

CLASSE : Terminale STI2D

EXERCICE 2 : 6 points

VOIE : Générale

ENSEIGNEMENT : Physique-chimie

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 0h54

CALCULATRICE AUTORISÉE : Oui sans mémoire, « type collège »

EXERCICE 2

Le robot d'assistance à la personne Romeo

1.

Association en série : L'association en série, de batteries identiques, permet de multiplier la tension, mais la capacité résultante sera celle d'une seule batterie.

Le pack batterie doit avoir une tension nominale de 48 V, la tension nominale d'un accumulateur est 3,2 V.

$$U_{\text{totale}} = N \times U_{\text{accumulateur}}$$

$$N \times U_{\text{accumulateur}} = U_{\text{totale}}$$

$$N = \frac{U_{\text{totale}}}{U_{\text{accumulateur}}}$$

$$N = \frac{48}{3,2}$$

$$N = 15$$

Il faut 15 accumulateurs à placer en série pour obtenir le pack batterie complet qui alimente le robot Romeo.

Association en parallèle : L'association en parallèle permet de multiplier la capacité, mais la tension résultante sera celle d'une seule batterie.

Le pack batterie doit avoir une capacité nominale de 3300 mA.h, la capacité nominale d'un accumulateur est 1100 mA.h.

$$C_{\text{totale}} = N' \times C_{\text{accumulateur}}$$

$$N' \times C_{\text{accumulateur}} = C_{\text{totale}}$$

$$N' = \frac{C_{\text{totale}}}{C_{\text{accumulateur}}}$$

$$N' = \frac{3300}{1100}$$

$$N' = 3$$

Il faut 3 accumulateurs à placer en parallèle pour obtenir le pack batterie complet qui alimente le robot Romeo.

Conclusion : il faut 3 branches en parallèle contenant chacune 15 accumulateurs à placer en série. Soit un total de $3 \times 15 = 45$ accumulateurs.

2.

La masse d'un accumulateur est 38,8 g.

$$m_{\text{totale}} = N_{\text{totale}} \times m_{\text{accumulateur}}$$

$$m_{\text{totale}} = 45 \times 38,8$$

$$m_{\text{totale}} = 1,75 \times 10^3 \text{ g}$$

$$m_{\text{totale}} = 1,75 \text{ Kg}$$

3.

L'énergie stockée dans une batterie, notée Q (en W.h), est égale au produit de la capacité C (en A) de cette batterie par sa tension nominale U (en Volts).

$$Q = C \times U$$

$$Q = 3300 \times 10^{-3} \times 48$$

$$Q = 158 \text{ Wh}$$

4.

Energie massique en $\text{Wh}\cdot\text{kg}^{-1}$:

$$E_m = \frac{Q}{m}$$

$$E_m = \frac{158}{1,75}$$

$$E_m = 90 \text{ Wh}\cdot\text{kg}^{-1}$$

Spécifications	Pb	NiCd	NiMH	LiFePO ₄
Energie massique en $\text{Wh}\cdot\text{kg}^{-1}$	40	60	80	90
Durée de vie en nombre de charge/décharge (pour un taux de décharge de 80 %)	250	1000	400	1500

Pour assurer l'autonomie énergétique du robot Romeo, seul la technologie LiFePO₄ possède une énergie massique de $90 \text{ Wh}\cdot\text{kg}^{-1}$. Les autres technologies nécessitent une masse plus importante ce qui alourdirait le robot.

De plus, c'est la technologie qui possède la plus importante durée de vie en nombre de charge/décharge.

Ainsi, la batterie devra être remplacée au bout d'un grand nombre de charge contrairement aux autres technologies.

5.

$$C = I \times \Delta t$$

$$I \times \Delta t = C$$

$$\Delta t = \frac{C}{I}$$

$$\Delta t = \frac{3300 \times 10^{-3}}{2,8}$$

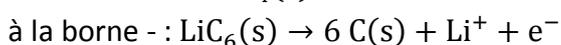
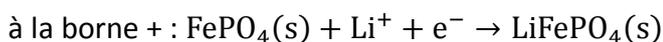
$$\Delta t = 1,18 \text{ h}$$

$$\Delta t = 70 \text{ min}$$

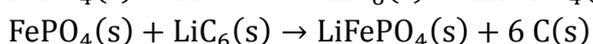
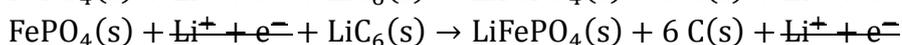
L'autonomie de fonctionnement du robot est de 70 min. l'autonomie est faible.

