

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 collège » est autorisé.

CONTEXTE DE LA SITUATION D'ÉVALUATION

Historiquement, la constante d'Avogadro a été estimée pour la première fois par le physicien et chimiste autrichien J.J. Loschmidt.

Plus tard, en 1909, le physicien Jean Perrin, qui a déterminé une valeur de la constante d'Avogadro par différentes méthodes, propose de la nommer ainsi en l'honneur du comte italien Amedeo Avogadro.

Le but de cette épreuve est d'estimer, à l'aide d'une pile de concentration, la valeur de la constante d'Avogadro.

INFORMATIONS MISES À DISPOSITION DU CANDIDAT

Description d'une pile de concentration

Les piles de concentration sont un dispositif simple produisant de l'électricité. Dans une pile de concentration, les deux demi-piles contiennent les mêmes ions métalliques $M^{n+}_{(aq)}$ en solution et les électrodes sont constituées du même métal $M_{(s)}$.

La différence entre les concentrations en soluté dans chaque demi-pile occasionne une différence de potentiel entre les deux demi-piles.

Tension à vide d'une pile de concentration

La tension à vide entre deux électrodes d'une pile est la différence de potentiel mesurée aux bornes de cette pile en circuit ouvert. Elle est notée ici ΔE et s'exprime en volt (V).

Données utiles

Charge élémentaire : $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Constante des gaz parfaits : $R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

Expression de la constante de Faraday : $F = N_A \cdot e$

L'ordre de grandeur d'une valeur écrite en notation scientifique $a \times 10^n$ vaut :

- 10^n si $a < 5$
- 10^{n+1} si $a \geq 5$

TRAVAIL À EFFECTUER

1. Pile de concentration et tension à vide (10 minutes conseillées)

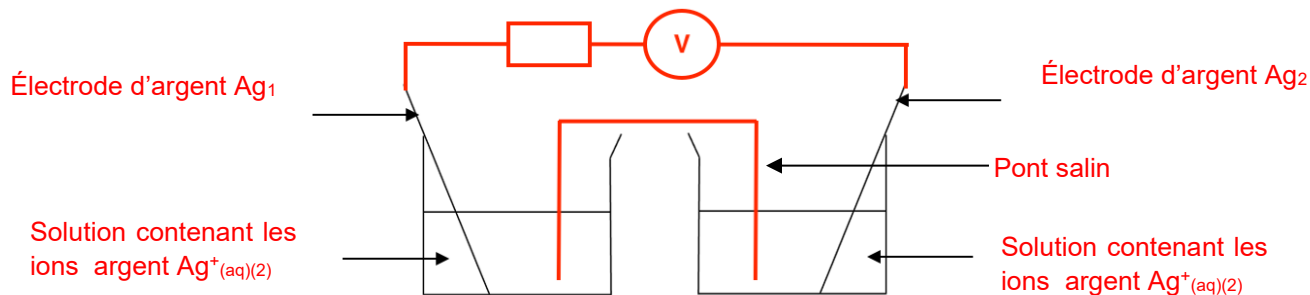
Pour préparer une pile de concentration à l'argent, on dispose de deux solutions de nitrate d'argent notées respectivement S_1 et S_2 de concentrations en soluté apporté :



$$[\text{Ag}^+]_1 = 1,0 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \quad [\text{Ag}^+]_2 = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

1.1. Le schéma incomplet proposé ci-dessous représente une pile de concentration à l'argent.

À l'aide du matériel mis à disposition et des informations ci-dessus, compléter et légénder ce schéma afin qu'il représente une pile de concentration.

Représenter le dispositif permettant de mesurer sa tension à vide.



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

1.2. Mettre en œuvre la pile de concentration en laissant les solutions dans les flacons mis à disposition.
Mesurer la tension U aux bornes de la pile, noter sa valeur avec son signe et en déduire ΔE :

$$U = \dots \text{ Valeur expérimentale}$$

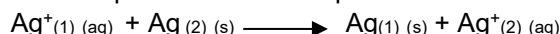
$$\Delta E = |U| = \dots \text{ Valeur expérimentale}$$

APPEL FACULTATIF		
	Appeler le professeur en cas de difficulté	

À partir du signe de la tension U mesurée, il est possible d'en déduire l'identification des deux électrodes :

- Cathode : demi-pile 1 (contenant la solution la plus concentrée) : $\text{Ag}^{+(1)}_{(\text{aq})} + \text{e}^- = \text{Ag}_{(1)}_{(\text{s})}$ (réduction)
- Anode : demi-pile 2 (contenant la solution la moins concentrée) : $\text{Ag}_{(2)}_{(\text{s})} = \text{Ag}^{+(2)}_{(\text{aq})} + \text{e}^-$ (oxydation)

L'équation de la transformation globale et spontanée de cette pile est donc :



2. Tension à vide et rapport des concentrations en ions argent (30 minutes conseillées)

Dans cette partie on cherche à représenter la courbe $\Delta E = f\left(\log\left(\frac{[\text{Ag}^+]_{\text{cathode}}}{[\text{Ag}^+]_{\text{anode}}}\right)\right)$.

