

CLASSE : Terminale

EXERCICE 3 : 5 points

VOIE : Générale

ENSEIGNEMENT : physique-chimie

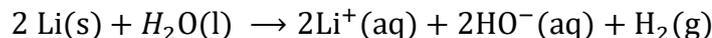
DURÉE DE L'ÉPREUVE : 0h53

CALCULATRICE AUTORISÉE : Oui sans mémoire, « type collège »

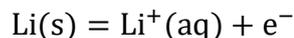
EXERCICE 3 Batterie Lithium - Soufre

1. Le lithium

Q1.



Le lithium Li se transforme en Li^+ selon la demi équation :



Le lithium Li perd des électrons : c'est un réducteur.

Q2.

Calculons la quantité initiale de lithium :

$$n_{\text{lithium}}^i = \frac{m_{\text{lithium}}}{M_{\text{lithium}}}$$

$$n_{\text{lithium}}^i = \frac{0,5}{6,9}$$

$$n_{\text{lithium}}^i = 7,2 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

Équation	$2 \text{Li(s)} + \text{H}_2\text{O(l)} \rightarrow 2\text{Li}^+(\text{aq}) + 2\text{HO}^-(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{g})$				
État initial	$7,2 \times 10^{-2}$	Excès	0	0	0
État intermédiaire	$7,2 \times 10^{-2} - 2x$	Excès	2x	2x	x
État final	$7,2 \times 10^{-2} - 2x_f$	Excès	$2x_f$	$2x_f$	x_f

$$7,2 \times 10^{-2} - 2x_{\text{max}} = 0$$

$$-2x_{\text{max}} = -7,2 \times 10^{-2}$$

$$x_{\text{max}} = \frac{7,2 \times 10^{-2}}{2}$$

$$x_{\text{max}} = 3,6 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

D'après l'énoncé le lithium réagit totalement avec l'eau : $x_f = x_{\text{max}} = 3,6 \times 10^{-2} \text{ mol}$

$$n_{\text{H}_2} = \frac{V_{\text{H}_2}}{V_m}$$

$$\frac{V_{\text{H}_2}}{V_m} = n_{\text{H}_2}$$

$$V_{\text{H}_2} = n_{\text{H}_2} \times V_m$$

Or

$$n_{\text{H}_2} = x_f$$

D'où

$$V_{\text{H}_2} = x_f \times V_m$$

$$V_{\text{H}_2} = 3,6 \times 10^{-2} \times 24,4$$

$$V_{\text{H}_2} = 0,88 \text{ L}$$

0,88L de dihydrogène est formé lors de cette réaction.

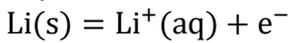
Le lithium réagit spontanément avec l'eau et produit du dihydrogène. Or, le dihydrogène est un gaz qui peut exploser avec une flamme ou une étincelle.

C'est pourquoi, on utilise un électrolyte organique anhydre (sans eau) dans une telle batterie.

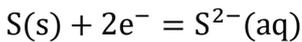
2. La batterie lithium – soufre

Q3.

Le lithium est à la borne négative de la pile. La borne négative libère des électrons. Le lithium Li subit une oxydation :



Le soufre est à la borne positive de la pile. Les électrons arrivent sur la borne positive. Le soufre S subit une réduction :



Q4.

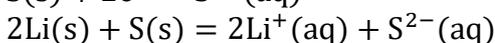
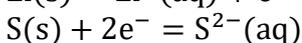
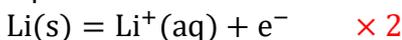
Sens du courant électrique : le courant électrique circule de la borne positive vers la borne négative de la pile.

Sens de déplacement des électrons dans les fils électriques reliant la pile au téléphone : les électrons circulent de la borne négative vers la borne positive de la pile.

Sens de déplacement des ions formés dans l'électrolyte : les ions Li^+ sont formés à l'électrode de lithium, ils quittent cette borne. Les ions S^{2-} sont formés à l'électrode de soufre, ils quittent cette borne.

Q5.

Équation de fonctionnement de la pile :



La question nous indique la formation d'un précipité dans la pile. Le précipité est un solide ionique formé à partir des ions Li^+ et S^{2-} : Li_2S .

Équation de fonctionnement de la pile en tenant compte de la formation d'un précipité dans la pile :

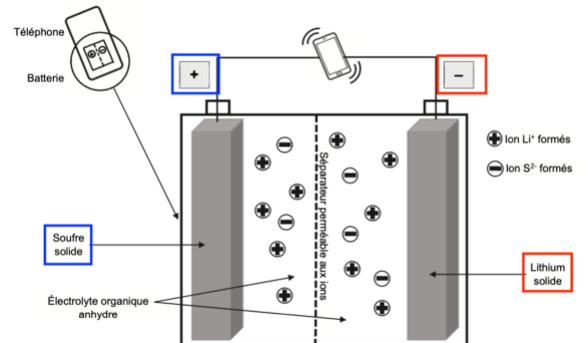
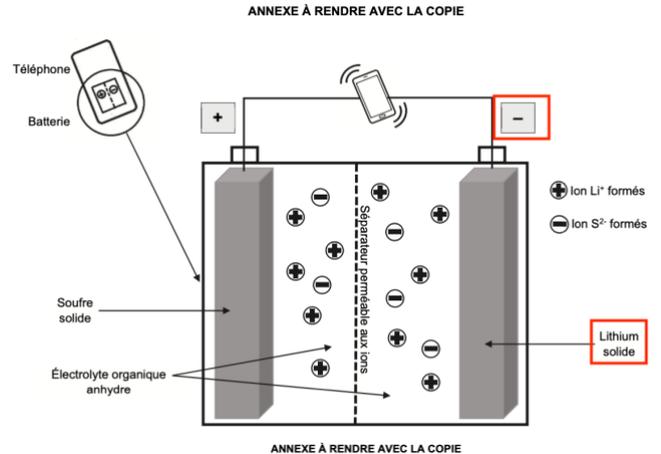
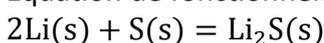


