

5

OBJECTIF
Comparer différents dispositifs de stockage

DIFFÉRENTS DISPOSITIFS DE STOCKAGE DE L'ÉNERGIE

La conversion de l'énergie électrique sous des formes stockables permet de répondre aux problèmes de l'intermittence de certaines sources d'énergie et de la fluctuation de la demande. Il existe différentes technologies de stockage.

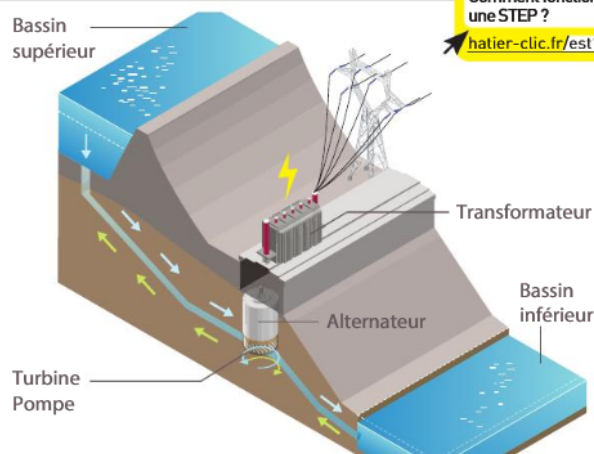
Quels sont les différents dispositifs de stockage de l'énergie ?

1 Les stations de transfert d'énergie par pompage (STEP)

Une station de transfert d'énergie par pompage (STEP) permet de convertir l'énergie électrique en énergie potentielle de position : un surplus d'électricité sur le réseau sert à pomper l'eau d'un bassin inférieur vers un bassin supérieur (phase de pompage). En fonction de la demande, l'énergie électrique est obtenue en relâchant l'eau à travers la turbine (phase de turbinage).

Il s'agit de la solution la plus répandue pour convertir l'énergie électrique lors de surproduction. En France, il existe six grandes STEP. Elles disposent d'une durée de vie supérieure à 40 ans. Leur rendement est élevé, autour de 80 %, sur un cycle pompage-turbinage ; cela signifie que pour obtenir 1 Wh lors de la phase de turbinage, une STEP a préalablement utilisé près de 1,25 Wh pour pomper l'eau.

Leur densité énergétique est relativement faible : 1 000 kg d'eau (1 m^3) à une altitude de 100 m possède une énergie potentielle de position de 272 Wh. Les STEP doivent donc utiliser de très importants volumes d'eau pour produire une quantité significative d'énergie.



Vidéo
Comment fonctionne une STEP ?
hatier-clic.fr/est134a

À SAVOIR

La densité énergétique d'un système de stockage est égale au rapport de la quantité d'énergie par la masse de matière nécessaire pour stocker cette énergie : $\frac{\text{Quantité d'énergie (en J)}}{\text{Masse de matière (en kg)}}$
Elle s'exprime en J kg^{-1} ou Wh kg^{-1} , unité plus usuelle ($1 \text{ Wh} = 3600 \text{ J}$).

2 Les batteries

Les batteries sont des ensembles d'accumulateurs qui permettent de convertir l'énergie électrique en énergie chimique. L'île de Kauai (Hawaii) dispose d'une centrale photovoltaïque reliée à une ferme de batteries capable de stocker une énergie de 52 MWh. L'inconvénient majeur des batteries est leur vieillissement : des transformations chimiques entre les électrodes et l'électrolyte se traduisent par des pertes de densité énergétique.

| Durée de charge/décharge | Densité énergétique | Rendement | Durée de vie | Pertes par auto-décharge |
|--------------------------|--------------------------------------|-----------|-------------------------------------|---|
| Jusqu'à plusieurs heures | Entre 90 et 180 Wh kg^{-1} | 70 à 80 % | Entre 400 et 2 000 cycles de charge | Baisse de 5 % de densité énergétique/mois |



Réseau électrique simplifié de l'île de Kauai.

Vidéo
La centrale photovoltaïque
hatier-clic.fr/est134b

QUESTIONS

- Représenter** le diagramme énergétique d'une STEP en phase de turbinage, puis en phase de pompage.
- Vérifier** que le rendement d'une STEP lors du cycle pompage-turbinage est 80 %.
- Une STEP utilise une énergie électrique de 1,5 MWh lors de la phase de pompage d'une masse d'eau. **Calculer** la quantité d'énergie électrique obtenue lors du turbinage de cette même quantité d'eau.
- Déterminer** la durée maximale d'utilisation de la ferme de batteries de l'île de Kauai lorsqu'elle délivre une puissance moyenne de 5 MW.

