

TP 13 : La pile électrochimique : Un transfert spontané d'électrons

TP INFO	PREREQUIS
Chapitre 6	- Oxydoréduction
MOTS CLES:	- Mesure de tension et d'intensité en électricité
Pile – tension – intensité	- Quotient de réaction et évolution d'un système vers l'équilibre
	OBJECTIFS
	- Illustrer un transfert spontané d'électrons par contact entre réactifs et par l'intermédiaire d'un circuit extérieur.
	- Réaliser une pile, déterminer sa tension à vide et la polarité des électrodes, identifier la transformation mise en jeu, illustrer le rôle du pont salin.

Introduction

Une pile est un système qui va transformer de l'énergie chimique tirée de réactifs en énergie électrique. Dans une pile, il s'opère une réaction d'oxydoréduction. Par définition, dans une telle réaction, ce sont des électrons qui sont échangés entre les réactifs pour former des produits.

Problématique : Comment « récupérer les électrons échangés pour générer un courant électrique ? »

I. Transfert spontané d'électrons par contact direct entre les réactifs.

Document 1 : Protocole 1

- Dans un bécher introduire à l'aide d'une éprouvette 20 mL d'une solution de sulfate de cuivre (II) de concentration $C_1 = 0,10 \text{ mol/L}$ et 20 mL d'une solution de sulfate de fer (II) de concentration $C_2 = 0,10 \text{ mol/L}$.
- Plonger une lame de cuivre décapée et une plaque de fer décapé.
- Attendre une dizaine de minutes. (Répondre aux questions du sujet en attendant)

1. Mettre en œuvre le protocole n°1.

La réaction mise en jeu est la réaction d'oxydoréduction suivante : $\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + \text{Cu}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + \text{Fe}(\text{s})$

Sa constante d'équilibre a pour valeur $K = 1,0 \times 10^{-26}$ à 25 °C

Les couples redox sont les suivants : $\text{Cu}^{2+} / \text{Cu}$ et $\text{Fe}^{2+} / \text{Fe}$

2. Calculer le quotient de réaction initial noté Q_{ri} de cette réaction et prévoir le sens d'évolution spontané de la réaction.
3. Observer le contenu du bécher et noter les observations.
4. Les observations sont-elles en accord avec le sens d'évolution spontané prévu à la question 2 ?
5. Justifier l'expression « Transfert spontané d'électrons par contact direct de réactifs »
6. Où se produit l'échange d'électrons qui intervient dans cette réaction d'oxydoréduction ?
7. Est-il possible dans cette situation de « récupérer » et d'utiliser les électrons échangés ?

8. Cocher le schéma ci-dessous qui traduit la réaction qui s'opère dans le bécher ?



II. Fabrication d'une pile

Document 1 : Constitution d'une pile

• Une **pile** est constituée de **deux compartiments** distincts, appelés **demi-piles**, contenant chacun un couple oxydant-réducteur, généralement du type $M^{n+}(aq) / M(s)$. Les deux compartiments sont reliés par un **pont salin**. La plaque métallique $M(s)$ est appelée **électrode**.

Document 2 : Mesure d'une tension à vide d'une pile.

Tension affichée sur le voltmètre	Électrode reliée à la borne V du voltmètre
positive	positive
négative	négative

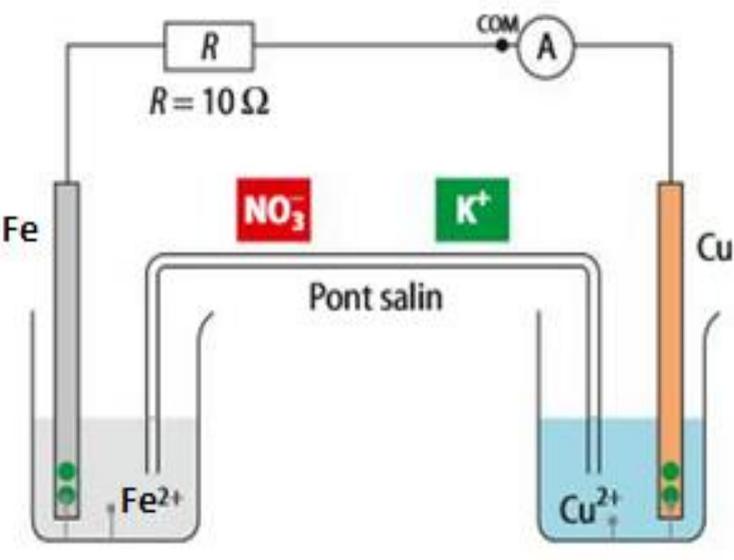
➤ La mesure de la tension à vide permet de déterminer la polarité de la pile.
 Dans cet exemple l'électrode de gauche est la borne négative de la pile.

