BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2018

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : **3 h 30** – COEFFICIENT : **6**

obligatoire

L'usage de tout modèle de calculatrice, avec ou sans mode examen, est autorisé.

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Ce sujet comporte trois exercices présentés sur 9 pages numérotées de 1 à 9 y compris celle-ci.

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres.

EXERCICE I - DU VIN AU VINAIGRE (4 points)



On peut produire du vinaigre à partir de différentes boissons alcoolisées comme le vin ou le cidre. En présence de dioxygène, l'éthanol C_2H_6O, contenu dans un vin ou un cidre est transformé en acide éthanoïque $C_2H_4O_2$ (également appelé acide acétique) et en eau. Cette réaction, appelée fermentation acétique, est catalysée par une enzyme présente dans la bactérie *Mycoderma Aceti*.

L'objectif de cet exercice est l'étude de la transformation de l'éthanol en acide acétique et la détermination du degré alcoolique du vin qui a permis la fabrication d'un vinaigre. On considère que cette transformation est totale, et qu'elle s'effectue à volume constant.

Données :

- masses molaires atomiques : $M(H) = 1{,}0\ g.mol^{-1}$; $M(C) = 12{,}0\ g.mol^{-1}$; $M(O) = 16{,}0\ g.mol^{-1}$;
- masse volumique de l'éthanol à température ambiante : $\rho(\text{éthanol}) = 0{,}79\ g.mL^{-1}$;
- le degré d'acidité d'un vinaigre (en °) correspond à la masse d'acide éthanoïque pur (en g) contenue dans 100 g de vinaigre soit environ 100 mL de vinaigre. Par exemple, un vinaigre à 10° contient 10 g d'acide éthanoïque pour 100 g de vinaigre ;
- le degré alcoolique d'un vin (en °) correspond au volume d'éthanol pur (en mL) contenu dans 100 mL de vin ;
- extrait d'une table de nombres d'onde dans le domaine des infrarouges :

Liaison	Famille chimique	Nombre d'onde (en cm^{-1})
C - H	Alcane Alcène	2480 – 3000 > 3000
O - H	Alcool Acide carboxylique	3200 – 3400 2500 – 3300
C = O	Acide carboxylique Ester Aldéhyde ou cétone Amide	1700 – 1725 1700 – 1750 1650 – 1740 1650 – 1695

1. De l'éthanol à l'acide éthanoïque

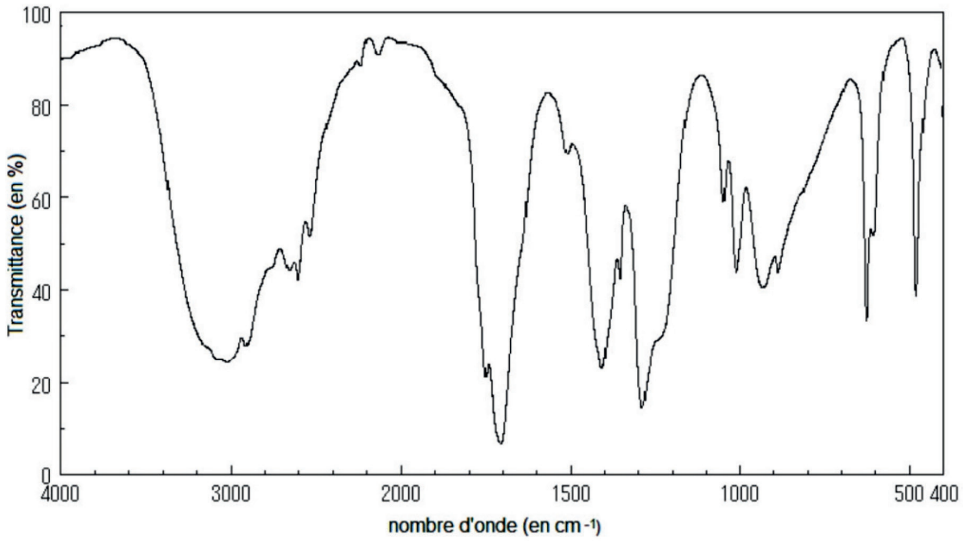
1.1. Représenter les formules topologiques de l'éthanol et de l'acide éthanoïque.