3 Les supercondensateurs

Les supercondensateurs convertissent l'énergie électrique en énergie potentielle électrostatique : soumis à une tension électrique en phase de charge, des anions et des cations présents dans un électrolyte s'accumulent respectivement sur chacune des deux électrodes de carbone. Lors de la décharge, le déplacement des ions crée un courant électrique.

| Durée de charge/décharge | Densité énergétique | Rendement | Durée de vie | Pertes par auto-décharge |
|--------------------------|-------------------------------------|------------------|-------------------------------|--|
| Quelques secondes | Entre 0,5 et 10 Wh·kg ⁻¹ | Supérieur à 80 % | 1 million de cycles de charge | Baisse de 50 % de densité énergétique/mois |

Les supercondensateurs sont utilisés dans les démarreurs des trains, les systèmes d'orientation des pales d'éoliennes ou pour alimenter le dispositif de redémarrage automatique d'un moteur. Leur excellente réactivité promet une utilisation de plus en plus fréquente pour stocker temporairement et à grande échelle les surplus d'énergie électrique issus des sources renouvelables.



Supercondensateurs utilisés dans les éoliennes.

Vidéos

Fonctionnement d'un supercondensateur

hatier-clic.fr/est135a
hatier-clic.fr/est135b

4 Des réseaux flexibles pour intégrer les dispositifs de stockage

De plus en plus de systèmes d'obtention d'énergie électrique issue de sources renouvelables sont intégrés aux réseaux de distribution. Mais leur intermittence perturbe la stabilité de ces derniers, d'où la nécessité d'intégrer des dispositifs de stockage qui vont compenser ces fluctuations.

Cela implique une grande flexibilité : des réseaux connectés, « intelligents », nommés « *smart grids* », voient ainsi le jour. Leur rôle est d'adapter en permanence la production, la distribution et la demande instantanée en électricité. Les *smart grids* permettraient par exemple de charger sa voiture électrique au moment où de l'énergie électrique issue d'une centrale photovoltaïque locale est disponible plutôt qu'avec l'énergie électrique provenant d'une centrale thermique lointaine.

Des schémas de réseaux mondiaux sont à l'étude, afin de mettre en relation des régions riches en ressources éoliennes, hydrauliques et solaires. Le fonctionnement de ces réseaux nécessite toutefois des technologies numériques performantes, consommatrices de métaux rares.

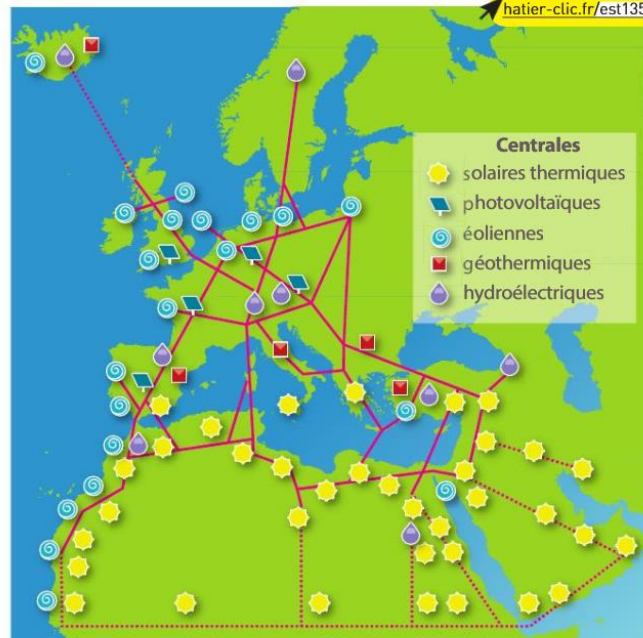


Schéma théorique d'un réseau d'interconnexion.

Vidéo

Smartgrids

hatier-clic.fr/est135c

QUESTIONS

- À masse égale, quel dispositif permet de stocker le maximum d'énergie ?
- Pourquoi les *smart grids* contribuent-ils à une meilleure gestion de l'énergie électrique ?
- Comparer les différents dispositifs de stockage de l'énergie en **décrivant** les avantages et les inconvénients de chacun.

➔ Pour approfondir : ex. 15 et 16 p. 143

Penser la science

Exercer son esprit critique

Dans son ouvrage *La troisième révolution industrielle* (Les Liens qui libèrent, 2012), Jeremy Rifkin montre comment les sources d'énergie renouvelables associées aux technologies numériques vont permettre de créer un nouveau système économique. Dans son argumentaire, il ne cite pas les problèmes liés à l'utilisation massive de métaux rares.

- Pourquoi ce parti pris pose-t-il question ?

➔ Développer son esprit critique p. 24