

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Épreuve pratique de l'enseignement de spécialité physique-chimie
Évaluation des Compétences Expérimentales

Cette situation d'évaluation fait partie de la banque nationale.

ÉNONCÉ DESTINÉ AU CANDIDAT

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

Cette situation d'évaluation comporte **cinq** pages 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'usage de calculatrice avec mode examen actif est autorisé. L'usage de calculatrice sans mémoire « type collègue » est autorisé.

CONTEXTE DE LA SITUATION D'ÉVALUATION

Un déboucheur liquide est un produit conçu pour déboucher les lavabos, éviers et canalisations. Ce produit peut être biologique ou chimique.

Un déboucheur liquide vendu en grande surface contient de la soude.



Le but de cette épreuve est de déterminer la concentration en quantité de matière en ions hydroxyde HO^- dans un déboucheur liquide à l'aide d'un titrage colorimétrique, en utilisant des produits d'usage culinaire courant.

INFORMATIONS MISES À DISPOSITION DU CANDIDAT

La curcumine, un indicateur coloré de pH

Le curcuma est une épice vendue sous forme de poudre, extraite des rhizomes de la plante également appelée « Curcuma ».

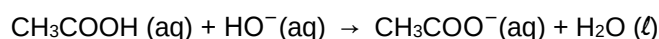
Le pigment principal du curcuma est la curcumine qui est responsable de sa couleur jaune caractéristique. Ce pigment peut être utilisé comme indicateur coloré de pH lors d'un titrage colorimétrique puisqu'en solution aqueuse sa teinte dépend du pH.

Indicateur coloré	Teinte acide	Zone de virage	Teinte basique
Curcumine	jaune	7,8 – 9,2	brune

Titration de la soude contenue dans un déboucheur d'évier

Dans le cadre de cette étude, on considère que la seule espèce basique contenue dans un déboucheur est l'ion hydroxyde HO^- (aq).

La concentration en quantité de matière en ions HO^- (aq) du déboucheur liquide peut être déterminée par un titrage acido-basique en présence d'un indicateur coloré. L'équivalence est alors repérée par un changement de couleur. Dans le cadre de cette étude, la solution titrante utilisée est du vinaigre dilué, qui est une solution aqueuse d'acide éthanoïque. La réaction support du titrage a alors pour équation :



Incertitudes sur la concentration

Dans le cadre de ce titrage, on peut estimer l'incertitude-type sur la concentration c_B de la solution diluée de déboucheur liquide, grâce à la formule suivante :

$$\frac{u(c_B)}{c_B} = \sqrt{\left(\frac{u(V_B)}{V_B}\right)^2 + \left(\frac{u(V_{A, \text{eq}})}{V_{A, \text{eq}}}\right)^2 + \left(\frac{u(c_A)}{c_A}\right)^2 + \left(\frac{u(f)}{f}\right)^2}$$

où :

- c_B est la concentration en quantité de matière des ions HO^- de la solution diluée de déboucheur liquide ;
- V_B est le volume titré de la solution diluée de déboucheur liquide ;
- $V_{A, \text{eq}}$ est le volume versé de solution titrante à l'équivalence ;
- c_A est la concentration en quantité de matière d'acide éthanoïque de la solution titrante ;
- f est le facteur de dilution de la solution diluée de déboucheur liquide.

On donne les estimations suivantes pour diverses incertitudes types :

- pour une lecture sur une pipette jaugée, $u(V_B) = 0,023 \text{ mL}$;
- pour une lecture sur une burette graduée, $u(V_{A, \text{eq}}) = 0,029 \text{ mL}$;
- pour le réactif titrant, on peut considérer que $\frac{u(c_A)}{c_A} = 0,010$;
- pour la dilution de facteur $f = 20$ du déboucheur, on peut considérer que $\frac{u(f)}{f} = 0,002$

Données utiles

Le vinaigre utilisé pour le titrage est un vinaigre à 8° ; cela signifie qu'il contient 8 g d'acide éthanoïque pour 100 g de vinaigre. On donne les valeurs suivantes :

- masse molaire de l'acide éthanoïque : $M = 60,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- densité du vinaigre à 8° : $d = 1,0$

TRAVAIL À EFFECTUER

1. Préparation de la solution titrante (20 minutes conseillées)

1.1. On souhaite diluer le vinaigre commercial d'un facteur 20.

À l'aide du matériel à disposition, proposer un protocole expérimental pour mettre en œuvre cette dilution, en précisant la verrerie utilisée.

On dilue le vinaigre commercial d'un facteur 20 : le volume de la solution diluée est 20 fois plus grand que celui de la solution mère. On choisit pipette jaugée de 10,0 mL, fiole jaugée de 200,0 mL. (ou une pipette jaugée de 5,0 mL, fiole jaugée de 100,0 mL).