1.2. Entourer les groupes caractéristiques sur les formules topologiques précédentes. Nommer les familles chimiques associées à ces groupes.

1.3. Écrire l'équation de la réaction de fermentation acétique.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 2 / 9
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

1.4. Indiquer si le spectre infrarouge ci-après est celui de l'éthanol ou celui de l'acide éthanoïque. Justifier.



Source : National Institute of Advanced Industrial Science and Technology – http://sdbs.db.aist.go.jp

1.5. Le pH d'une solution aqueuse d'acide éthanoïque de concentration molaire 2,5 mmol.L^{-1} est égal à 3,7. L'acide éthanoïque est-il un acide fort ? Justifier.

2. Degré alcoolique du vin blanc ayant servi à fabriquer un vinaigre

2.1. Montrer que la fermentation acétique de 1,0 g d'éthanol permet d'obtenir 1,3 g d'acide éthanoïque.

2.2. Déterminer le degré alcoolique du vin qui a permis d'obtenir le vinaigre de vin blanc dont l'étiquette est reproduite en introduction.
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.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 3 / 9
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

EXERCICE II - Détecteurs de fumées (11 points)

Afin de prévenir des risques d'incendies, l'installation de détecteurs de fumées est obligatoire dans tous les logements depuis janvier 2016. Il existe différents types de détecteurs comme les détecteurs optiques ou les détecteurs ioniques.

Dans cet exercice, on étudiera ces deux types de détecteurs de fumées, puis on s'intéressera au choix de l'emplacement du détecteur dans le cadre de la protection des personnes.

1. Détecteur optique de fumées

Le principe de fonctionnement de ce détecteur de fumées (figure 1) repose sur le fait qu'une diode électroluminescente (ou DEL) produit en continu un rayonnement. Lorsqu'il rencontre des particules de fumées, le rayonnement est dévié dans toutes les directions. Un récepteur photosensible détecte alors le rayonnement et génère un courant électrique qui déclenche une alarme sonore avertissant les usagers de la présence de fumées.
La longueur d'onde du rayonnement émis par la DEL dépend du matériau utilisé pour sa fabrication. Pour produire un rayonnement infrarouge, on peut utiliser de l'arséniure de gallium (GaAs). Dans ce cas, l'énergie des photons émis est de l'ordre de 1,4 eV.

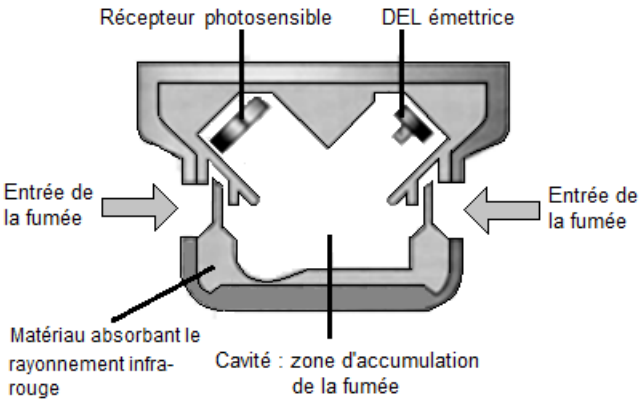


Figure 1. Schéma de principe d'un détecteur optique de fumées

D'après « La physique par les objets quotidiens », C. Ray et J-C Poizat éditions Belin

Données :

- 1 électronvolt (eV) = $1{,}6 \times 10^{-19}$ J ;
- constante de Planck : $h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J.s ;
- la valeur de la célérité de la lumière dans le vide est supposée connue du candidat.

