

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

Le percarbonate de sodium est une poudre granuleuse blanche fabriquée à partir de carbonate de sodium (Na_2CO_3) et de peroxyde d'hydrogène (H_2O_2).

Il est utilisé notamment :

- pour détacher et blanchir le linge ;
- pour nettoyer et désinfecter la maison et les extérieurs.

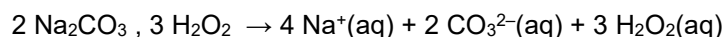
La formule du percarbonate de sodium indiquée sur l'étiquette est : $2 \text{Na}_2\text{CO}_3, 3 \text{H}_2\text{O}_2$.



Le but de cette épreuve est de vérifier par titrages la stœchiométrie de la formule du percarbonate de sodium ($2 \text{Na}_2\text{CO}_3$ pour $3 \text{H}_2\text{O}_2$).

INFORMATIONS MISES À DISPOSITION DU CANDIDAT**Dissolution**

La dissolution du percarbonate de sodium dans l'eau est modélisée par la réaction chimique d'équation :

**Stabilité du peroxyde d'hydrogène**

Le peroxyde d'hydrogène est une espèce instable. Il peut se dégrader à cause de l'humidité ambiante et en solution aqueuse.

Stœchiométrie du percarbonate de sodium

- On appelle a et b les coefficients stœchiométriques dans la formule du percarbonate de sodium :
 $a \text{Na}_2\text{CO}_3$, $b \text{H}_2\text{O}_2$
- Si on dissout dans une fiole jaugée de volume V_{fiole} une masse m de percarbonate de sodium, les coefficients a et b sont reliés aux concentrations des espèces en solution par les relations :

$$a = \frac{[\text{CO}_3^{2-}] \cdot V_{\text{fiole}} \cdot M}{m} \qquad b = \frac{[\text{H}_2\text{O}_2] \cdot V_{\text{fiole}} \cdot M}{m}$$

avec

m	masse dissoute de percarbonate de sodium en g
M	masse molaire du percarbonate de sodium. $M = 314 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
V_{fiole}	volume de la fiole en L
$[\text{CO}_3^{2-}]$	concentration en ion carbonate en $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$
$[\text{H}_2\text{O}_2]$	concentration en peroxyde d'hydrogène en $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$

Relation à la deuxième équivalence

Lorsque l'on titre un diacide ou une dibase par suivi pH-métrique, on observe sur la courbe deux sauts de pH. La relation à l'équivalence pour le deuxième saut de pH est la suivante :

$$c_{\text{titré}} \cdot V_{\text{titré}} = \frac{c_{\text{titrant}} \cdot V_{\text{eq2}}}{2}$$

avec

$c_{\text{titré}}$ et $V_{\text{titré}}$	concentration et volume de la solution titrée
c_{titrant}	concentration de la solution titrante
V_{eq2}	volume de solution titrante versé à la deuxième équivalence

Incertitude-type

On considèrera dans le cadre de cette situation d'évaluation qu'une valeur expérimentale m_{exp} estimée avec l'incertitude-type $u(m_{\text{exp}})$ est compatible avec une valeur tabulée m_{tab} si la relation suivante est vérifiée :

$$\frac{|m_{\text{exp}} - m_{\text{tab}}|}{u(m_{\text{exp}})} \leq 2$$

TRAVAIL À EFFECTUER**1. Dissolution et titrage avec suivi colorimétrique (30 minutes conseillées)**

1.1. Préparer par dissolution une solution contenant $m = 0,50$ g de percarbonate de sodium dans un volume de 250,0 mL d'eau distillée. On choisira une verrerie adaptée.



Bien rincer le sabot de pesé et l'entonnoir avec le solvant.

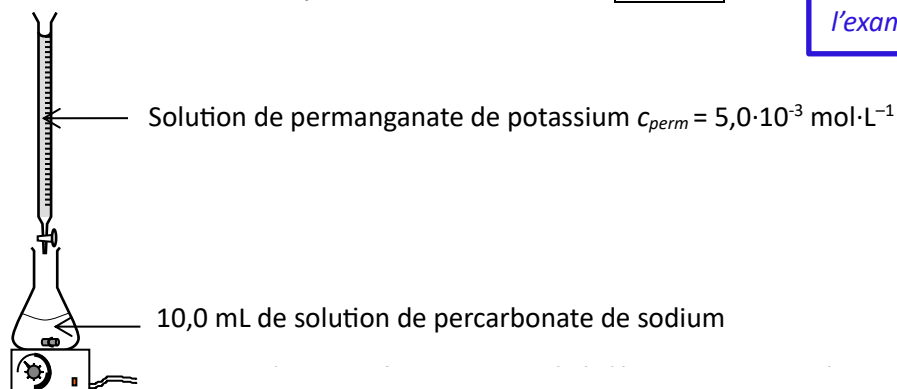
Le bas du ménisque doit coïncider avec le trait de jauge.

