EXERCICE A - ÉTUDE D'UNE PILE AU LABORATOIRE (5 points)

Mots-clés : piles ; évolution d'un système

Chaque année en France, 1,3 milliard de piles sont vendues dans le commerce. Petits réservoirs d'énergie, elles constituent des objets indispensables au quotidien.
L'objectif de cet exercice est d'étudier le fonctionnement d'une pile réalisée au laboratoire et de comparer sa capacité électrique à celle d'une pile AA vendue dans le commerce, photographiée ci-contre.



Photographie de piles AA de capacité 2800 mAh

Données :

- masses molaires :

espèce chimique	Aℓ	$A\ell_2(SO_4)_3$
masse molaire en g·mol^{-1}	27,0	342,15

- couples oxydants-réducteurs : (Cu^{2+}(aq) / Cu(s)) et ($A\ell^{3+}$(aq) / Aℓ(s)) ;
- charge élémentaire : e = 1,602×10^{-19} C ;
- constante d'Avogadro : N_A = 6,022×10^{23} mol^{-1} ;
- 1 mAh = 3,60 C.

Pour réaliser la pile étudiée, deux solutions aqueuses sont préparées : une de sulfate d'aluminium notée S, et une de sulfate de cuivre (Cu^{2+}(aq) ; SO_4^{2-}(aq)), notée S', toutes les deux sont à la concentration en soluté apporté de C = 0,100 mol·L^{-1}. Le sulfate d'aluminium est un solide de formule $A\ell_2(SO_4)_3$(s), disponible sous forme de poudre.

1. Rédiger le protocole expérimental précis à mettre en œuvre pour préparer 50,0 mL de la solution S à partir du sulfate d'aluminium en poudre.

2. Calculer les concentrations en quantité de matière en ions aluminium $A\ell^{3+}$(aq) et en ion sulfate SO_4^{2-}(aq) dans la solution S.

La pile est assemblée selon le schéma de la figure 1 représenté ci-dessous :

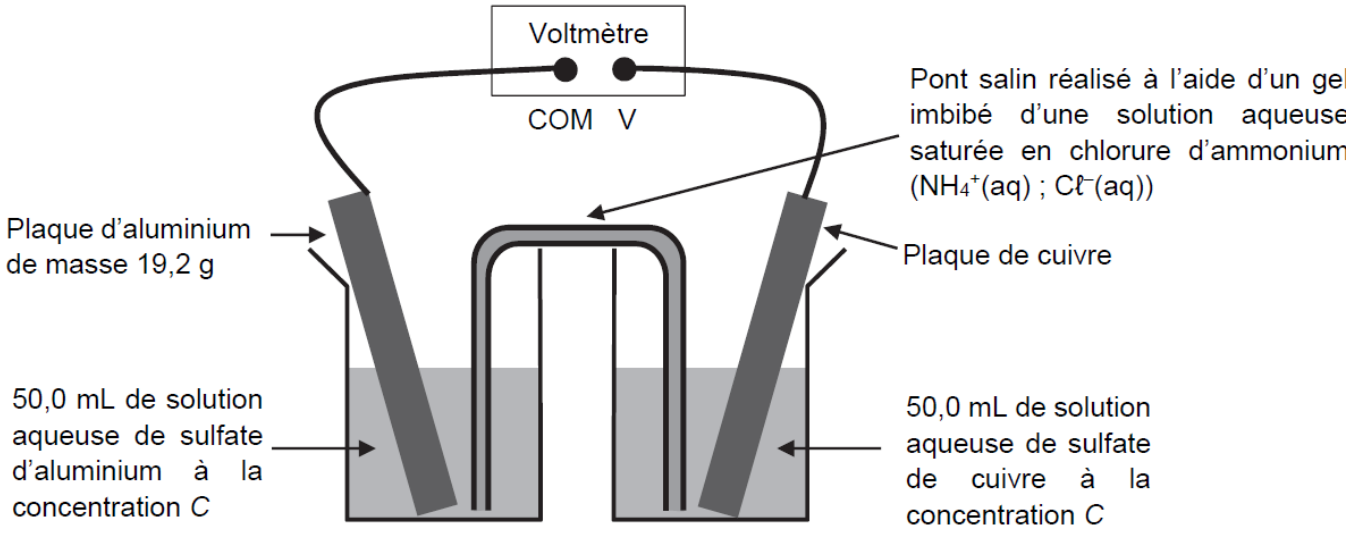


Figure 1. Schéma de la constitution de la pile

Pour déterminer la polarité de la pile ainsi constituée, un voltmètre est relié aux deux plaques métalliques. La borne COM du voltmètre est reliée à la plaque d'aluminium. Dans ces conditions, la tension mesurée aux bornes de la pile vaut U = 0,92 V.

3. Déterminer le pôle positif de la pile à l'aide du montage expérimental de la figure 1.
Dans la suite de l'étude, le voltmètre est retiré puis est remplacé par un conducteur ohmique de résistance R.

4. Compléter le schéma fourni **EN ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE** en y indiquant la polarité de la pile, le sens du courant électrique et le sens de circulation des porteurs de charge dans la pile et à l'extérieur de la pile lors de son fonctionnement.

5. Établir les équations modélisant les réactions aux électrodes lors du fonctionnement de la pile. En déduire que l'équation de la réaction modélisant le fonctionnement de la pile s'écrit :

$$3\ Cu^{2+}(aq) + 2\ A\ell(s) \rightleftharpoons 3\ Cu(s) + 2\ A\ell^{3+}(aq)$$

La constante d'équilibre K associée à cette réaction a pour valeur $K \approx 10^{200}$, à 25 °C.

6. Montrer que la valeur initiale du quotient de réaction du système vaut $Q_r = 40$. Conclure quant à l'évolution du système.

7. Capacité électrique de la pile.
7.1. Déterminer quel est le réactif limitant.
7.2. Déterminer la capacité électrique Q de la pile du laboratoire, puis la comparer aux piles commerciales de type « AA ».

8. Identifier un paramètre de la composition de la pile de laboratoire qu'il faudrait faire évoluer pour augmenter la capacité électrique de la pile, en précisant comment ce paramètre doit évoluer. Justifier.

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

