

EXERCICE 2 commun à tous les candidats (6 points)

(physique-chimie)

Le robot d'assistance à la personne Romeo

Développé par l'entreprise française Aldebaran Robotics, cet androïde mesure 1,40 m, pèse 40 kg et se veut « un véritable assistant et compagnon personnel » pour les personnes âgées. Romeo peut évidemment marcher, voir en trois dimensions et faire la conversation...

D'après <https://www.rtflash.fr>



D'après

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Romeo_\(robot\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Romeo_(robot))

L'énergie utilisée par Romeo est stockée à l'emplacement du cœur et des poumons d'un humain. Elle provient d'un assemblage d'accumulateurs connectés en série et en parallèle. Cet assemblage sera désigné sous le nom de « pack batterie ».

Le pack batterie doit avoir une tension nominale de 48 V et une capacité nominale de 3300 mA·h. Les accumulateurs BM18650ETC1 qui le composent sont décrits ci-dessous.

Accumulateur de forte puissance BM18650ETC1

(d'après documentation BMZ GMBH)



Pack batterie constitué de plusieurs accumulateurs BM18650ETC1

Technologie : Lithium Fer Phosphate (LiFePO_4)

Caractéristiques d'un accumulateur :

Masse : 38,8 g

Tension nominale : 3,2 V

Capacité nominale : 1100 mA·h

1. Déterminer le nombre d'accumulateurs à placer en série et en parallèle pour obtenir le pack batterie complet qui alimente le robot Romeo. Justifier votre réponse.

Pour la suite de l'exercice, on admet que le pack batterie est constitué de 45 accumulateurs au Lithium Fer Phosphate LiFePO_4 .

2. Déterminer la masse du pack batterie.
3. Déterminer l'énergie que peut fournir le pack batterie.

On donne ci-dessous le tableau comparatif de quelques technologies d'accumulateurs :

Spécifications	Pb	NiCd	NiMH	LiFePO ₄
Energie massique en Wh·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

D'après <https://fr.wikipedia.org>

4. Justifier le choix de la technologie LiFePO₄ pour assurer l'autonomie énergétique du robot Romeo.
5. En considérant que la valeur moyenne de l'intensité du courant débité est de 2,8 A, déterminer l'autonomie de fonctionnement du robot. Exprimer le résultat en minute. Commenter.

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

- à la borne + : $\text{FePO}_4 (\text{s}) + \text{Li}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{LiFePO}_4 (\text{s})$
- à la borne - : $\text{LiC}_6 (\text{s}) \rightarrow 6 \text{C} (\text{s}) + \text{Li}^+ + \text{e}^-$

Données :

- Constante de Faraday : $F = 9,65 \cdot 10^4 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$
- $1 \text{ A} \cdot \text{h} = 3600 \text{ C}$
- Masses molaires atomiques : $M(\text{Fe}) = 55,8 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $M(\text{P}) = 31,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$;
 $M(\text{O}) = 16,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $M(\text{Li}) = 6,9 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $M(\text{C}) = 12,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- La quantité d'électricité Q , exprimée en coulombs (C) et la quantité de matière d'électrons $n(\text{e}^-)$ transférés, exprimée en moles (mol), pendant le fonctionnement d'un accumulateur sont liées par :

$$Q = n(\text{e}^-) \times F$$

6. Écrire l'équation de la réaction modélisant la décharge de l'accumulateur.

7. Lors de la décharge de l'accumulateur, préciser si l'on observe, à la borne négative, une réaction d'oxydation ou de réduction. Justifier votre réponse.
8. On rappelle que la capacité nominale d'un accumulateur est de 1100 mA·h. Déterminer la quantité de matière d'électrons que doit faire circuler l'accumulateur lors de sa décharge complète.
9. En déduire la masse nécessaire de chacune des électrodes FePO_4 et LiC_6 présentes dans un accumulateur.

Afin de déterminer la tension à vide du pack batterie, on a mesuré 10 fois cette grandeur à l'aide d'un voltmètre. Les mesures obtenues sont les suivantes :

Mesure n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U_0(\text{V})$	48,6	48,4	49,6	49,0	47,8	50,0	48,4	49,7	49,0	48,6

10. Déterminer la valeur moyenne U_{0m} des 10 mesures de la tension à vide.
11. Déterminer l'écart-type expérimental σ_{n-1} (aussi noté Sx) lié à la mesure de la tension à vide.

On rappelle que si un opérateur effectue n mesures dans les mêmes conditions, l'incertitude-type de la valeur moyenne se calcule à l'aide de l'expression suivante :

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

où σ_{n-1} représente l'écart-type expérimental.

12. En déduire la valeur de l'incertitude-type par une approche statistique (type A) sur la moyenne U_{0m} de la tension à vide.

Un technicien de l'entreprise Aldebaran Robotics décide de contrôler le pack batterie pour l'un des robots. Il utilise le même multimètre que précédemment et effectue une moyenne sur 10 mesures. Il détermine une valeur moyenne $U_{0m} = 48,9 \text{ V}$. La tension de référence est $48,0 \text{ V}$.

13. Comparer la valeur moyenne mesurée et la valeur de référence en nombre d'incertitudes-types les séparant. Conclure quant à la conformité de ce pack batterie.