Figure 1. Schéma simplifié de la batterie lithium-soufre lors de sa décharge

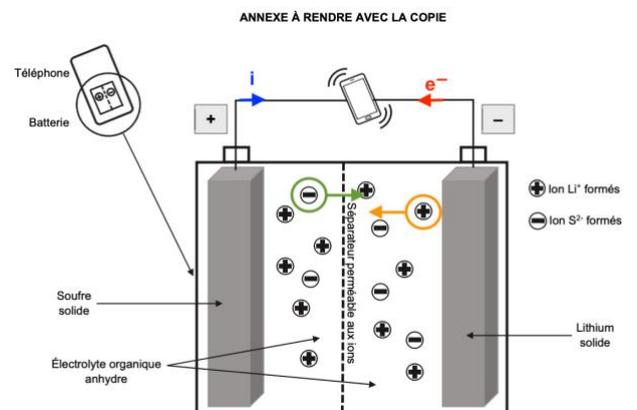


Figure 1. Schéma simplifié de la batterie lithium-soufre lors de sa décharge

Q6.

$$Q = I \times \Delta t$$

$$I \times \Delta t = Q$$

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

$$\Delta t = \frac{3500 \times 10^{-3}}{0,55}$$

$$\Delta t = 6,4 \text{ h}$$

$$\Delta t = 6 \text{ h } 24 \text{ min}$$

Dans ces conditions, la durée d'utilisation de la batterie lithium – ion est de 6h 24 min.

Q7.

D'après le sujet : « La capacité massique moyenne par gramme de matière active d'une batterie lithium – ion a pour valeur $Q_{\text{massique}} = 300 \text{ mAh} \cdot \text{g}^{-1}$. »

Méthode 1 :

$$Q_{\text{massique}} = \frac{Q}{m_{\text{active}}}$$

$$Q_{\text{massique}} \times m_{\text{active}} = Q$$

$$m_{\text{active}} = \frac{Q}{Q_{\text{massique}}}$$

$$m_{\text{active}} = \frac{3500}{300}$$

$$m_{\text{active}} = 11,6 \text{ g}$$

Ainsi, une batterie lithium – ion neuve contient environ 12 g de matière active.

Méthode 2 :

300 mAh	1 g
3 500 mAh	m_{active}

$$m_{\text{active}} = \frac{3500 \times 1}{300}$$

$$m_{\text{active}} = 11,6 \text{ g}$$

Ainsi, une batterie lithium – ion neuve contient environ 12 g de matière active.

Q8.

Déterminons la capacité massique par gramme de soufre actif de la batterie lithium – soufre, exprimée en $\text{mAh} \cdot \text{g}^{-1}$:

$$Q_{\text{massique}} = \frac{Q}{m_{\text{active}}}$$

Or

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

D'où

$$Q_{\text{massique}} = \frac{n(e^-) \times F}{m_{\text{active}}}$$

D'après la demi équation : $\text{S}(s) + 2e^- = \text{S}^{2-}(aq)$

$$\frac{n(e^-)}{2} = \frac{n(\text{S})}{1}$$

$$n(e^-) = 2 \times n(\text{S})$$

D'où

$$Q_{massique} = \frac{2 \times n(S) \times F}{m_{active}}$$

Or

$$n(S) = \frac{m(S)}{M(S)}$$

D'où

$$Q_{massique} = \frac{2 \times \frac{m(S)}{M(S)} \times F}{m_{active}}$$
$$Q_{massique} = \frac{2 \times m(S) \times F}{m_{active} \times M(S)}$$
$$Q_{massique} = \frac{2 \times F}{M(S)}$$
$$Q_{massique} = \frac{2 \times 96\,500}{32,1}$$
$$Q_{massique} = 6,0 \times 10^3 \text{ C} \cdot \text{g}^{-1}$$

D'après les données : « la capacité d'une pile peut être exprimée en milliampère-heure : 1 mAh = 3,6 C. »

$$Q_{massique} = \frac{6,0 \times 10^3}{3,6}$$
$$Q_{massique} = 1,7 \times 10^3 \text{ mAh} \cdot \text{g}^{-1}$$

Calculons sa durée d'utilisation par gramme de soufre actif si elle débite un courant d'intensité $I = 0,55 \text{ A}$ supposée constante :

$$Q = I \times \Delta t$$

$$I \times \Delta t = Q$$

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

$$\Delta t = \frac{1,7 \times 10^3 \times 10^{-3}}{0,55}$$

$$\Delta t = 3,1 \text{ h}$$

$$\Delta t = 3 \text{ h } 5 \text{ min}$$

A la question Q6 nous avons déterminé une durée de $\Delta t = 6,4 \text{ h}$ pour une pile de 12 g de matière active.

$$\text{Pour } 1 \text{ g de matière active : } \Delta t_{ion} = \frac{\Delta t}{12} = 0,53 \text{ h}$$

Comparons les autonomies pour les batteries lithium-ion et lithium soufre :

$$\frac{\Delta t_{souffre}}{\Delta t_{ion}} = \frac{3,1}{0,53} = 5,8$$

Ainsi, la capacité de la pile lithium-soufre est 5,8 fois plus grande que celle de la batterie lithium ion. Pour une même masse de soufre, l'autonomie est plus grande.