

Stockage de l'énergie électrique¹

L'énergie électrique ne se stocke pas facilement, ceci oblige à concevoir un système de production et un réseau de distribution où l'équilibre entre la production et la consommation doit être permanent. Toutefois la possibilité de développer des moyens de stockage revêt une grande importance en particulier pour trois raisons principales :

- L'intégration, à grande échelle, dans la production d'électricité des sources renouvelables intermittentes que sont l'énergie solaire et l'énergie du vent,
- L'effacement des pointes journalières, en particulier celles du soir en période hivernale,
- Le développement du transport électrique routier.

L'électricité, vecteur énergétique de flux, dont les moyens de stockage directs sont limités doit être transformée en énergie de stock² qui pourra être stockée.

La figure ci-dessous illustre les différentes possibilités de stockage, soit sous forme directe, soit sous forme d'énergie de stock, chimique ou mécanique.

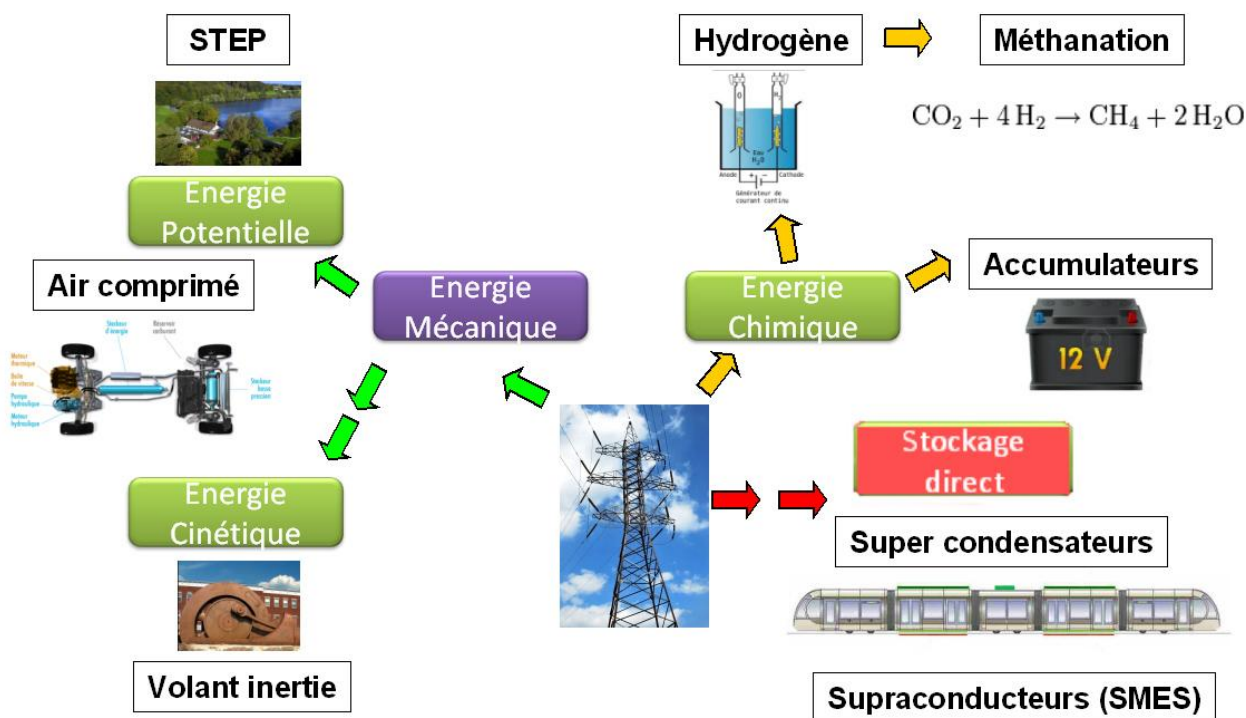


Figure 1 : Stockage de l'énergie électrique

Les moyens de stockage sous forme d'énergie mécanique sont : les stations de transfert d'énergie par pompage (STEP), la compression du gaz (CAES) et les volants d'inertie.

Les moyens de stockage sous forme d'énergie chimique sont la production d'hydrogène et d'accumulateurs. Tout système de stockage est caractérisé par plusieurs paramètres :

- la capacité de stockage en Wh (hWh ou MWh selon la taille)
- le temps nécessaire au stockage lié à la puissance de charge disponible et admise par le système
- le temps possible de déstockage lié à la puissance de décharge désirée et admise par le système

¹ On trouvera des compléments d'information sur la fiche GAENA n° 26 <https://www.energethique.com>

² Énergie contenue dans la matière ou sous forme d'énergie chimique, cinétique ou potentielle.

- le nombre de cycles du système de stockage (durée de vie)
- le rendement du système de stockage : énergie restituée par rapport à l'énergie fournie au système
- la densité énergétique du système de stockage d'où découle son encombrement (volume, masse)
- le coût du stockage, du kWh qui doit être calculé à partir des coûts d'investissement et de fonctionnement du système, de la capacité totale du stockage sur la durée de vie et du rendement du système de stockage.

La figure ci-après illustre différents moyens de stocker l'électricité sous forme d'énergie de stock (stockage direct par super condensateur ou supraconducteur, stockage chimique par accumulateurs électrochimique ou sous forme d'hydrogène, stockage sous forme mécanique par station d'énergie par pompage (STEP), volant d'inertie ou compression de gaz.