1.1. Le récepteur photosensible ne détecte que les rayonnements appartenant au domaine de l'infrarouge. Vérifier que le rayonnement lumineux émis par la DEL utilisée dans le détecteur optique de fumées appartient bien à ce domaine.
1.2. On admet que les particules solides présentes dans la fumée ont une taille comprise 0,1 µm et 100 µm. Quel phénomène physique peut contribuer à la déviation du faisceau lumineux si des fumées sont présentes ? Justifier.
1.3. En présence de fumées, le rayonnement émis par la DEL est dévié dans toutes les directions. Expliquer brièvement pourquoi l'alarme ne se déclenche qu'en présence de fumées.

2. Détecteur ionique de fumées

Le principe de ce détecteur de fumées repose sur l'ionisation de l'air par des particules α. En l'absence de fumées, ces particules arrachent des électrons aux molécules de dioxygène et de diazote présentes dans la chambre à ionisation. Pour le dioxygène, l'ionisation nécessite un apport d'énergie de 12 eV par molécule.
Les ions et les électrons formés par l'ionisation de l'air sont soumis à un champ électrique uniforme entre deux plaques. Un courant électrique de faible intensité apparaît alors dans le circuit électrique (figure 2).

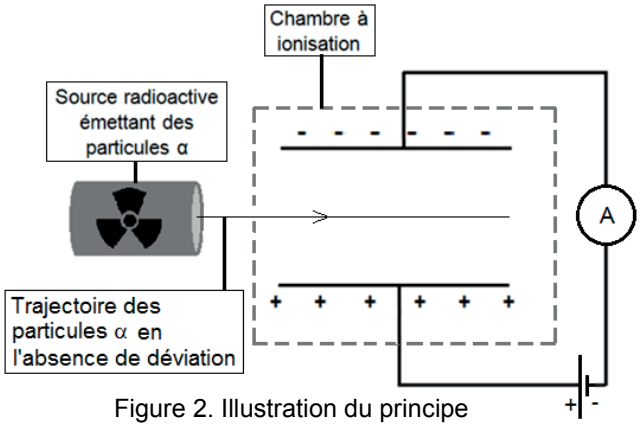


Figure 2. Illustration du principe d'une chambre à ionisation

Lorsque la fumée pénètre dans la chambre à ionisation, une partie des électrons et des ions issus de l'ionisation se fixe aux poussières de fumées. La baisse de l'intensité du courant électrique qui en résulte déclenche un avertisseur sonore.

D'après « La physique par les objets quotidiens », C. Ray et J-C Poizat, éditions Belin

Données :

- 1 électronvolt (eV) = 1,6 x 10^{-19} J ;
- charge élémentaire : e = 1,6 x 10^{-19} C ;
- pour un condensateur plan, le champ électrostatique E est reliée à la tension U et à la distance d qui sépare les plaques par la relation : $E = \frac{U}{d}$;
- charge de la particule α : $q_\alpha = +2\,e$;
- masse d'une particule α : m_α = 6,64 x 10^{-27} kg ;
- intensité du champ de pesanteur terrestre : g = 9,81 m.s^{-2}.

On s'intéresse au mouvement d'une particule α arrivant dans la chambre à ionisation en l'absence de fumée. Cette particule arrive en un point O avec un vecteur vitesse initiale $\overrightarrow{v_0}$ parallèle aux plaques C et D du condensateur plan (voir figure 3).

Une tension constante U = 9,0 V est appliquée entre les deux plaques C et D. La valeur de la vitesse initiale v_0 est égale à 1,6 × 10^7 m.s^{-1}.

On étudie le mouvement de la particule α dans le référentiel terrestre supposé galiléen. À l'instant t = 0, la particule α est au point O.

