EXERCICE III : ACCUMULATEURS OU PILES RECHARGEABLES (4 points)

Nous avons en permanence besoin de piles, que ce soit pour les jouets des enfants, pour les baladeurs mp3, pour tous les appareils électriques ou électroniques nomades… Outre leur prix et leur durée de vie assez courte, leur recyclage n'est pas sans poser problème.
Une solution est donc d'utiliser des accumulateurs, appelés également « piles rechargeables ». Ceux-ci peuvent, pour les dernières générations, être rechargés un millier de fois ; ils ont donc une durée de vie nettement supérieure à celle des piles jetables. Ils sont parfaitement adaptés aux appareils utilisés régulièrement. Il existe actuellement trois principales sortes d'accumulateurs : les Ni-Cd (Nickel Cadmium), les Ni-MH (Nickel Metal Hydride) et les Li-Ion (Lithium-Ion). De la moins chère à la plus chère, de la plus polluante à la plus écologique.

D'après le site « fiches techniques-piles rechargeables »

1. Pile nickel-cadmium du laboratoire

La pile nickel-cadmium est constituée de deux demi-piles reliées par un pont salin et mettant en jeu les couples oxydant-réducteur $Ni^{2+}_{(aq)}$ / $Ni_{(s)}$ et $Cd^{2+}_{(aq)}$ / $Cd_{(s)}$.
Chaque demi-pile contient 20 mL de solution aqueuse :
- *l'une de sulfate de nickel ($Ni^{2+}_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)}$)*
- *l'autre de sulfate de cadmium ($Cd^{2+}_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)}$).*

Les concentrations molaires en électrolyte de ces solutions aqueuses sont identiques.
Leur valeur c_0 est égale à 0,10 mol.L^{-1}.
Chacune des deux électrodes a une masse initiale de 2,0 g.

Soit l'équation de réaction : $Cd^{2+}_{(aq)} + Ni_{(s)} = Cd_{(s)} + Ni^{2+}_{(aq)}$ (réaction 1)

1.1. Sens d'évolution spontanée du système chimique constituant la pile.
1.1.1. Donner l'expression littérale du quotient de réaction Q_r de la réaction 1.
Le calculer dans l'état initial.
1.1.2. Sachant que la constante d'équilibre K associée à l'équation de la réaction 1 est égale à $2{,}2 \times 10^{-6}$, prévoir le sens d'évolution spontanée du système chimique constituant la pile.
Écrire l'équation de fonctionnement de la pile.

1.2. Écrire les demi-équations électroniques. Préciser s'il s'agit d'une réduction ou d'une oxydation.
Indiquer la polarité des électrodes de nickel et de cadmium.

1.3. Quel est le rôle du pont salin ?

2. L'accumulateur Ni-Cd d'un téléphone sans fil, première génération

L'électrolyte est basique, il s'agit d'une solution aqueuse concentrée d'hydroxyde de potassium. Les couples d'oxydo-réduction impliqués sont :
$Cd(OH)_{2(s)}$ / $Cd_{(s)}$ et $NiO(OH)_{(s)}$ / $Ni(OH)_{2(s)}$.
Le milieu étant basique, la réaction à une des électrodes est :

$$Cd_{(s)} + 2\ HO^-_{(aq)} = Cd(OH)_{2\ (s)} + 2\ e^-$$

La réaction de décharge de l'accumulateur est alors :

$$Cd_{(s)} + 2\ NiO(OH)_{(s)} + 2\ H_2O_{(l)} = Cd(OH)_{2(s)} + 2\ Ni(OH)_{2(s)} \qquad \text{(réaction 2)}$$

2.1. Compléter le tableau descriptif de l'évolution du système **donnée en annexe à rendre avec la copie.**

2.2. Le cadmium étant le réactif limitant, retrouver la relation entre la quantité de matière initiale de cadmium, notée n_0, et la quantité de matière d'électrons échangés lorsque la réaction est terminée.

2.3. Déterminer la quantité maximale d'électricité que peut débiter cet accumulateur.
Données : - masse de cadmium : 2,0 g ;
- nombre d'Avogadro : $N_a = 6{,}02 \times 10^{23}$ mol^{-1} ;
- charge élémentaire : $e = 1{,}6 \times 10^{-19}$ C ;
- masse molaire : $M(Cd) = 112{,}4$ $g.mol^{-1}$.

2.4. Comment réalise-t-on la charge de l'accumulateur ? Quel est alors le type de fonctionnement ? Écrire l'équation de la réaction de charge en justifiant.

Le cadmium étant un métal polluant, cet accumulateur n'est plus fabriqué, il est remplacé par l'accumulateur Ni-MH

3. L'accumulateur Ni-MH

L'accumulateur nickel hydrure métallique, de l'anglais nickel métal hydride, utilise l'hydrure métallique MH_{ab} *(composé permettant un stockage de l'hydrogène). L'une des réactions aux électrodes est :*

$$M_{(s)} + H_2O_{(l)} + e^- = MH_{ab} + HO^-_{(aq)}$$

M *étant le métal et* H_{ab} *étant l'hydrogène absorbé.*

Un téléphone sans fil actuel utilise deux piles rechargeables AAA de technologie Ni-MH. La plupart des appareils nomades peuvent utiliser ce type d'accumulateurs. Il existe des chargeurs extrêmement rapides : un fabriquant propose des piles rechargeables de capacités 800 mAh pouvant être rechargées en 15 minutes.

3.1. Quelle est la valeur de la capacité de cette pile en unité SI ?

3.2. L'accumulateur étant totalement déchargé, on veut obtenir à nouveau, une capacité de 800 mAh. Quelle est l'intensité nécessaire en courant constant pour réaliser la charge rapide en 15 minutes ?

3.3. L'accumulateur est maintenant totalement chargé. L'intensité, supposée constante, débitée lors de la décharge est de 0,27 A.
Quelle la durée de fonctionnement en minutes de cette pile ?

4. L'accumulateur Li-ion

La plupart des équipements électroniques nomades actuels (ordinateur, téléphones portables, appareils photo…) sont équipés de batteries lithium-ion. Le lithium est un métal intéressant pour la constitution d'une pile car sa capacité massique (en mAh.g^{-1}) est très supérieure à celle d'autres métaux. Mais le lithium, métal alcalin, est trop réactif pour être utilisé sous forme de métal. Ces piles rechargeables contiennent uniquement des ions Li^{+}. C'est une des technologies envisagées pour la voiture électrique….

4.1. Dans quelle colonne de la classification périodique se situe l'élément lithium ? Justifier.

4.2. La capacité d'une pile de téléphone portable est de 4320 C. En supposant que la tension aux bornes de la pile est de 3,7 V lors de son fonctionnement, quelle est l'énergie électrique que peut fournir cette pile ?

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

2. L'accumulateur Ni – Cd d'un téléphone sans fil, première génération

Équation		$Cd_{(s)} + 2NiO(OH)_{(s)} + 2\ H_2O_{(l)} = Cd(OH)_{2(s)} + 2\ Ni(OH)_{2(s)}$					
	Avance--ment	Quantités de matière (mol)					Quantité d'électrons échangés (mol)
État initial	x = 0	n_0	excès	excès	n_2	n_3	0
En cours de réac-tion							
État final							