

ACTIVITÉ 2.2.4. STOCKAGE D'ÉNERGIE

Les modes de production et de consommation de l'électricité imposent son stockage, plus ou moins efficace, sous d'autres formes.

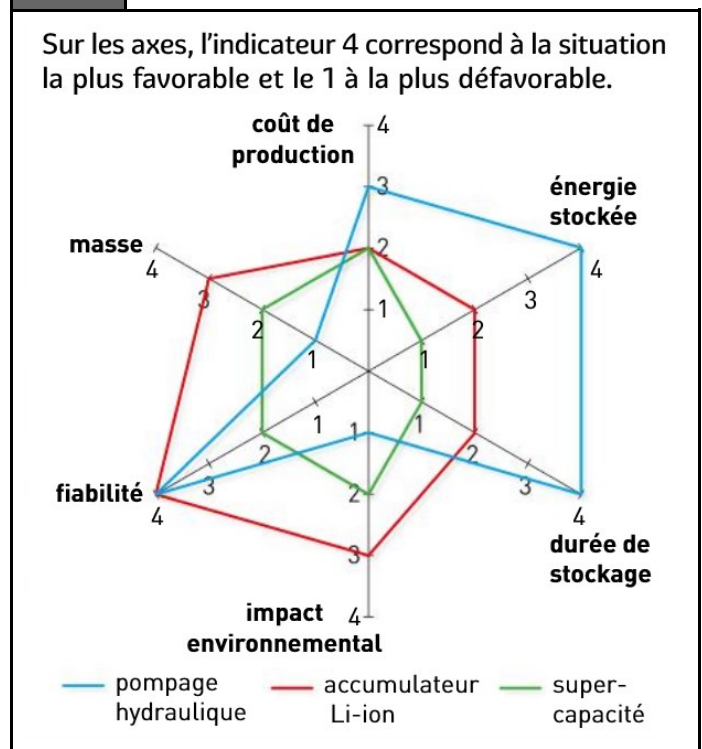
Objectif de l'activité : Comparer différents dispositifs de stockage d'énergie selon différents critères (masses mises en jeu, capacité et durée de stockage, impact écologique).

I. Quelques modes de stockage de l'énergie

Doc. 1 Exemples de dispositifs de stockage

Forme d'énergie	Dispositif de stockage * courte durée □ durée moyenne ♣ longue durée
électrique	<ul style="list-style-type: none"> ▪ super-capacités * ▪ supraconducteurs *
mécanique	<ul style="list-style-type: none"> ▪ pompage hydraulique □ ▪ air comprimé ♣ ▪ volants d'inertie *
thermique	<ul style="list-style-type: none"> ▪ vapeur d'eau □ ▪ ballon d'eau chaude □
chimique	<ul style="list-style-type: none"> ▪ accumulateurs lithium-ion □ ▪ accumulateurs au plomb □ ▪ piles à hydrogène ♣

Doc. 2 Comparaison de quelques dispositifs



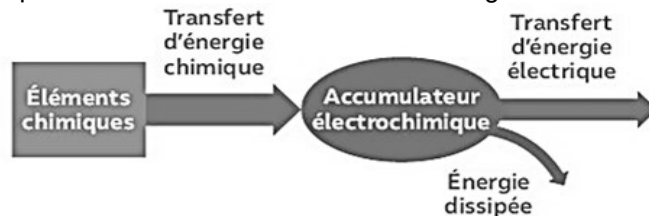
1. En s'inspirant des conditions de fonctionnement des panneaux solaires ou des éoliennes, indiquer pourquoi le stockage de l'énergie est essentiel.
2. À l'aide du document 2, indiquer pourquoi l'essor des énergies renouvelables doit s'accompagner de progrès dans le domaine du stockage.
3. Indiquer s'il existe un mode de stockage idéal. Justifier. (doc.2)