6.

Lors de la décharge d'un accumulateur LiFePO₄, les équations modélisant les transformations électrochimiques qui se produisent aux électrodes sont les suivantes :



L'équation de la réaction modélisant la décharge de l'accumulateur s'écrit :



7.

à la borne - : $\text{LiC}_6(\text{s}) \rightarrow 6 \text{C}(\text{s}) + \text{Li}^+ + \text{e}^-$, on observe une perte d'électron donc une oxydation.

8.

$$Q = n_{\text{e}^-} \times F$$

$$n_{\text{e}^-} \times F = Q$$

$$n_{\text{e}^-} = \frac{Q}{F}$$

$$n_{\text{e}^-} = \frac{1100 \times 10^{-3} \times 3600}{9,65 \times 10^4}$$

$$n_{\text{e}^-} = 4,10 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

Il faut $n_{\text{e}^-} = 4,10 \times 10^{-2}$ mol d'électrons que doit faire circuler l'accumulateur lors de sa décharge complète.

9.

à la borne + : $\text{FePO}_4(\text{s}) + \text{Li}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{LiFePO}_4(\text{s})$

$$\frac{n_{\text{FePO}_4}}{1} = \frac{n_{\text{e}^-}}{1}$$

$$n_{\text{FePO}_4} = n_{\text{e}^-}$$

Or

$$n_{\text{FePO}_4} = \frac{m_{\text{FePO}_4}}{M_{\text{FePO}_4}}$$

D'où

$$\frac{m_{\text{FePO}_4}}{M_{\text{FePO}_4}} = n_{\text{e}^-}$$

$$m_{\text{FePO}_4} = n_{\text{e}^-} \times M_{\text{FePO}_4}$$

$$m_{\text{FePO}_4} = 4,10 \times 10^{-2} \times (55,8 + 31,0 + 4 \times 16,0)$$

$$m_{\text{FePO}_4} = 6,18 \text{ g}$$

à la borne - : $\text{LiC}_6(\text{s}) \rightarrow 6 \text{C}(\text{s}) + \text{Li}^+ + \text{e}^-$

$$\frac{n_{\text{LiC}_6}}{1} = \frac{n_{\text{e}^-}}{1}$$

$$n_{\text{LiC}_6} = n_{\text{e}^-}$$

Or

$$n_{\text{LiC}_6} = \frac{m_{\text{LiC}_6}}{M_{\text{LiC}_6}}$$

D'où

$$\frac{m_{\text{LiC}_6}}{M_{\text{LiC}_6}} = n_{\text{e}^-}$$

$$m_{\text{LiC}_6} = n_{\text{e}^-} \times M_{\text{LiC}_6}$$

$$m_{\text{LiC}_6} = 4,10 \times 10^{-2} \times (6,9 + 6 \times 12,0)$$

$$m_{\text{LiC}_6} = 3,23 \text{ g}$$

Il faut 6,18 g à l'électrode FePO_4 et 3,23 g à l'électrode LiC_6 .

10.

$$U_{0m} = \frac{48,6 + 48,4 + 49,6 + 49,0 + 47,8 + 50,0 + 48,4 + 49,7 + 49,0 + 48,6}{10}$$

$$U_{0m} = 48,9 \text{ V}$$

11.

Avec la fonction statistique de la calculatrice :

$$\sigma_{n-1} = 0,687$$

12.

$$u(U_{0m}) = \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$$

$$u(U_{0m}) = \frac{0,687}{\sqrt{10}}$$

$$u(U_{0m}) = 0,22 \text{ V}$$

13.

$$\frac{|U_{0m} - U_{ref}|}{u(U_{0m})} = \frac{|48,9 - 48,0|}{0,22} = 4$$

La valeur du rapport est supérieure à 1, alors la mesure n'est pas compatible avec la valeur de référence.

Ce pack batterie n'est pas conforme.