Protocole expérimental pour réaliser cette dilution :

À l'aide de la pipette jaugée, prélever précisément 10,0 mL de la solution mère.

Introduire ce volume de la solution mère dans une fiole jaugée de 200,0 mL.

Ajouter de l'eau distillée dans la fiole jaugée jusqu'au trait de jauge.

Homogénéiser la solution.

APPEL n°1		
	Appeler le professeur pour lui présenter le protocole expérimental ou en cas de difficulté	

1.2. Mettre en œuvre le protocole expérimental proposé pour réaliser la dilution du vinaigre.

A faire expérimentalement.

2. Titration des ions HO^- (aq) contenus dans le déboucheur (20 minutes conseillées)

2.1. Choix de l'indicateur coloré à l'aide d'une simulation

Le programme Python « titrage_soude_acide_ethanoique_eleve.py » ouvert sur l'ordinateur permet de simuler l'évolution du pH au cours d'un titrage acido-basique d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium par une solution aqueuse d'acide éthanoïque.

Ouvrir le programme Python et compléter les lignes 7 à 12, en s'aidant des informations suivantes.

Pour la simulation, prendre le cas d'un volume $V_0 = 10,0$ mL d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration $0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ titrée par une solution aqueuse d'acide éthanoïque de concentration $0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Compléter les lignes 34 à 39, puis exécuter le programme Python.

34 **##indiquer le titre de la courbe**

35 **plt.title("courbe de titrage de la soude par l'acide éthanoïque")**

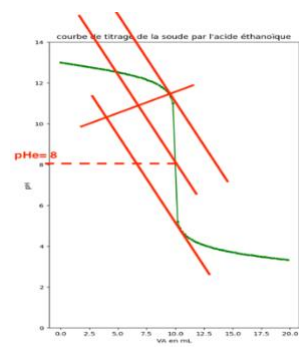
36 **##indiquer la grandeur portée sur l'axe des abscisses**

37 **plt.xlabel("VA en mL")**

38 **##indiquer la grandeur portée sur l'axe des ordonnées**

39 **plt.ylabel("pH")**

Déduire de la simulation la valeur du pH à l'équivalence. On pourra si besoin imprimer la courbe de titrage obtenue.



$$\text{pH}_E = \dots 8,0 \dots$$

Justifier que le curcuma est un indicateur coloré qui est bien adapté pour ce titrage acido-basique.

Indicateur coloré	Teinte acide	Zone de virage	Teinte basique
curcumine	jaune	7,8 – 9,2	brune

$pH_E = 8,0$ est compris dans la zone de virage du curcuma. Ainsi, le curcuma est un indicateur coloré qui est bien adapté pour ce titrage acido-basique.

APPEL n°2		
	Appeler le professeur pour lui présenter les résultats ou en cas de difficulté	

2.2. Détermination expérimentale du volume équivalent

On dispose d'une solution de déboucheur qui a été diluée d'un facteur 20 (de concentration en quantité de matière $C_{B \text{ dilué}}$).

Mettre en œuvre le titrage colorimétrique de $V_B = 10,0$ mL de cette solution diluée de déboucheur par le vinaigre dilué 20 fois. Ajouter une petite pointe de spatule de curcuma en poudre.

Justifier la couleur de la solution en début de titrage.

Indicateur coloré	Teinte acide	Zone de virage	Teinte basique
curcumine	jaune	7,8 – 9,2	brune

En début de titrage, le $pH=13$ (valeur lue sur la courbe). Le curcuma prend la teinte basique : la solution est brune.

Noter le volume équivalent obtenu $V_{A, \text{eq}} = 12,1$ mL (la valeur dépend de l'expérience) ...

APPEL n°3		
	Appeler le professeur pour lui présenter la valeur du volume équivalent ou en cas de difficulté	

3. Concentration en quantité de matière en ions HO^- (aq) dans le déboucheur liquide (20 minutes conseillées)

3.1. Montrer que la concentration en quantité de matière en acide éthanóïque CH_3COOH (aq) pour le vinaigre commercial est $C_{A(\text{com})} = 1,35 \text{ mol} \cdot L^{-1}$, d'après les données.