1.2. La solution obtenue contient du peroxyde d'hydrogène H_2O_2 .

Mettre en œuvre le titrage avec suivi colorimétrique du peroxyde d'hydrogène contenu dans la solution préparée par la solution de permanganate de potassium ($K^+(aq)$, $MnO_4^-(aq)$) de concentration $c_{perm} = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot L^{-1}$ comme représenté sur le schéma ci-dessous, afin de relever la valeur du volume équivalent, obtenu par une coloration rose persistante.

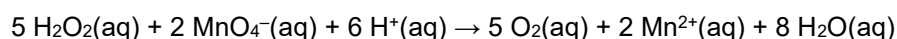
Un premier dosage rapide a donné un volume équivalent aux alentours de **15,5 mL**.

Valeur donnée par l'examineur



Relever la valeur du volume versé à l'équivalence : $V_{eq} = 16,0 \text{ mL}$

1.3. L'équation de la réaction de titrage est :



Déterminer la concentration en peroxyde d'hydrogène H_2O_2 dans la solution de percarbonate de sodium.

A l'équivalence d'un titrage, les réactifs ont été introduits en proportions stœchiométriques.

$$\frac{n(H_2O_2)_i}{5} = \frac{n(MnO_4^-)_{eq}}{2}$$

$$\frac{[H_2O_2]_i \times V_{perca}}{5} = \frac{c_{perm} \times V_{eq}}{2}$$

$$\Leftrightarrow [H_2O_2]_i = \frac{5 \times c_{perm} \times V_{eq}}{2 \times V_{perca}}$$

$$\Leftrightarrow [H_2O_2]_i = \frac{5 \times 5 \cdot 10^{-3} \times 16,0 \cdot 10^{-3}}{2 \times 10,0 \cdot 10^{-3}}$$

$$\Leftrightarrow [H_2O_2]_i = 2,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

1.4. En déduire le coefficient stœchiométrique b .

$$b = \frac{[\text{H}_2\text{O}_2] \cdot V_{\text{fiole}} \cdot M}{m}$$

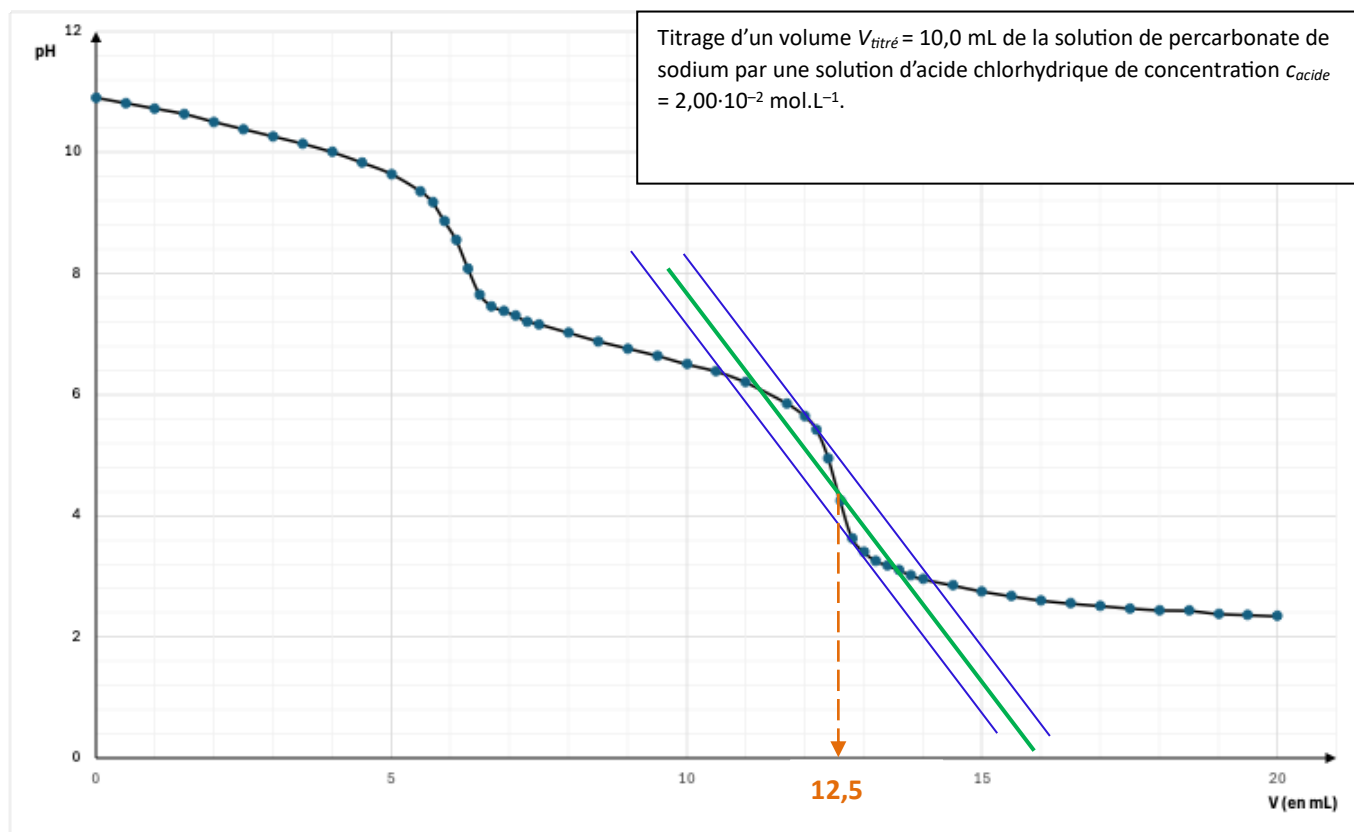
$$\Leftrightarrow b = \frac{2,00 \cdot 10^{-2} \times 250 \cdot 10^{-3} \times 314}{0,50}$$