La puissance nominale (en abscisse) et le temps de décharge (en ordonnée) sont donnés en échelle logarithmique. Cette figure met en évidence la nécessité d'un choix pertinent du moyen de stockage en fonction de l'utilisation prévue de l'électricité. D'autres caractéristiques ont également leur importance : coût, encombrement, durée de vie.

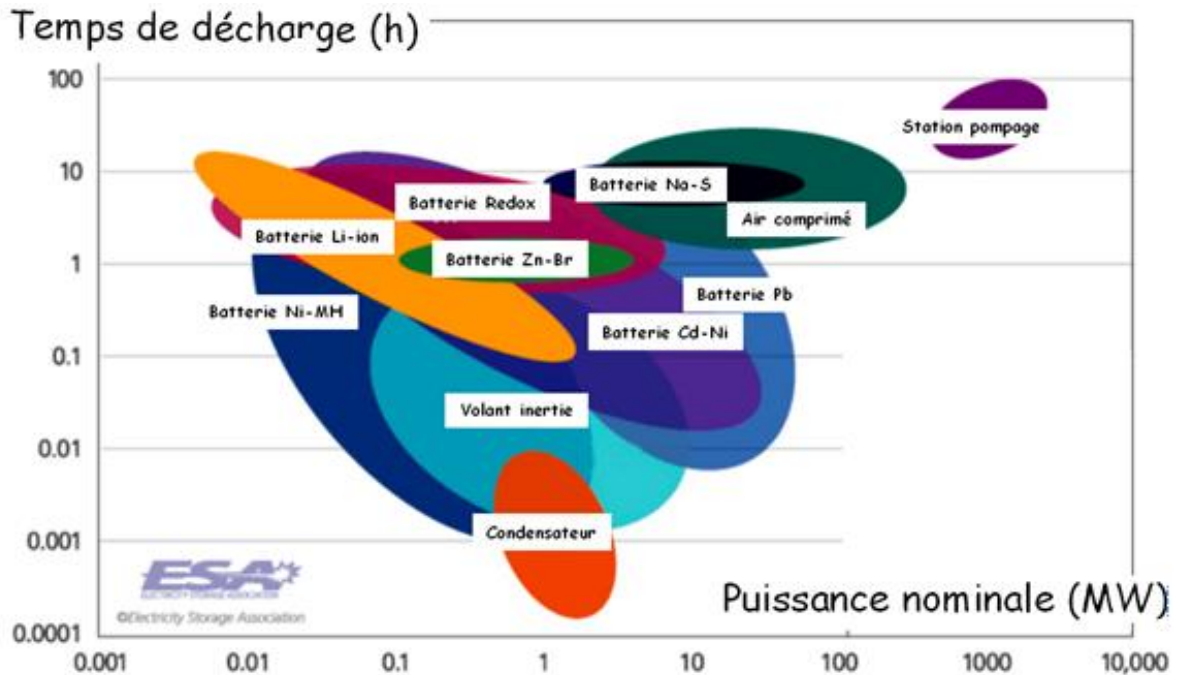


Figure 2 : Différents modes de stockage de l'électricité

Le tableau suivant résume les principales caractéristiques des différents moyens de stockage de l'énergie électrique.

	Capacité disponible	Gamme de puissance	Temps de réaction	Efficacité	Durée de vie	CAPEX puissance (€/kW)	CAPEX énergie (€/kWh)
STEP	1 – 100 GWh	100 MW – 1 GW	s - min	70 – 85 %	> 40 ans	500 – 1 500	70 – 150
CAES	10 MWh – 10 GWh	10 – 300 MW	min	50 % (1 ^{ère} gén.) 70 % (AA-CAES)	> 30 ans	400 – 1 200	50 – 150
Hydrogène et Pile à Combustible	10 kWh – 10 GWh	1 kW – 10 MW	s - min	25 – 35 %	5 – 10 ans	6 000	< 500
Batteries Sodium-Souffre	< 100 MWh	< 10 MW	ms	75 – 85 %	2 000 – 5 000 cycles	500 – 1 500	150 – 500
Batteries Lithium-Ion	< 10 MWh	< 10 MW	ms	85 – 95 %	2 000 – 10 000 cycles	1 000 – 3 000	300 – 1 200
Batteries Red-Ox Flow	< 100 MWh	< 10 MW	ms	65 – 80 %	2 000 – 12 000 cycles	500 – 2 300	100 – 400
Volants d'inertie	5 – 10 kWh	1 – 20 MW	ms	> 90 %	100 000 cycles	500 – 2 000	2 000 – 8 000
SMES	1 – 10 kWh	10 kW – 5 MW	ms	> 90 %	20 – 30 ans	300	> 10 000
Super condensateurs	1 – 5 kWh	10 kW – 5 MW	ms	90 – 95 %	500 000 cycles	100 – 500	10 000 – 20 000

Conclusion : Les moyens de stockage sont multiples et les solutions pour développer le transport électrique et celles pour faciliter l'intégration des énergies intermittentes fatales dans la production d'électricité doivent être adaptées. Le stockage continue de faire l'objet de nombreuses recherches.