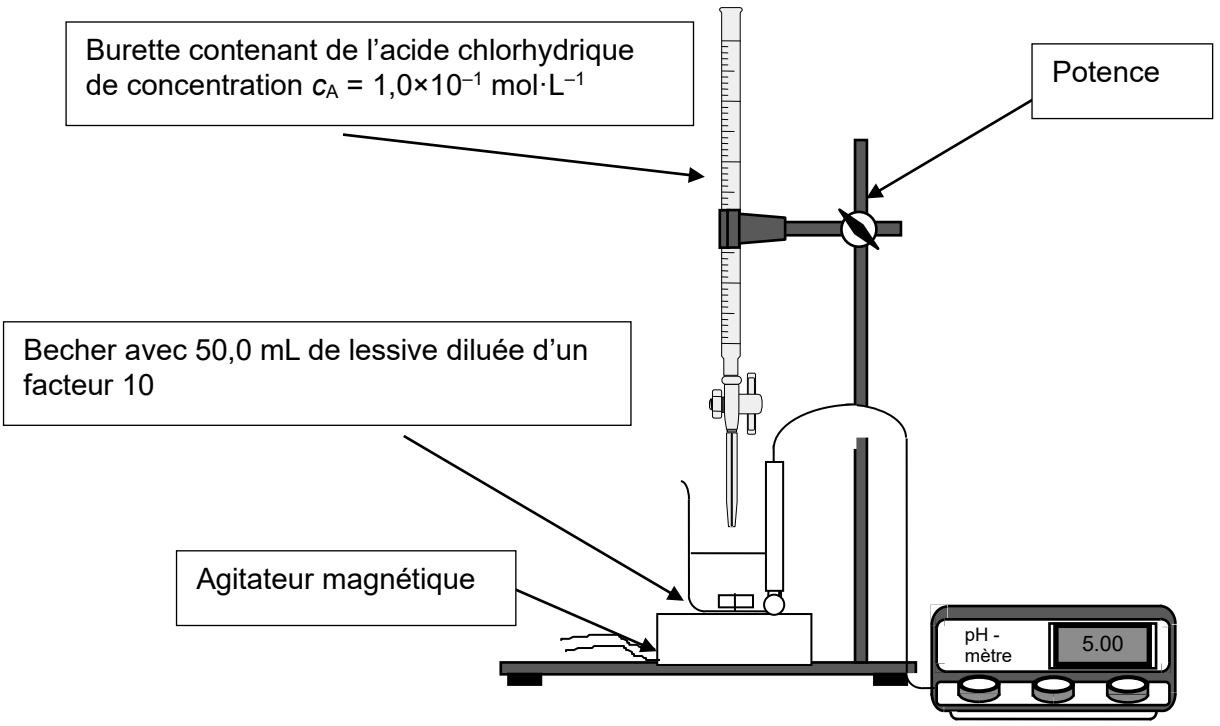


Figure 2. Courbes de suivi pH-métrique et dérivée $\dfrac{dpH}{dV}$ du titrage de la solution de lessive diluée

Q5. Réaliser un schéma légendé du dispositif expérimental du titrage pH-métrique.
(0,5pt)



Q6. Préciser, en justifiant, la verrerie à utiliser pour préparer un volume de 100,0 mL de solution de lessive diluée 10 fois.
(0,25pt)

Solution mère Lessive : c_0 ; V_0 = ? à prélever avec une pipette jaugée

Solution fille Lessive diluée 10 fois : $c_1 = \frac{c_0}{10}$; V_1 = 100,0 mL dans une fiole jaugée

Au cours d'une dilution, la quantité de matière de soluté se conserve $n_0 = n_1$.

$c_0 \cdot V_0 = c_1 \cdot V_1$

$c_0 \cdot V_0 = \frac{c_0}{10} \cdot V_1$

$V_0 = \frac{V_1}{10}$

$V_0 = \frac{100{,}0\ \text{mL}}{10} = 10{,}0\ \text{mL}$

Dans la suite de l'exercice, on admet que les ions carbonate sont les seules espèces titrées jusqu'à la première équivalence.

Q7. Écrire l'équation de la réaction support du titrage entre les ions carbonate et les ions oxonium, modélisant la transformation ayant lieu jusqu'à la première équivalence.

