Réunion 2008

EXERCICE 1 : PILE ET CHARGE D'UN CONDENSATEUR (8 points)

Une pile zinc-argent alimente un dipôle série **RC**. En parallèle avec le condensateur est branché un système d'utilisation **S (voir figure 1 annexe, à remettre avec la copie)** dont le fonctionnement simplifié est le suivant :

- Tant que la tension u_C aux bornes du condensateur est inférieure à 1,2 V, le système **S** est équivalent à un interrupteur ouvert (de résistance infinie).
- Lorsque u_C atteint la valeur u_f = 1,2 V, le système **S** est équivalent à un interrupteur fermé (de résistance nulle) provoquant la décharge instantanée du condensateur.
- Et le cycle recommence...

L'étude comporte 2 parties **indépendantes :**

- partie A : étude électrique
- partie B : étude chimique de la pile

PARTIE A : ♦ ÉTUDE ÉLECTRIQUE (5 points)

Données :

- R = 1,0 MΩ , C = 10 µF.
- Dans les conditions de l'expérience, la pile est considérée comme un générateur idéal de tension, de f.e.m. **E** = 1,5 V.
- La durée de la décharge du condensateur est totalement négligeable devant celle de la charge.
- La valeur de la tension de basculement charge / décharge est 1,2 V.

Le sens algébrique du courant électrique est imposé **(voir figure 1 annexe).** Les tensions aux bornes de la résistance et du condensateur, notées respectivement u_R et u_C, respecteront la convention récepteur.

1. Tracer sur **la figure 1 de l'annexe** les flèches-tension correspondant à u_R et à u_C .

2. Établir l'équation différentielle vérifiée par u_C lors de la charge du condensateur entre **t = 0 et t = t_f** (date à laquelle u_C = 1,2 V).

3. Quelle serait la valeur maximale prise par la tension u_C en l'absence du système S ?

4. La solution de cette équation est : $u_c(t) = E(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$.

   4.1. Préciser l'expression de τ et donner son nom.

   4.2. Montrer que l'expression de τ est homogène à un temps.

   4.3. Calculer la valeur de τ.

   4.4. Déterminer graphiquement la valeur de τ à l'aide de la **figure 2 annexe.** Celle-ci devra être complétée par les constructions nécessaires à cette détermination.

5. Durée de la charge.

   5.1. À partir de la solution de u_C donnée à la **question 4**, établir l'expression littérale de **t** en fonction de **E**, u_C et **τ**.

   5.2. Calculer la valeur de t_f et vérifier l'accord avec la **figure 2 annexe**.

   5.3. En déduire la fréquence du phénomène périodique.

6. Intensité dans le circuit de charge.

6.1. Établir l'expression littérale de **i**, à partir de l'expression de u_C donnée en question **4**.

6.2. Calculer les valeurs de **i** aux dates **t = 0** et **t = t_f**.

7. Aspects énergétiques.

On désigne par $E_{élec}$ l'énergie électrostatique emmagasinée dans le condensateur à une date **t** quelconque.

7.1. Rappeler l'expression de l'énergie $E_{élec}$ en fonction de **C** et de u_C. Préciser les unités des grandeurs utilisées.

7.2. Déterminer la valeur de cette énergie à la date t_f.

7.3. Sur la durée d'un cycle, l'énergie électrique totale délivrée par la pile vaut E_G **= 18 µJ**. Comment expliquer la différence entre les valeurs E_G et $E_{élec}$?

PARTIE B : ♦ ÉTUDE CHIMIQUE DE LA PILE (3 points)

La pile zinc-argent est constituée de deux demi-piles reliées par un pont salin et mettant en jeu les couples oxydant-réducteur $Zn^{2+}_{(aq)}$ / $Zn_{(s)}$ et $Ag^{+}_{(aq)}$ / $Ag_{(s)}$
Chaque demi-pile contient 100 mL de solution, l'une de nitrate de zinc (Zn^{2+} + 2 NO_3^-), l'autre de nitrate d'argent (Ag^+ + NO_3^-). Les concentrations apportées de chacun de ces électrolytes sont identiques et valent c_0= 0,100 mol.L^{-1}. Chacune des deux électrodes a une masse initiale de 1,0 g.

8. Équations de dissolution. Concentrations initiales.

8.1. Écrire les équations de dissolution dans l'eau des deux solides ioniques ayant permis de réaliser les deux solutions électrolytiques.