En déduire la concentration en quantité de matière en acide éthanóïque CH_3COOH (aq) dans le vinaigre dilué, notée C_A .

$$C_A(\text{com}) = \frac{n_A}{V_{\text{Solution}}}$$

Or

$$n_A = \frac{m_A}{M_A}$$

Ainsi :

$$C_A(\text{com}) = \frac{n_A}{V_{\text{Solution}}} = \frac{m_A}{M_A \times V_{\text{Solution}}}$$

Or le pourcentage est défini par :

$$w = \frac{m_A}{m_{\text{solution}}}$$

D'où

$$m_A = w \times m_{\text{solution}}$$

Ainsi :

$$C_A(\text{com}) = \frac{m_A}{M_A \times V_{\text{Solution}}} = \frac{w \times m_{\text{solution}}}{M_A \times V_{\text{Solution}}}$$

Or

$$\rho_{\text{solution}} = \frac{m_{\text{solution}}}{V_{\text{Solution}}}$$

Ainsi :

$$C_A(\text{com}) = \frac{w \times m_{\text{solution}}}{M_A \times V_{\text{Solution}}} = \frac{w \times \rho_{\text{solution}}}{M_A}$$

Or

$$d = \frac{\rho_{\text{solution}}}{\rho_{\text{eau}}}$$

$$\frac{\rho_{\text{solution}}}{\rho_{\text{eau}}} = d$$

$$\rho_{\text{solution}} = d \times \rho_{\text{eau}}$$

Ainsi :

$$C_A(\text{com}) = \frac{w \times \rho_{\text{solution}}}{M_A} = \frac{w \times d \times \rho_{\text{eau}}}{M_A}$$

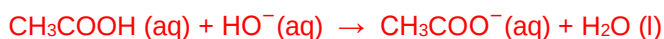
$$C_A(\text{com}) = \frac{8,0}{100} \times 1,01 \times 1000$$

$$C_A(\text{com}) = 1,35 \text{ mol. L}^{-1}$$

On a dilué le vinaigre commercial d'un facteur 20 :

$$C_A = \frac{C_A(\text{com})}{20} = \frac{1,35}{20} = 6,75 \times 10^{-2} \text{ mol. L}^{-1}$$

3.2. Calculer la concentration c_B en quantité de matière en ions $\text{HO}^-(\text{aq})$ dans le déboucheur liquide à l'aide de la valeur du volume équivalent obtenu.



À l'équivalence, les réactifs sont introduits dans les proportions stœchiométriques :

$$\frac{n_{\text{Bdilue}}^i}{1} = \frac{n_A^{\text{eq}}}{1}$$

$$C_{\text{Bdilue}} \times V_B = C_A \times V_{A,\text{eq}}$$

$$C_{\text{Bdilue}} = \frac{C_A \times V_{A,\text{eq}}}{V_B}$$

$$C_{\text{Bdilue}} = \frac{6,75 \times 10^{-2} \times 12,1}{10,0}$$

$$C_{\text{Bdilue}} = 8,17 \times 10^{-2} \text{ mol. L}^{-1}$$

On a dilué la solution de déboucheur d'un facteur 20 :

$$C_B = 20 \times C_{\text{Bdilue}} = 20 \times 8,17 \times 10^{-2} = 1,63 \text{ mol. L}^{-1}$$

3.3. Calculer l'incertitude-type $u(c_B)$.

$$\frac{u(c_B)}{c_B} = \sqrt{\left(\frac{u(V_B)}{V_B}\right)^2 + \left(\frac{u(V_{A,\text{éq}})}{V_{A,\text{éq}}}\right)^2 + \left(\frac{u(c_A)}{c_A}\right)^2 + \left(\frac{u(f)}{f}\right)^2}$$

$$u(c_B) = c_B \times \sqrt{\left(\frac{u(V_B)}{V_B}\right)^2 + \left(\frac{u(V_{A,\text{éq}})}{V_{A,\text{éq}}}\right)^2 + \left(\frac{u(c_A)}{c_A}\right)^2 + \left(\frac{u(f)}{f}\right)^2}$$

$$u(c_B) = 1,63 \times \sqrt{\left(\frac{0,023}{10,0}\right)^2 + \left(\frac{0,029}{12,1}\right)^2 + (0,010)^2 + (0,002)^2}$$

$$u(c_B) = 2 \times 10^{-2} \text{ mol. L}^{-1} \text{ (on ne garde qu'un seul chiffre significatif)}$$

D'après la composition donnée par le fabricant, le déboucheur liquide contient entre 5 et 10% en masse d'hydroxyde de sodium apporté. Dans ce cas, la concentration en quantité de matière en ions HO^- dans le déboucheur liquide a une valeur comprise entre $1,33 \text{ mol. L}^{-1}$ et $2,66 \text{ mol. L}^{-1}$.

3.4. Le résultat obtenu expérimentalement est-il cohérent avec les indications du fabricant ? Argumenter la réponse.

$$C_B = 1,63 \pm 2 \times 10^{-2} \text{ mol. L}^{-1}$$

$$C_B = 1,63 \pm 0,02 \text{ mol. L}^{-1}$$

$$1,61 \text{ mol. L}^{-1} < C_B < 1,65 \text{ mol. L}^{-1}$$

La valeur trouvée est comprise dans l'intervalle fournie par le fabricant. Ainsi, le résultat obtenu expérimentalement est cohérent avec les indications du fabricant

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