(0,25pt) $CO_3^{2-}(aq) + H_3O^+(aq) \rightarrow HCO_3^-(aq) + H_2O(\ell)$

Afin de déterminer le pourcentage en masse de carbonate de sodium présent dans une lessive « multiusages », on réalise le protocole expérimental suivant :

- peser une masse de 4,0 g de lessive et la dissoudre dans une fiole jaugée de 100,0 mL ;
- diluer d'un facteur 10 la solution de lessive obtenue ;
- prélever un volume de 50,0 mL de solution de lessive diluée puis réaliser son titrage par une solution d'acide chlorhydrique de concentration $c_A = 1{,}0\times10^{-1}$ mol·L^{-1}.

Q8. Déterminer le pourcentage en masse de carbonate de sodium Na_2CO_3 présent dans la lessive « multiusages » étudiée. Commenter.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.

(1pt) Pour déterminer le pourcentage en masse, il faut déterminer la masse de Na_2CO_3 présente dans les 4,0 g de lessive de soude.

À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques

$n_{CO_3^{2-}}\,initiale = n_{H_3O^+}\,versée$

On note c_c la concentration apportée en ions carbonate CO_3^{2-} dans la solution titrée de volume V_c = 50,0 mL.

$$c_c \cdot V_c = c_A \cdot V_{éq}$$

$$c_c = \frac{c_A \cdot V_{éq}}{V_c}$$

La solution a été diluée d'un facteur 10, ainsi la lessive avait une concentration apportée en ions carbonate CO_3^{2-} égale à $c = 10c_c$.

Lors de la dissolution de la lessive de soude on a $Na_2CO_3(s) \rightarrow 2\,Na^+(aq) + CO_3^{2-}(aq)$,

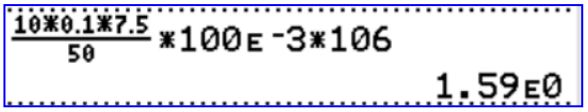
ainsi $n_{Na_2CO_3}\,apportée = n_{CO_3^{2-}}\,formée$

$$\frac{m_{Na_2CO_3}}{M_{Na_2CO_3}} = 10c_c \cdot V_1$$

$$m_{Na_2CO_3} = 10c_c \cdot V_1 \cdot M_{Na_2CO_3}$$

$$m_{Na_2CO_3} = 10 \cdot \frac{c_A \cdot V_{éq}}{V_c} \cdot V_1 \cdot M_{Na_2CO_3}$$

Sur la figure 2, on lit le volume équivalent correspondant à la première équivalence. La dérivée $\frac{dpH}{dV}$ est minimale pour $V_{éq}$ = 7,5 mL



$$m_{Na_2CO_3} = 10 \times \frac{1{,}0\times10^{-1}\times7{,}5}{50{,}0} \times 100{,}0 \times 106{,}0 = 1{,}59\ \text{g}$$

Le pourcentage en masse est donc de $\frac{m_{Na_2CO_3}}{m} = \frac{1{,}59}{4{,}0} = 0{,}3975 = 0{,}40 = 40\%$

Ce résultat est bien compris entre 30 et 60 %, comme annoncé par le fabriquant.

On réalise une expérience similaire, en remplaçant la lessive par une solution de carbonate de sodium pur. Dans ce cas, le volume versé à la seconde équivalence $V_{éq2}$ est le double du volume versé à la première équivalence $V_{éq1}$.

Q9. Comparer les valeurs des volumes obtenus à la première et à la seconde équivalence lors du titrage de la lessive. En déduire la nature probable d'autres espèces présentes dans la lessive.

(0,25pt) $V_{éq1}$ = 7,5 mL et $V_{éq2}$ = 16,9 mL.

On ne retrouve pas $V_{éq2} = 2V_{éq1}$, la solution titrée n'est donc pas une solution de carbonate de sodium pur.

On a $\frac{V_{éq2}}{V_{éq1}} = \frac{16,9}{7,5} = 2,3$.

Le deuxième volume équivalent étant plus de deux fois supérieur au premier volume équivalent, c'est qu'il a fallu verser plus d'acide donc les autres espèces présentes dans la lessive étaient des bases.

Merci de nous signaler la présence d'éventuelles erreurs à labolycee@labolycee.org

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.