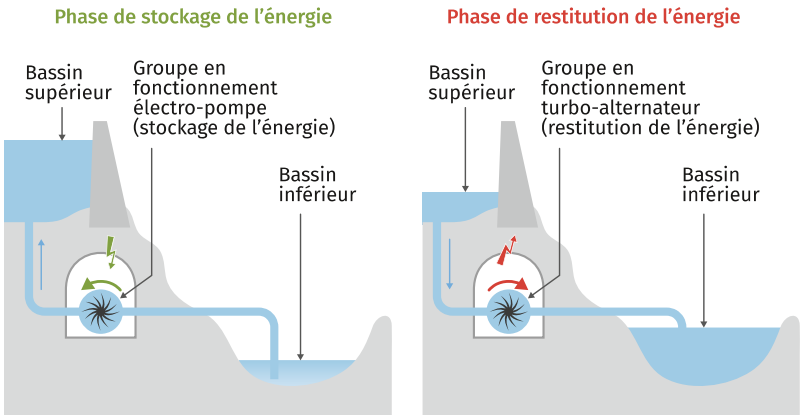
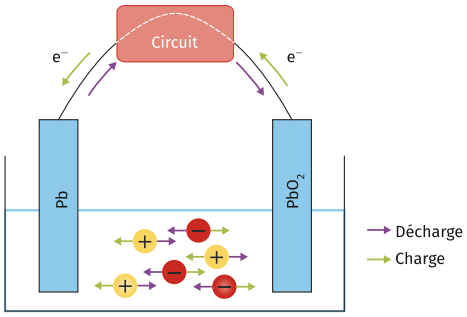
Les sources d'énergie renouvelables et qui ne nécessitent pas de réactions de combustion sont toutes intermittentes : elles ne fonctionnent pas de façon continue et ne peuvent généralement pas être pilotées. L'impossibilité d'adapter la production à la consommation d'énergie électrique nécessite de stocker l'excès de production.

Une STEP est une usine de production d'énergie hydraulique capable de stocker de l'énergie sous forme d'énergie potentielle (énergie liée à la hauteur) : lorsque la demande en électricité est faible (la nuit par ex.) et en cas d'excès d'énergie dans le réseau, des masses d'eau sont remontées par une pompe dans un bassin supérieur.
C'est donc une installation réversible de production et de stockage de l'énergie. Les performances sont intéressantes puisque son rendement de restitution varie de 65 % à 80 %. Les STEP peuvent stocker de 1 à 100 GWh. La durée moyenne d'une STEP est 40 ans. Cette technologie de stockage est encore la plus utilisée dans le monde.



DOC. 1: LES STATIONS DE TRANSFERT D'ÉNERGIE PAR POMPAGE (STEP)

L'appellation *batteries* de la vie courante correspond en réalité à des accumulateurs. Un accumulateur fonctionne de la même manière qu'une pile lors de sa décharge (lorsqu'il produit de l'électricité) : des réactions chimiques d'oxydoréduction produisent un courant électrique. Mais lors de la charge, sous l'action d'un courant électrique, la transformation chimique s'inverse : les produits formés lors de la décharge reforment alors les réactifs de départ. L'accumulateur est à nouveau chargé et l'énergie électrique est stockée sous forme chimique. Le nombre de cycles de charges-décharges est cependant limité dans le temps : il peut atteindre 4000.
Les accumulateurs sont essentiellement utilisés pour les appareils mobiles (téléphone portable, appareil photo, calculatrice, voiture …). Les batteries industrielles actuelles les plus massives peuvent stocker jusqu'à 100 MWh pendant plusieurs mois et restituer l'énergie avec une puissance maximale de 10 MW.

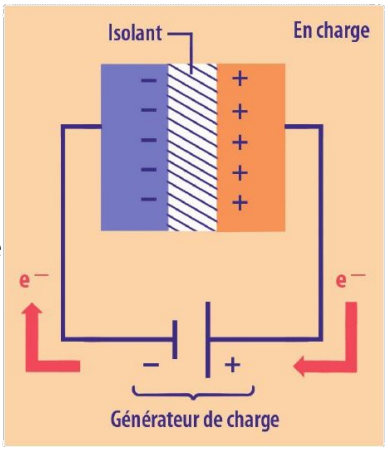


DOC. 2: STOCKAGE À L'AIDE D'UN ACCUMULATEUR

La capacité d'une batterie est souvent exprimée en mAh. On peut retrouver cette capacité en Wh en se rappelant que la puissance électrique (en W) est égale au produit la tension (en V) par le courant (en A).

DOC. 3: PHOTO DE L'ACCUMULATEUR DU FAIRPHONE 4

Un super condensateur est constitué de deux cylindres métalliques séparés par un isolant. Cette technologie repose sur un dispositif dans lequel l'énergie est stockée sous forme de charges électriques accumulées sur deux électrodes au cours de la charge. À la décharge, les deux électrodes redeviendront neutres par une circulation d'électrons (courant électrique) dans un circuit extérieur. Le principal avantage des supercondensateurs est leur puissance de charge et de décharge (de 10 kW à 5 MW), nettement supérieure à celle des batteries, mais ils peuvent stocker une plus faible quantité d'énergie. Cette propriété est notamment intéressante dans des véhicules tels que les bus de ville qui s'arrêtent et redémarrent souvent.



Contrairement aux batteries, qui utilisent des réactions chimiques pour stocker l'énergie, les supercondensateurs conservent l'énergie grâce à la séparation des charges électriques sur leurs électrodes. Cela leur permet d'être rechargés et déchargés très rapidement sans dégradation significative.

DOC. 4: LES SUPERCONDENSATEURS

Questions

1. Sous quelles formes d'énergie est stockée l'électricité dans chacun des trois systèmes décrits ?
2. Réaliser la chaîne énergétique de la STEP lors du stockage de l'électricité.
3. Réaliser la chaîne énergétique correspondant à la charge d'un accumulateur de téléphone portable.
4. **[SPÉ]** Déterminer la capacité de la batterie du smartphone en Wh.

5. Compléter le tableau ci-dessous à l'aide des documents :

Technologie	Puissance de restitution	Capacité énergétique	Autonomie	Rendement	Durée de vie	Coût(euros par kWh)
STEP	0,1 à 1 GW		Quelques jours			75 – 150
Supercondensateur		1 à 5 kWh	Quelques minutes	90 à 95 %	De 10 000 à 500 000 cycles	16 000
Accumulateur			10 min à 15 h	70 à 80 %		50 – 1 000

6. Rappeler les valeurs, en puissance de 10, des multiples « Kilo », « Méga », « Giga » et « Téra ».
7. Choisir, en proposant des arguments, la technologie la plus adaptée pour stocker :
   - **(a)** le surplus quotidien d'énergie d'un réseau électrique de 54 MWh ;
   - **(b)** l'énergie nécessaire à l'autonomie d'un appareil photo soit 7,7 Wh ;
   - **(c)** l'énergie dissipée lors du freinage d'autobus soit 1,1 kWh utilisée comme appoint pour un démarrage ultérieur.
8. La capacité (c'est-à-dire l'énergie stockée) des accumulateurs des derniers smartphones atteint 36 000 J en moyenne.
   - **(a)** Montrer que 1 Wh = 3 600 J puis convertir la capacité du smartphone en wattheure.
   - **(b)** Avec l'hypothèse qu'une recharge quotidienne est nécessaire pour activer les multiples applications, montrer que le coût annuel des multiples recharges pour une famille de 4 personnes possédant chacun un portable est de moins de 4 €.
     Donnée : en France le coût moyen du kilowattheure est de 0,2516 € en 2024.