8.2. En déduire les concentrations initiales de tous les ions présents dans chacune de ces solutions aqueuses.

9. Demi-équations. Équation chimique.

9.1. Écrire la demi-équation associée à chaque couple oxydant-réducteur.

9.2. Parmi les deux réactions pouvant se produire *à priori* lors du fonctionnement de la pile, écrire celle pour laquelle le métal argent intervient en tant que réactif.
La constante d'équilibre de cette réaction est $K = 10^{-52}$.

10. Sens d'évolution. Polarités.

10.1. Calculer le quotient de réaction initial $Q_{r,i}$ de la réaction écrite à la question **9.2.** ci-dessus, et prévoir le sens d'évolution spontanée du système chimique constituant la pile.

10.2. Écrire l'équation de la réaction dans le sens où elle évolue spontanément.

10.3. Rappeler les définitions d'un oxydant et d'un réducteur, et les identifier dans la transformation spontanée observée.

10.4. En déduire, en le justifiant, les polarités des électrodes.

10.5. Comment est assurée l'électroneutralité des solutions lors du fonctionnement de la pile ?

11. Schéma de la pile.

Faire un schéma complet et clair de cette pile en fonctionnement. Rappeler sur ce schéma les différentes espèces chimiques concernées, les polarités, le sens du courant, ainsi que le sens de déplacement de tous les porteurs de charge (hors pont salin).

ANNEXE
(à remettre avec la copie)

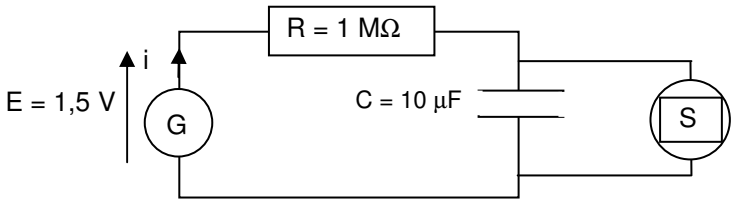


Figure 1

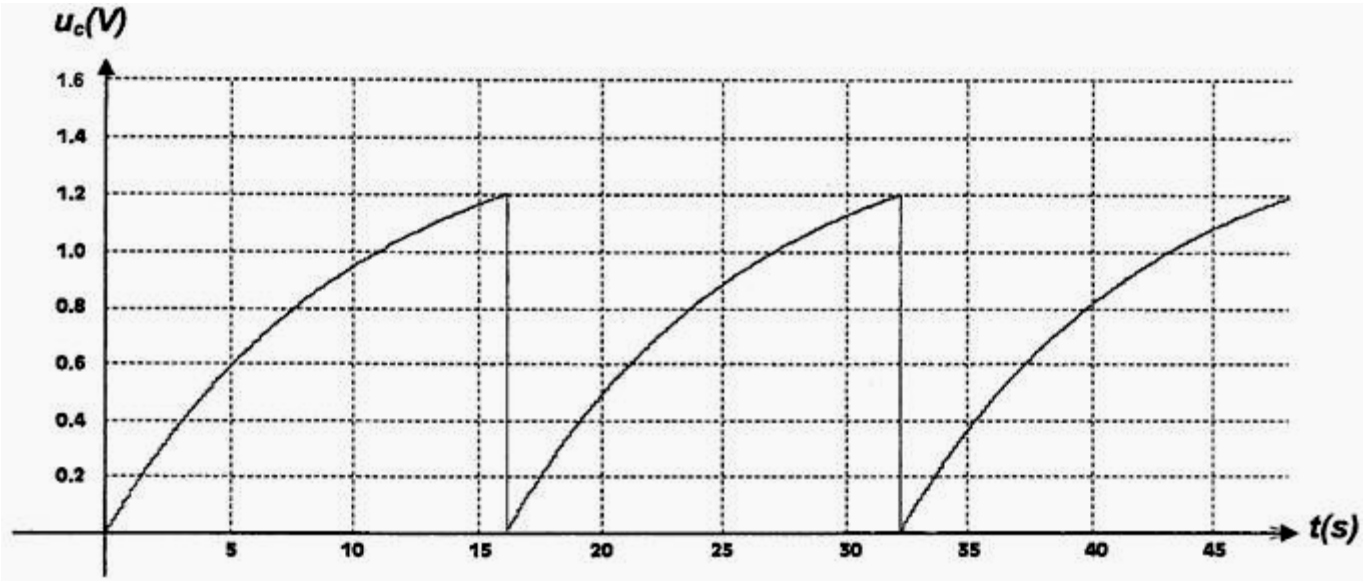


Figure 2