La demi-pile contenant la solution de nitrate d'argent S₁ sera toujours utilisée. Seule la seconde demi-pile sera changée à chaque mesure. Pour rappel, les mesures seront directement effectuées dans les flacons.

Des solutions de nitrate d'argent aux concentrations suivantes sont mises à disposition, à l'exception de la solution S₃ :

Solution S _i	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅
[Ag ⁺] _i (mol.L ⁻¹)	1,0×10 ⁻¹	1,0×10 ⁻²	5,0×10⁻³	1,0×10 ⁻³	1,0×10 ⁻⁴

2.1. Proposer un protocole pour préparer 100,0 mL de solution S₃ à partir de la solution S₁.

$$n_1 = n_3$$

$$C_1 V_1 = C_3 V_3$$

$$V_1 = \frac{C_3 V_3}{C_1}$$



$$V_1 = \frac{5,0 \times 10^{-3} \times 100,0}{1,0 \times 10^{-1}} = 5,0 \text{ mL}$$

À l'aide de la pipette jaugée, prélever précisément 5,0 mL de la solution mère.

Introduire ce volume de la solution mère dans une fiole jaugée de 100,0 mL.

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

Homogénéiser la solution.

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



2.2. Mettre en œuvre le protocole puis remplir le flacon étiqueté S₃ jusqu'au trait indiqué.

A faire expérimentalement.

2.3. Mesurer la tension à vide ΔE des différentes piles de concentration et compléter le tableau suivant : **A faire expérimentalement.**

Solution S_i	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
$[Ag^+]_i$ (mol.L ⁻¹)	$1,0 \times 10^{-1}$	$1,0 \times 10^{-2}$	$5,0 \times 10^{-3}$	$1,0 \times 10^{-3}$	$1,0 \times 10^{-4}$
$\log \left(\frac{[Ag^+]_{cathode}}{[Ag^+]_{anode}} \right)$	0	1	1,3	2	3
ΔE (V)	0	Valeur expérimentale	Valeur expérimentale	Valeur expérimentale	Valeur expérimentale

2.4. À l'aide du logiciel tableur-grapheur à disposition, tracer la courbe $\Delta E = f \left(\log \left(\frac{[Ag^+]_{cathode}}{[Ag^+]_{anode}} \right) \right)$. **A faire expérimentalement.**

APPEL n°3		
	Appeler le professeur pour lui présenter les résultats expérimentaux ou en cas de difficulté	

3. Détermination de la constante d'Avogadro (20 minutes conseillées)

La tension à vide théorique aux bornes d'une pile de concentration à l'argent est donnée par la relation :



$$\Delta E = \frac{R \cdot T}{n(e^-) \cdot F} \cdot \ln(10) \cdot \log \left(\frac{[Ag^+]_{cathode}}{[Ag^+]_{anode}} \right)$$

Avec $n(e^-)$ le nombre d'électrons échangés et T la température des solutions exprimée en kelvins.

On considèrera que la température des solutions correspond à la température de la pièce : $T = \dots\dots\dots K$

3.1 Modéliser la courbe à l'aide de la fonction qui convient. Noter l'équation correspondante.

Tracer la courbe $\Delta E = f \left(\log \left(\frac{[Ag^+]_{cathode}}{[Ag^+]_{anode}} \right) \right)$. On doit obtenir une droite passant par l'origine.

APPEL n°4		
	Appeler le professeur pour lui présenter la modélisation ou en cas de difficulté	

3.2 Proposer une démarche qui permette de déterminer la constante d'Avogadro à partir des résultats expérimentaux.

Le tableur grapheur donne une équation du type $y = ax + b$.

$$\Delta E = \frac{R \cdot T}{n(e^-) \cdot F} \cdot \ln(10) \cdot \log \left(\frac{[Ag^+]_{cathode}}{[Ag^+]_{anode}} \right)$$

Par identification

$$\frac{R \cdot T}{n(e^-) \cdot F} \ln(10) = a$$

$$\frac{R \cdot T}{n(e^-) \cdot N_A \cdot e} \ln(10) = a$$

$$\frac{n(e^-) \cdot N_A \cdot e}{R \cdot T \times \ln(10)} = \frac{1}{a}$$

$$N_A = \frac{R \cdot T \times \ln(10)}{a \cdot n(e^-) \cdot e}$$

3.3 Déterminer une valeur de cette constante.

$$N_A = \frac{R \cdot T}{a \cdot n(e^-) \cdot e} = \frac{8,314 \cdot \text{valeur donnée}}{\text{Valeur du coefficient directeur} \times n(e^-) \cdot 1,60 \times 10^{-19}}$$


La valeur tabulée de la constante d'Avogadro est $N_{A, \text{Tab}} = 6,02214076 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

3.4 Comparer l'ordre de grandeur de la valeur expérimentale et l'ordre de grandeur de la valeur tabulée de la constante d'Avogadro. Donner deux sources d'incertitude possibles.

On compare la valeur trouvée et la valeur tabulée.

Deux sources d'incertitude possibles :

- La concentration des solutions
- La valeur de la température

APPEL FACULTATIF		
	Appeler le professeur en cas de difficulté	

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