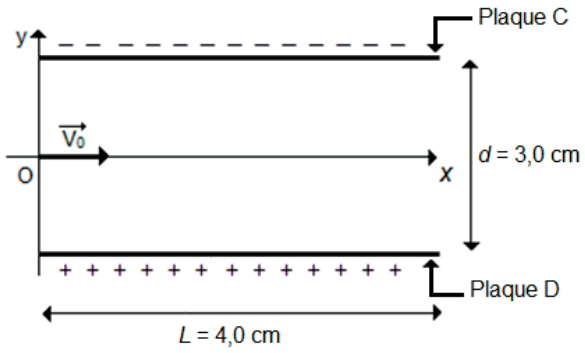


Figure 3. Schéma du condensateur plan de la chambre à ionisation

Lors de cette étude, on négligera les éventuelles collisions avec les molécules de l'air ainsi que la valeur du poids de la particule α devant la valeur de la force électrostatique $\overrightarrow{F_e}$ subie par cette particule.

2.1. Vérifier quantitativement que l'hypothèse concernant le poids de la particule α est justifiée.

2.2. Reproduire sur la copie le schéma de la figure 3 puis y représenter le champ électrostatique $\vec{E}$ et la force électrostatique $\overrightarrow{F_e}$ que subit la particule α au point O. Justifier.

2.3. Établir que les équations horaires du mouvement de la particule α sont :

$$\begin{cases} x(t) = v_0.t \\ y(t) = \left(\frac{e.U}{m_\alpha.d}\right).t^2 \end{cases}$$

2.4. Déterminer la valeur de la coordonnée y_L de la particule lorsqu'elle a parcouru une distance suivant l'axe O*x* égale à $L = 4{,}0$ cm. Expliquer pourquoi le mouvement de cette particule peut être considéré comme rectiligne dans la chambre d'ionisation.
2.5. Montrer que l'énergie cinétique initiale des particules α est suffisante pour ioniser des molécules de dioxygène.

3. Niveau d'intensité sonore du détecteur de fumées
Une personne endormie est réveillée par un bruit dont le niveau d'intensité sonore est supérieur à 75 dB.
Un particulier souhaite installer un détecteur de fumées au plafond de son appartement. Le niveau d'intensité sonore du détecteur de fumées est de 85 dB à 3 m. Le particulier se demande si l'emplacement prévu est judicieusement choisi.

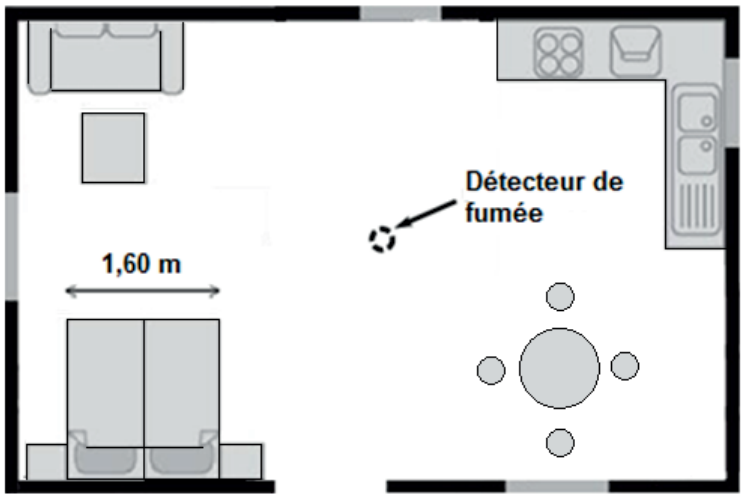
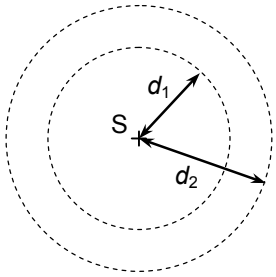


Figure 4. Plan de l'appartement à l'échelle

Donnée :

- au cours de la propagation d'une onde sonore et en l'absence d'atténuation, le niveau d'intensité sonore *L* diminue avec la distance *d* à la source S suivant la formule :

$$L_2 = L_1 + 20 \log\left(\frac{d_1}{d_2}\right)$$



où L_2 est le niveau d'intensité sonore mesuré à la distance d_2 de la source et L_1 le niveau d'intensité sonore mesuré à la distance d_1 de la source (voir schéma ci-contre).

