

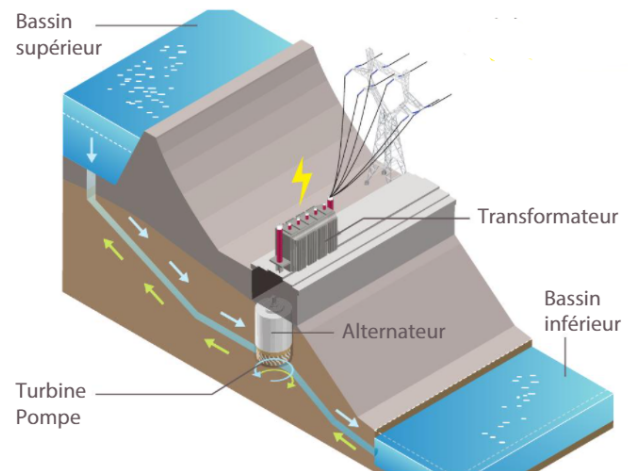
## Activité Différents dispositifs de stockage

### Les STEP Stations de Transfert d'Énergie par Pompage (phase de pompage et turbinage)

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<sup>3</sup>) 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.



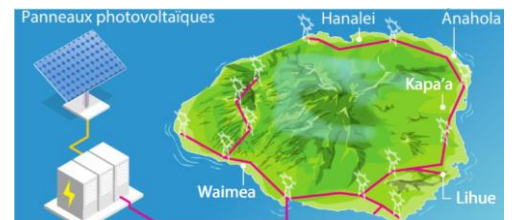
#### À SAVOIR

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<sup>-1</sup> ou Wh·kg<sup>-1</sup>, unité plus usuelle (1 Wh = 3600 J).

### Vidéo : Comment fonctionne une station de transfert d'énergie par pompage (STEP) - EDF - YouTube

### Les batteries et accumulateurs (conversion énergie électrique en énergie chimique)

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 <sup>-1</sup>	70 à 80 %	Entre 400 et 2 000 cycles de charge	Baisse de 5 % de densité énergétique/mois



**1 Représenter** le diagramme énergétique d'une STEP en phase de turbinage, puis en phase de pompage.

**2 Vérifier** que le rendement d'une STEP lors du cycle pompage-turbinage est 80 %.

**3** 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.

**4 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.

## Les supercondensateurs (conversion énergie électrique en énergie électrostatique)

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.

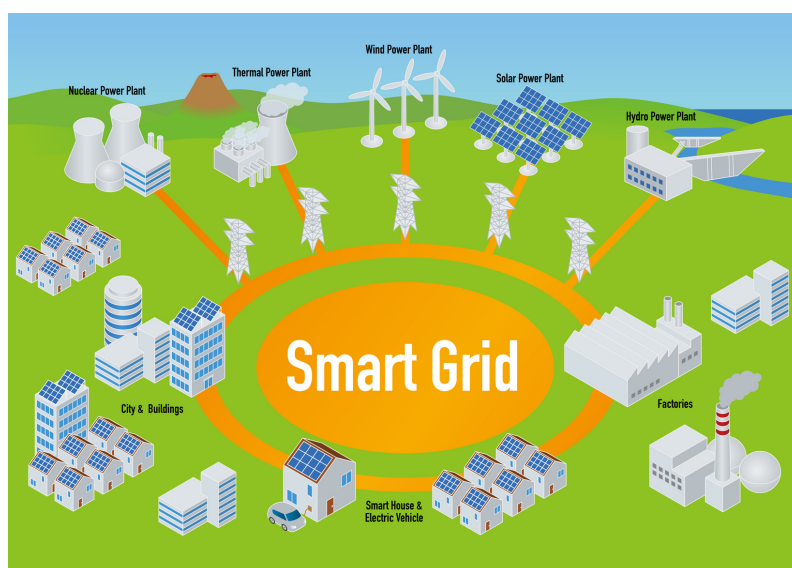
Durée de charge/décharge	Densité énergétique	Rendement	Durée de vie	Pertes par auto-décharge
Quelques secondes	Entre 0,5 et $10 \text{ Wh}\cdot\text{kg}^{-1}$	Supérieur à 80 %	1 million de cycles de charge	Baisse de 50 % de densité énergétique/mois

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.



## Des réseaux interconnectés (Smart grids) "réseaux électriques intelligents"

Les smart grids, ou réseaux électriques intelligents, sont des systèmes qui utilisent des technologies numériques pour optimiser en temps réel la production, la distribution et la consommation d'électricité. Ils permettent d'intégrer plus efficacement les énergies renouvelables, dont la production est variable, en ajustant automatiquement l'équilibre entre l'offre et la demande. Grâce à des capteurs, des compteurs communicants et des outils d'analyse, les smart grids améliorent la stabilité du réseau, réduisent les pertes d'énergie et facilitent des usages nouveaux comme la recharge intelligente des véhicules électriques ou le stockage local. Ils constituent une étape essentielle vers un système énergétique plus durable et plus flexible.



Vidéo : Les réseaux électriques intelligents, c'est quoi ?

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