Travail à faire

- Sur le montage ci-contre flécher la tension mesurée par le voltmètre.
- Réaliser le montage du doc 1. Pour cela :
 - verser 40 mL de chaque solution dans les béchers ;
 - plonger les lames découpées ;
 - relier les deux béchers par un " pont salin " constitué par une bande de papier filtre imbibée d'une solution de nitrate de potassium ($K^+(aq) + NO_3^-(aq)$) saturée (utiliser pour cela la soucoupe) et plongeant dans chaque bécher ;
 - fixer une pince crocodile sur chaque lame appelée électrode ou borne de la pile.
- Brancher un voltmètre aux bornes de la pile en choisissant un calibre de 2V en tension continue.
 - Mesurer et relever la valeur de la tension à vide aux bornes de la pile.
 - Déduire de votre mesure précédente la polarité de la pile. Indiquer sur le schéma du document 1 la polarité de la pile par un + et un - .

III. Etude d'une pile débitant un courant dans un circuit électrique

Une pile branchée sur un circuit électrique débite dans celui-ci un courant continu d'intensité i . Le courant et son sens se mesurent et se déterminent avec un ampèremètre.

<p>Pile débitant un courant dans un circuit électrique.</p> 	<p>Mesure et sens d'un courant électrique continu</p> <ul style="list-style-type: none"> • L'ampèremètre est placé en série dans le circuit. • L'ampèremètre mesure le courant qui rentre par la borne A et sort par la borne COM <p>Courant et porteurs de charges.</p> <p>Le courant électrique est un déplacement de porteurs de charges. Les porteurs de charges sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Des électrons libres dans les métaux ; • Des ions en solution <p>Le courant sera positif s'il est fléché en sens opposé au sens de déplacement des électrons dans un métal.</p>
--	--

- Ajouter à la pile fabriquée, le circuit extérieur présenté dans le document 1. Choisir un calibre de 200 mA pour l'ampèremètre.
- Relever la valeur du courant affiché et en déduire son sens de circulation. Flécher le courant et en déduire s'il est positif ou négatif.
 - Le sens du courant est-il en accord avec polarité de la pile ? Justifier.
- Sur le document 1, indiquer le sens de circulation des électrons dans les parties métalliques.
 - A l'aide du sens de parcours des électrons, écrire les réactions électrochimiques se déroulant dans chaque demi-pile. Donner le nom de chacune d'elles.
 - Combiner les deux réactions électrochimiques précédentes pour donner l'équation de fonctionnement générale de la pile. Quelle équation retrouve-t-on ?
 - Justifier l'expression « Transfert spontané d'électrons par l'intermédiaire d'un circuit extérieur ».
 - Cocher le schéma ci-dessous correspondant au fonctionnement d'une pile débitant un courant électrique.



- Faire un bilan des espèces présentes en solution dans chaque demi-pile et indiquer comment varie leur concentration au cours du fonctionnement de la pile.
- Sachant qu'une solution doit toujours être électriquement neutre, précisez le comportement des ions NO_3^- et K^+ dans le pont salin lors du fonctionnement de la pile.
- Retirer le pont salin. Que remarque-t-on sur le courant électrique ?

d. Conclure alors sur le rôle du pont salin dans une pile.

e. Quand est ce que la pile fabriquée sera-t-elle utilisée ?

La **capacité** électrique d'une pile est la charge électrique maximale que la pile peut débiter durant toute sa durée de vie :

$$Q_{\max} = n(e^-)_{\max} \times N_A \times e$$

Capacité de la pile en coulomb C Quantité maximale d'électrons échangés en mol Constante d'Avogadro en mol⁻¹ $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ Charge élémentaire en C $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$

9. En admettant que le réactif limitant est l'ion cuivre de masse molaire égale à 63,5 g/mol, calculer la capacité électrique de la pile fabriquée.

10. Pendant combien de temps, la pile fabriquée va-t-elle fonctionner ?

Références

[1] Physique chimie terminale Spécialité, Hachette, 2020.