À l'aide du plan ci-dessus, schématisant la pièce, déterminer si l'emplacement du détecteur est satisfaisant pour réveiller une personne.
On précise que la hauteur sous plafond est de 2,5 m dans l'appartement du particulier.

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.

Remarque : pour cette étude, on négligera les phénomènes de réflexion du son sur les parois de la pièce.

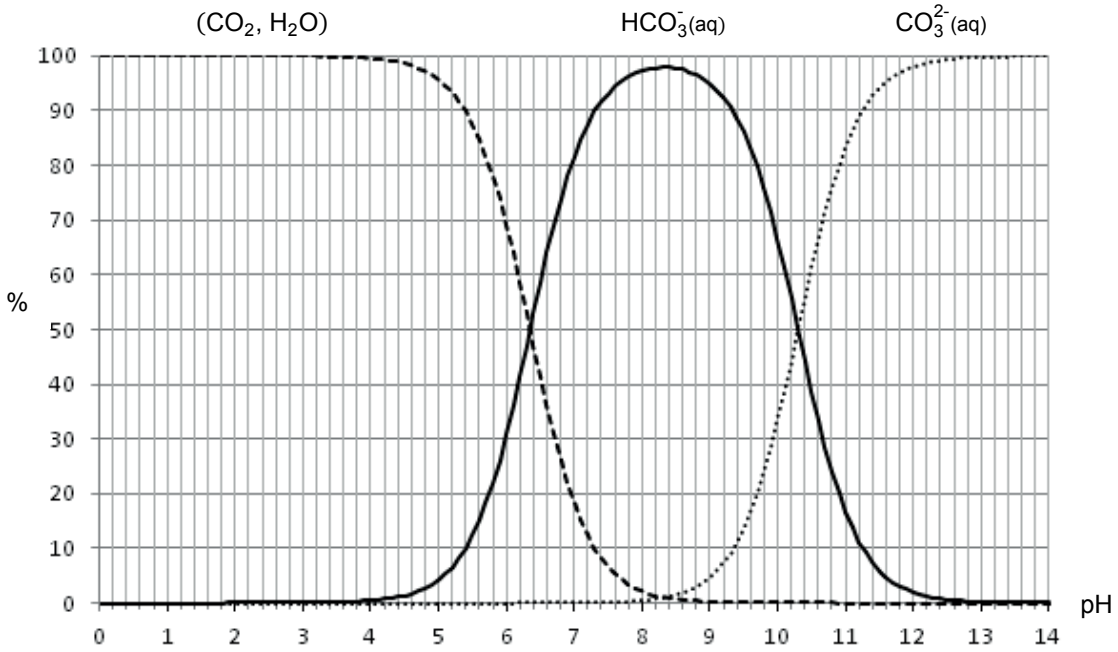
EXERCICE III - CONTRÔLE DU DIOXYDE DE CARBONE DANS L'EAU D'UN AQUARIUM (5 points)

L'eau d'un aquarium est un milieu fragile contenant de nombreuses espèces chimiques. Il faut maintenir la qualité de l'eau afin d'assurer le bon développement des poissons et de leur environnement végétal.
Le dioxyde de carbone étant essentiel pour la bonne croissance des plantes d'un aquarium, il est fréquent d'installer un dispositif qui libère ce gaz dans l'eau de l'aquarium, où il se dissout. Cependant, en trop grande quantité dans l'eau, le dioxyde de carbone est toxique pour les poissons. Il est donc important de contrôler régulièrement la concentration du dioxyde de carbone dans l'eau d'un aquarium.