II. Comparaison accumulateur Li-ion / supercondensateur

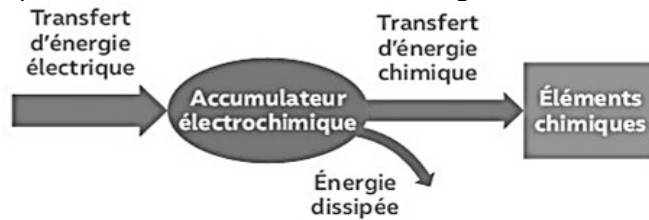
Doc. 3 Principes de fonctionnement

Un accumulateur électrochimique délivre de l'électricité lors de sa décharge en convertissant de l'énergie chimique en énergie électrique. Lors de sa charge, les espèces chimiques consommées lors de la production électrique sont reformées, c'est-à-dire que de l'énergie est stockée en convertissant de l'énergie électrique en énergie chimique. Dans un super condensateur, il n'y a pas de transformation chimique, c'est un champ électrique qui déplace quasi-instantanément des ions, stockant ainsi de l'énergie, ce qui permet à un véhicule électrique équipé d'un supercondensateur de se charger intégralement en quelques secondes ; De plus, les supercondensateurs ont un rendement et une cyclabilité supérieurs à ceux des accumulateurs électrochimiques lithium-ion par exemple (rendement de 0,98 pour un supercondensateur contre 0,90 maximum pour un accumulateur électrochimique, et nombre de cycle charge-décharge compris entre cinq cent mille et vingt millions pour un supercondensateur contre environ mille pour un accumulateur électrochimique). Cependant, les supercondensateurs sont plus chers et ont aujourd'hui une capacité vingt-cinq fois plus faible que celle d'un accumulateur électrochimique, même si cette capacité pourrait être augmentée en intégrant des ions lithium dans ces supercondensateurs.

Chaîne de conversion énergétique d'un accumulateur lors de la décharge :





Chaîne de conversion énergétique d'un accumulateur lors de la charge :



Doc. 4 Caractéristiques techniques

Les caractéristiques d'un supercondensateur et d'un accumulateur lithium-ion, deux dispositifs stockant de l'énergie, sont données dans le tableau suivant :

le supercondensateur		l'accumulateur lithium-ion	
$U = 3,0 \text{ V}$		$U = 3,6 \text{ V}$	
capacité $C = 3\,000 \text{ F}$		charge électrique : $Q = 2,9 \text{ A}\cdot\text{h}$	
$m = 520 \text{ g}$		$m = 47 \text{ g}$	
temps de charge : 5 s		temps de charge : 4 h	

Doc. 5 Données électriques

Énergie emmagasinée par un supercondensateur :

$$\varepsilon = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2$$

Énergie emmagasinée par un accumulateur :

$$\varepsilon = Q \cdot U$$

avec ε en joules (J), C en farads (F), U en volts (V), Q en coulombs (C).

- 1 A·h = 3 600 C
- 1 W·h = 3 600 J

- Calculer puis comparer entre elles les valeurs de l'énergie emmagasinée dans chaque dispositif.
- En déduire l'énergie massique de chaque dispositif. Comparer.
- Comparer les durées de charge.
- Comparer les durées de vie.

Correction et bilan ACTIVITÉ 2.2.4. Stockage d'énergie 

1. À chaque instant de la journée ou de l'année, la production n'est pas toujours adaptée à la consommation : il faut donc stocker.

2. La production renouvelable, intermittente et soumise aux aléas météorologiques (pas de production photovoltaïque la nuit et peu en hiver, pas de production éolienne sans vent...) ne parvient pas à suivre les fluctuations (quotidiennes ou saisonnières) de la demande.

3. Il n'existe pas de mode de stockage idéal, il s'agit de choisir le meilleur compromis entre différents facteurs (comme le coût, la quantité, la durée, la fiabilité, l'encombrement, l'impact...).

4. Dans le supercondensateur : $\mathcal{E} = \frac{1}{2} \times C \times U^2 = 0,5 \times 3\,000 \times 3,0^2 = 1,35 \times 10^4 \text{ J}$.

Dans l'accumulateur : $\mathcal{E} = Q \times U = 2,9 \times 3\,600 \times 3,6 = 3,76 \times 10^4 \text{ J}$.

L'accumulateur stocke presque 3 fois plus d'énergie que le supercondensateur ($3,76/1,35=2,79$).

5. Pour le supercondensateur : $\frac{\mathcal{E}}{m} = 1,35 \times 10^4 \text{ J} / 520 \text{ g} = 26 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$;

pour l'accumulateur : $\frac{\mathcal{E}}{m} = 3,76 \times 10^4 \text{ J} / 47 \text{ g} = 800 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$;

l'énergie massique de l'accumulateur est environ 31 fois ($800/26$) plus grande que celle du supercondensateur.

6. Pour le supercondensateur : $\Delta t = 5 \text{ s}$; pour l'accumulateur : $\Delta t = 4 \text{ h} = 4 \times 3\,600 \text{ s} = 14\,400 \text{ s}$;
le supercondensateur se charge $14\,400/5 = 2\,880$ fois plus vite que l'accumulateur.

7. D'après le doc.3, un supercondensateur supporte entre 5×10^5 et 2×10^7 cycles charge-décharge alors qu'un accumulateur en supporte environ 10^3 : la durée de vie du supercondensateur est donc 500 à 20 000 fois plus longue que celle de l'accumulateur.

Bilan :

Pour faire face à l'intermittence liée à certains modes de production ou à la consommation, l'énergie électrique doit être convertie sous une forme stockable :

- énergie chimique (accumulateurs, communément appelés à tort « batteries ») ;
- énergie potentielle (stockage d'eau en hauteur dans les barrages) ;
- énergie électromagnétique (stockage de charges électriques dans les super-capacités ou supercondensateurs).

