

Exercice 7 (D'après bac STL SPCL Polynésie Juin 2013)

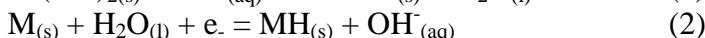
LA TOYOTA PRIUS PLUG-IN®, UNE HYBRIDE RECHARGEABLE

M. SOLAIRE, en parcourant le dossier de presse de l'INES, s'est arrêté sur la Toyota Prius Plug-in® hybride. Toujours aussi curieux M. SOLAIRE va vous demander quelques éclaircissements.

1 Présenter à M. SOLAIRE, sous la forme d'un tableau, en précisant les avantages et les inconvénients (lorsqu'ils sont mentionnés), une synthèse sur les accumulateurs au plomb, au Nickel-Cadmium (NiCd) et au nickel métal hydrure (NiMH). Vous pouvez vous aider du document 4.

2. Sur les premières Toyota Hybride Prius®, on trouve un accumulateur « Nickel-métal hydrure (NiMH) ».

Les demi-équations des réactions aux électrodes lors de la décharge sont les suivantes :



Bilan du fonctionnement de l'accumulateur lors de sa décharge :



2.1 Dans cet accumulateur le métal M est un oxydant. Que signifie ce terme ? Préciser le couple oxydant/reducteur auquel il appartient.

2.2 Le métal subit-il une oxydation ou une réduction lors de la décharge ?

2.3 Quelle est la nature du pôle constitué par le métal : positif ou négatif ? Justifier.

2.4 A l'aide de la demi-équation (1), calculer la quantité maximale d'électrons n_e (en mol) pouvant circuler dans le circuit sachant que l'accumulateur contient 23 g d'hydroxyde de Nickel Ni(OH)_2 .

Données : masses atomiques molaires

$$\text{M(Ni)} = 58,7 \text{ g.mol}^{-1} \quad \text{M(O)} = 16,0 \text{ g.mol}^{-1} \quad \text{M(H)} = 1,00 \text{ g.mol}^{-1}$$

2.5 La capacité d'un accumulateur est la quantité maximale d'électricité en coulomb qu'il peut débiter. Montrer qu'elle est voisine de 6,7 A.h.

Rappel : la capacité Q se calcule à l'aide de relation $Q = n_e \times F$

n_e : quantité d'électrons (en mol) qui circule dans le circuit F : Faraday :

$$1F = 96320 \text{ C.mol}^{-1} \quad 1 \text{ A.h} = 3600 \text{ C}$$

2.6 Écrire l'équation de la réaction qui a lieu lors de la charge de l'accumulateur.

2.7 La Toyota Prius Plug-in® est, quant à elle, équipée d'un accumulateur lithium-ion d'énergie $E = 4,40 \text{ kW.h}$ et de tension $U = 207 \text{ V}$. Le temps de recharge complète via une prise de courant classique est $\Delta t = 90$ minutes.

M. SOLAIRE se demande si une « prise 16 A » (supportant un courant d'intensité maximale 16 A) suffit ou s'il faut absolument une « prise 32 A » (utilisée par exemple pour le four d'une cuisine). Calculer l'intensité du courant de charge et répondre à son interrogation.

2.8 En analysant le document 5 et en argumentant, indiquer un critère possible retenu par Toyota pour justifier l'équipement de ses futures Prius® d'accumulateurs lithium-ion plutôt que des accumulateurs Nickel-métal hydrure (NiMH).

DOCUMENT 4 RELATIF A LA QUESTION 1

Bref historique des technologies d'accumulateurs
(D'après dossier de Presse du CEA) :

Jusqu'à la fin des années 1980, les deux principales technologies répandues sur le marché étaient les accumulateurs au plomb (pour le démarrage des véhicules, notamment) et les accumulateurs nickel-cadmium NiCd. Dans la technologie au plomb, les réactions chimiques impliquent l'oxyde de plomb constituant l'électrode positive et le plomb de l'électrode négative, toutes deux plongées dans une solution d'acide sulfurique qui constitue l'électrolyte.

La technologie au plomb comprend plusieurs inconvénients : poids, fragilité, utilisation d'un liquide corrosif. Cela a conduit au développement d'accumulateurs alcalins, de plus grande capacité (quantité d'électricité restituée à la décharge) mais développant une force électromotrice moindre (différence de potentiel aux bornes du système en circuit ouvert). Leurs électrodes sont, soit à base de nickel et de cadmium (technologie NiCd), soit à base d'oxyde de nickel et de zinc, soit à base d'oxyde d'argent couplé à du zinc, du cadmium ou du fer. Toutes ces technologies utilisent une solution de potasse comme électrolyte. Elles se caractérisent par une grande fiabilité, mais leurs densités d'énergie massique restent relativement faibles (30 W.h/kg pour le plomb, 50 W.h/kg pour le nickel-cadmium).

Au début des années 1990, avec la croissance du marché des équipements portables, deux nouvelles filières technologiques ont émergé : les accumulateurs nickel-métal hydrure (NiMH) et les accumulateurs au lithium (Li).

Les premiers, utilisant une électrode positive à base de nickel et une électrode négative constituée d'un alliage absorbant l'hydrogène, toutes deux plongées dans une solution de potasse concentrée, atteignent une densité d'énergie massique de +/- 80 W.h/kg, supérieure d'au moins 30 % à celle des accumulateurs NiCd.

La technologie NiMH, qui équipe aujourd'hui la plupart des véhicules hybrides en circulation - Honda et Toyota notamment -, offre plusieurs avantages par rapport aux technologies précédentes :

- elle ne contient ni cadmium ni plomb, deux matériaux très polluants ;
- elle permet de stocker plus d'énergie que le NiCd.

DOCUMENT 5 RELATIF A LA QUESTION 2.8

Comparatif batteries lithium-ion (Li-ion) et nickel-métal hydrure (NiMH)

| Type | Energie massique (W.h.kg ⁻¹) | Energie volumique (kW.h.m ⁻³) | Nombre de recharges |
|--------|--|---|---------------------|
| NiMH | 60-120 | 140-300 | 300-500 |
| Li-ion | 110-160 | 400-550 | 500-1000 |