L'objectif de cet exercice est de déterminer la concentration du dioxyde de carbone dissous dans l'eau d'un aquarium par une méthode de titrage.

Données :

- masse molaire moléculaire du dioxyde de carbone : $M(CO_2) = 44{,}0\ g.mol^{-1}$;
- couples acide / base : $(CO_2, H_2O)/HCO_3^-(aq)$; $HCO_3^-(aq)/CO_3^{2-}(aq)$;
- diagramme de distribution des espèces (CO_2, H_2O), $HCO_3^-(aq)$ et $CO_3^{2-}(aq)$:



Ce diagramme donne, à 25°C, les proportions molaires (en %) des différentes espèces acido-basiques provenant du dioxyde de carbone dissous dans l'eau, en fonction du pH de la solution.

- les cellules grisées du tableau ci-dessous indiquent des pH et des domaines de concentration massique en dioxyde de carbone dissous correspondant à des conditions optimales pour les plantes et les poissons dans l'eau de l'aquarium.

pH	Concentrations massiques en CO_2 dissous (en $mg.L^{-1}$) dans une eau									
7,8	***0***	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***	***6***	***7***	***8***	***9***
7,6	***1***	***2***	***4***	***5***	***7***	***8***	***10***	***11***	***13***	***14***
7,4	***1***	***4***	***6***	***8***	***11***	***13***	***16***	***18***	***20***	***23***
7,2	***2***	***6***	***9***	***13***	***17***	***21***	***25***	***28***	***32***	***36***
7,0	***3***	***9***	***15***	***21***	***27***	***33***	***39***	***45***	***51***	***57***
6,8	***5***	***14***	***24***	***33***	***43***	***52***	***62***	***72***	***81***	***91***

D'après : http://www.aquabase.org

Exemple de lecture : pour un pH de 7,0 et une concentration massique en CO_2 dissous comprise entre 15 $mg.L^{-1}$ et 27 $mg.L^{-1}$, les conditions sont optimales.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 7 / 9
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

1. Du dioxyde de carbone dans un aquarium

On s'intéresse aux couples : $(CO_2, H_2O)/HCO_3^-(aq)$ et $HCO_3^-(aq)/CO_3^{2-}(aq)$ de pK_A respectifs pK_{A1} et pK_{A2}.

1.1. À l'aide du diagramme de distribution des espèces, montrer que la valeur de pK_{A1} est égale à 6,4, puis déterminer la valeur de pK_{A2}.

1.2. Sur un même axe gradué de pH, délimiter et faire figurer les domaines de prédominance des espèces chimiques (CO_2, H_2O), $HCO_3^-(aq)$ et $CO_3^{2-}(aq)$.

1.3. Le pH d'une eau vaut 7,4. À l'aide d'un raisonnement qualitatif, indiquer comment le pH de cette eau évolue lorsqu'on y introduit du dioxyde de carbone.

2. Contrôle du dioxyde de carbone dans l'eau d'un aquarium par titrage

La concentration en dioxyde de carbone dans l'eau de l'aquarium est liée au pH et à la concentration des ions hydrogénocarbonate $HCO_3^-(aq)$. Il est possible de déterminer la concentration en dioxyde de carbone en réalisant le titrage acido-basique suivi par pH-métrie des ions hydrogénocarbonate présents dans l'eau de l'aquarium à l'aide d'une solution d'acide chlorhydrique $(H_3O^+(aq) + C\ell^-(aq))$.
Pour cela, on prélève 100,0 mL d'eau de l'aquarium qu'on titre par une solution d'acide chlorhydrique de concentration molaire $5{,}0 \times 10^{-2}$ mol.L^{-1}.

2.1. Faire un schéma légendé du dispositif expérimental de titrage.

Les valeurs du pH en fonction du volume d'acide chlorhydrique versé au cours du titrage sont reportées sur la figure 1.