$$\Leftrightarrow b = 3,14$$

2. Titrage avec suivi pH-métrique (20 minutes conseillées)

On a réalisé en amont le titrage d'un volume $V_{\text{titré}} = 10,0 \text{ mL}$ de la solution de percarbonate de sodium préparée par de l'acide chlorhydrique ($\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$, $\text{Cl}^-(\text{aq})$) de concentration $c_{\text{acide}} = 2,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

On obtient la courbe de suivi pH-métrique suivante :



2.1. En exploitant la courbe de suivi pH-métrique, déterminer le deuxième volume équivalent : $V_{\text{eq}2}$.

En utilisant la méthode des tangentes, on détermine que la volume équivalent $V_{\text{eq}2}$ est de 12,5 mL.

2.2. Calculer la concentration en quantité de matière de l'ion CO_3^{2-} notée $[\text{CO}_3^{2-}]$.

$$c_{\text{titré}} \cdot V_{\text{titré}} = \frac{c_{\text{titrant}} \cdot V_{\text{eq2}}}{2}$$

$$\Leftrightarrow [\text{CO}_3^{2-}] \cdot V_{\text{titré}} = \frac{c_{\text{titré}} \cdot V_{\text{eq2}}}{2}$$

$$\Leftrightarrow [\text{CO}_3^{2-}] = \frac{c_{\text{titré}} \cdot V_{\text{eq2}}}{2 \cdot V_{\text{titré}}}$$

$$\Leftrightarrow [\text{CO}_3^{2-}] = \frac{2,00 \cdot 10^{-2} \times 12,5 \cdot 10^{-3}}{2 \times 10,0 \cdot 10^{-3}}$$

$$\Leftrightarrow [\text{CO}_3^{2-}] = 1,25 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

2.3. En déduire le coefficient stœchiométrique a.

$$a = \frac{[\text{CO}_3^{2-}] \cdot V_{\text{fiolle}} \cdot M}{m}$$

$$\Leftrightarrow a = \frac{1,25 \cdot 10^{-2} \times 250 \cdot 10^{-3} \times 314}{0,50}$$

$$\Leftrightarrow a = 1,96$$

3. Comparaison des deux résultats (10 minutes conseillées)

Le programme en langage Python `incertitudes.py` permet de calculer l'incertitude type pour les coefficients a et b en utilisant la méthode de Monte-Carlo.

3.1. Compléter les lignes 4 et 5 du programme avec les valeurs mesurées des volumes équivalents. Pour rappel, en Python, une valeur décimale se note avec un point « . » et non une virgule « , ».

```

1 import numpy as np
2
3 # Valeurs mesurées (à compléter en mL)
4 Veq_colo = 16
5 Veq2_pH = 12.5
6
7 # TOLÉRANCES (demi-largeur de l'intervalle)
8 tol_V_fiole = 0.15 # ±0,15 mL
9 tol_V_pipette = 0.02 # ±0,02 mL
10 tol_m_masse = 0.01 # ±0,01 g

```

3.2. Exécuter le programme et noter ci-dessous les valeurs des incertitudes types.

avec l'incertitude-type $u(a) = 0.073$

avec l'incertitude-type $u(b) = 0.090$

3.3. Étudier la compatibilité entre les valeurs mesurées pour les coefficients a et b et les valeurs tabulées et noter ci-dessous la conclusion. Proposer le cas échéant une explication aux écarts constatés.

D'après les documents : $\frac{|m_{exp}-m_{tab}|}{u(m_{exp})} \leq 2$

$$z_{score} = \frac{|a_{exp} - a_{tab}|}{u(a_{exp})} \Rightarrow z_{score} = \frac{|1,96 - 2|}{0,073} \Rightarrow z_{score} = 0,55 \leq 2$$

$$z_{score} = \frac{|b_{exp} - b_{tab}|}{u(b_{exp})} \Rightarrow z_{score} = \frac{|3,14 - 3|}{0,091} \Rightarrow z_{score} = 1,54 \leq 2$$

Les valeurs expérimentales sont ici compatibles avec les valeurs théoriques.

Justification si ce n'est pas le cas lors de l'ECE :

1. Le peroxyde d'hydrogène est une espèce instable. Il peut se dégrader à cause de l'humidité ambiante.
2. Erreurs expérimentales.

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