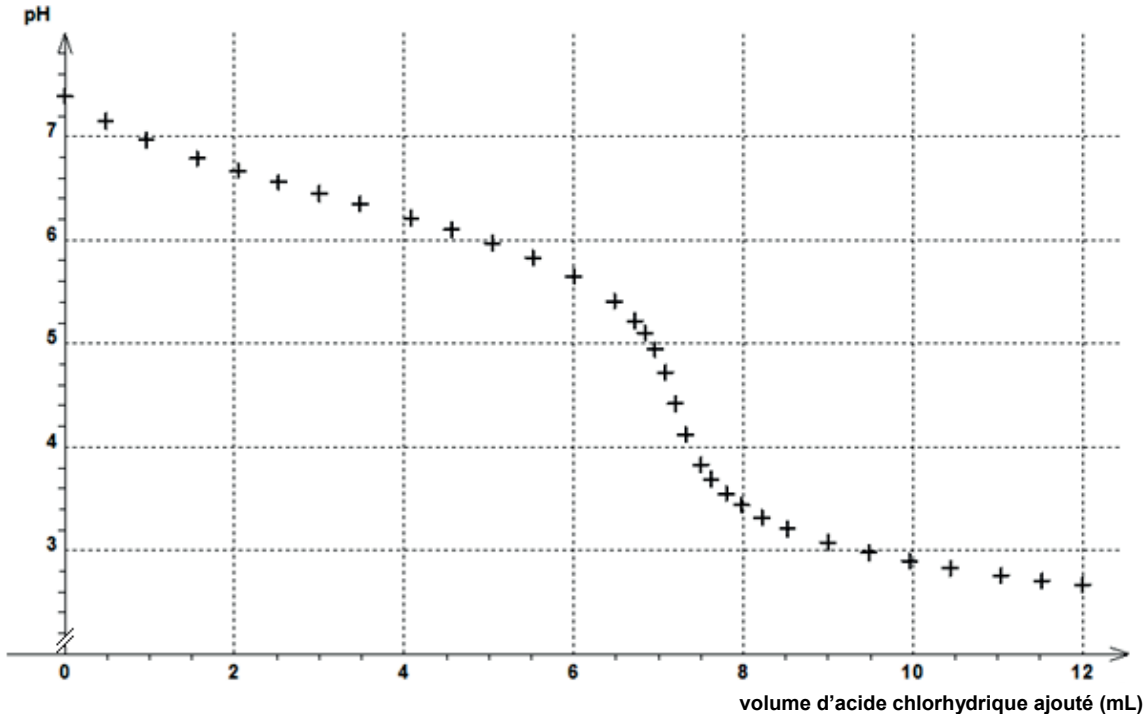


Figure 1. Titrage acido-basique de l'eau de l'aquarium par l'acide chlorhydrique suivi par pH-métrie .

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

2.2. Parmi les trois espèces $CO_3^{2-}(aq)$, $HCO_3^-(aq)$ et (CO_2, H_2O), déterminer l'espèce prédominante :
- dans l'eau de l'aquarium ;
- dans la solution à l'équivalence du titrage.

2.3. Écrire l'équation de la réaction support de titrage des ions hydrogénocarbonate par l'acide chlorhydrique.

2.4. Estimer la concentration molaire des ions hydrogénocarbonate dans l'eau prélevée dans l'aquarium.

2.5. La relation permettant d'estimer la concentration molaire en dioxyde de carbone dissous dans l'eau de l'aquarium est la suivante : $[CO_2, H_2O] = \left[HCO_3^-\right] \times 10^{(pK_{A1} - pH)}$.

En considérant que $[CO_2, H_2O] = \left[CO_2 \text{ dissous}\right]$, déterminer la valeur de la concentration massique en dioxyde de carbone dissous dans l'eau de l'aquarium.

2.6. Les conditions pour les plantes et les poissons sont-elles optimales ? Justifier.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 9 / 9
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer