

Résumé

Les stations de stockage d'électricité, aussi appelées BESS (Battery Energy Storage System) à l'international, sont des systèmes de stockage d'énergie électrique qui utilisent des batteries lithium-ion pour stocker l'énergie électrique. Cette électricité provient souvent des sources d'énergie renouvelable intermittentes telles que les fermes éoliennes ou les champs photovoltaïque, ou directement du réseau électrique lorsque celui-ci est bien déployé comme c'est le cas en Europe. Les stations de stockage d'électricité peuvent restituer l'énergie stockée au réseau électrique lorsqu'elle est nécessaire, en fournissant des services tels que la régulation de la fréquence, la gestion de la demande en période de pointe, la réserve de puissance et la fourniture de puissance de secours en cas de défaillance du réseau.

Stocker l'électricité, pourquoi faire ?

Aujourd'hui, une large part de l'équilibrage du réseau électrique français est assurée par des installations de pointe fortement émettrices de CO₂ (centrales au fioul notamment). Cependant, depuis le début des années 2010, la production à grande échelle de batteries Lithium-Ions (Li-Ion) et la forte diminution de prix qui en a découlé ont rendu cette technologie compétitive pour le stockage d'électricité sur un réseau électrique national.

En France, c'est RTE qui gère l'équilibre entre la production et la consommation d'électricité afin de maintenir la fréquence du réseau électrique à 50 Hz. Pour ce faire, en parallèle de l'effacement de la consommation, le stockage permet à RTE d'assurer en temps réel cet équilibre. RTE encourage d'ailleurs les investissements dans des capacités électriques additionnelles via des Appels d'Offres Long Terme (dit AOLT).

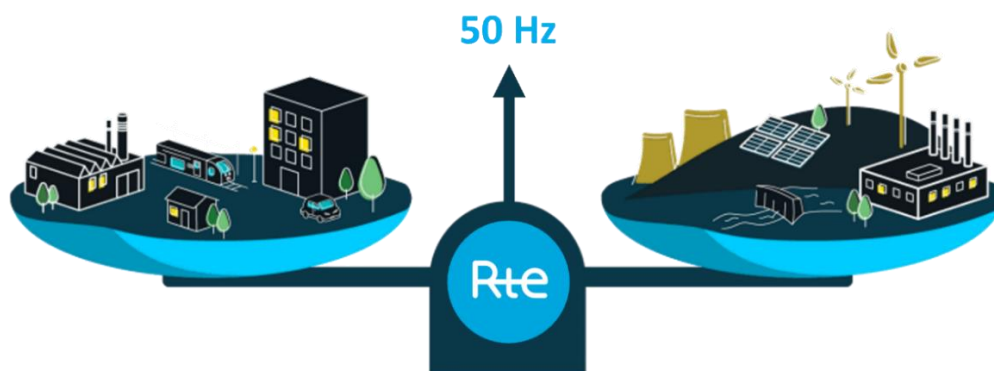


Figure 1 - La fréquence de 50Hz est le reflet direct comme l'équilibre entre la consommation et la production d'électricité (source : RTE)

La Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) pointe d'ailleurs le stockage de l'électricité comme la clé de voûte de la transition énergétique, et fait du développement d'installations de stockage par batteries un objectif à atteindre. En effet, le développement de solutions de stockage d'électricité « pourrait permettre, à moyen terme, la poursuite de l'augmentation de la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique ». De plus, celui-ci permettra de sécuriser l'approvisionnement électrique en France lors des périodes de pointe hivernales.

Les stations de stockages par batteries déployées par R&S permettront de stocker les excédents d'énergies renouvelables injectés sur le réseau électrique pour restituer cette énergie ultérieurement, lors d'une pointe de consommation par exemple, ou d'un déséquilibre temporaire sur le réseau lié à un incident ou un défaut de production.

Fonctionnement

Les stations de stockage d'électricité sont utilisées pour fournir des services système à RTE tels que les réserves primaires et secondaires. La réserve primaire est un service fourni au réseau électrique en temps réel pour maintenir la fréquence du réseau électrique stable, lors des variations de la production et de la demande d'électricité. La station de stockage va lire la fréquence du réseau électrique à chaque milliseconde et contenir les déviations de cette fréquence. Lorsque la fréquence du réseau est supérieure à 50 Hz (production supérieure à la consommation), elle stocke l'électricité. À l'inverse, la station injecte de l'électricité sur le réseau quand la fréquence chutera sous 50 Hz (consommation supérieure à la production). Ainsi, la station de stockage d'électricité contribue à l'équilibrage production/consommation avec une rapidité de l'ordre de la centaine de millisecondes.

La réserve secondaire intervient uniquement si le déséquilibre n'a pas pu être résorbé par la mobilisation de la réserve primaire.

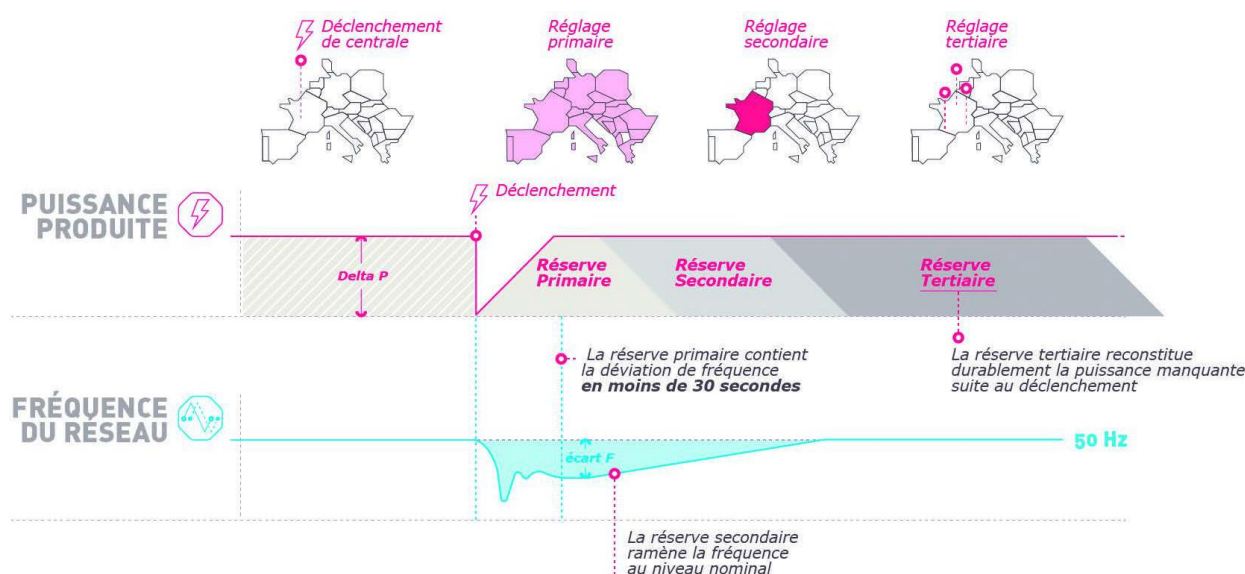


Figure 2 - Activation séquentielle des réserves (source : RTE)

Architecture

Les principaux éléments d'une station de stockage d'électricité par batterie comprennent :

- les batteries lithium-ion qui stockent et restituent l'électricité sous forme de courant continu. Les batteries lithium-ion utilisées sont des batteries rechargeables à haute densité d'énergie, qui offrent une longue durée de vie et une faible auto-décharge.
- les onduleurs qui permettent de passer d'un courant continu côté batterie à un courant alternatif côté réseau électrique
- Les transformateurs sont utilisés pour ajuster la tension de l'énergie électrique produite par la station de stockage d'électricité afin qu'elle soit compatible avec la tension du réseau électrique. Ils permettent de passer d'un courant alternatif basse tension, entre 500 et 1000 V, à un courant alternatif haute tension entre 20 000 et 225 000 V selon le réseau électrique auquel est raccordée la batterie.
- Les systèmes de contrôle et de surveillance assurent le fonctionnement et la sécurité de l'installation, en surveillant la performance des batteries, en ajustant la charge et la décharge des batteries en fonction des besoins du réseau électrique, et en surveillant les conditions de température et de sécurité de l'installation.

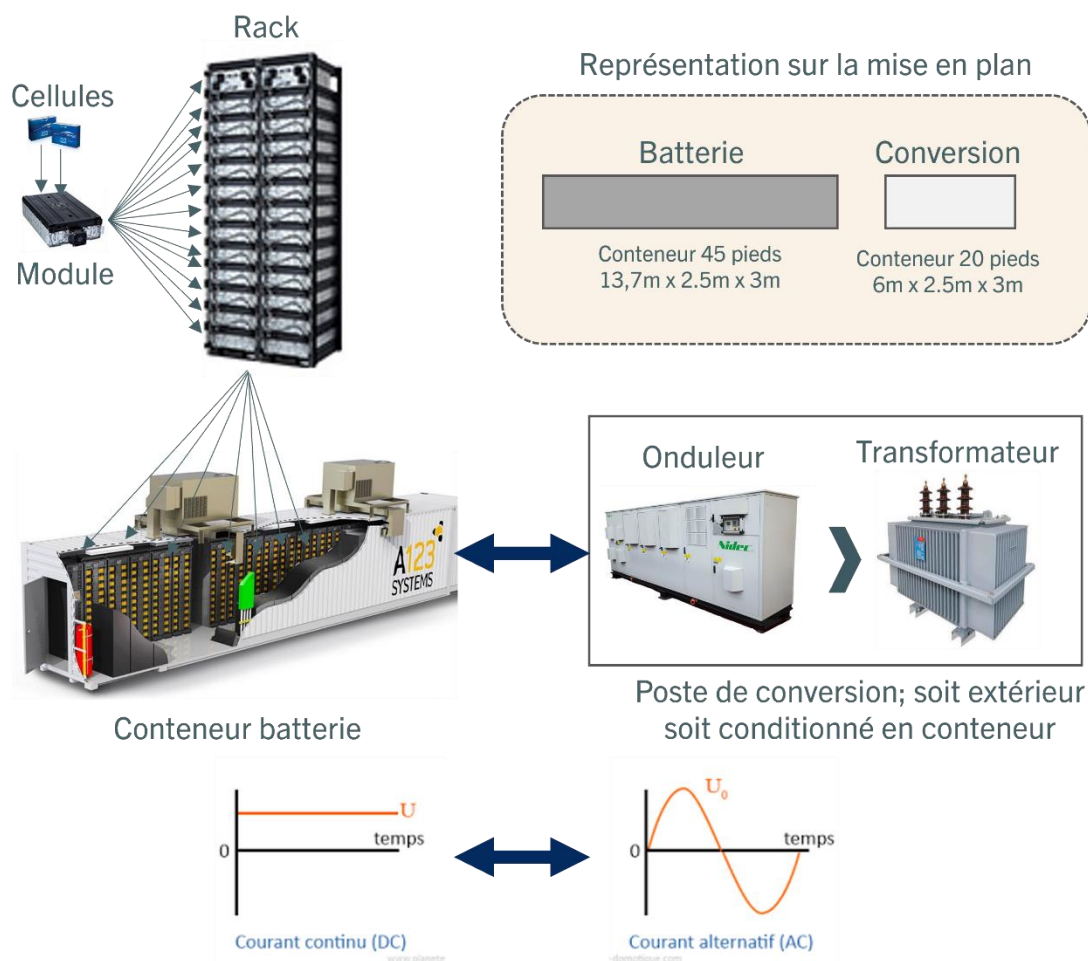


Figure 3 - Vue éclatée des différents composants d'une station de stockage d'électricité par batterie lithium-ion.

L'ensemble de ces éléments est généralement installé dans différents conteneurs spécialement aménagés pour les accueillir. Ainsi, les équipementiers (Entech, Saft, Nidec...) sont en mesure de fournir une puissance et une capacité adaptée à chaque site avec un minimum de travaux sur place étant donné que les conteneurs sont aménagés, équipés puis testés en usine.

Une fois amenés sur site, les conteneurs sont posés soit directement au sol, soit sur des plots bétons en fonction de la nature du sol. Le câblage inter-conteneur est ensuite réalisé afin de connecter la station de stockage au réseau électrique.

En attendant la publication finale du nouvel AMPG 2925 (prévu pour Q3 2023), R&S a choisi de retenir une implantation très conservatrice en termes de sécurité en séparant chaque conteneur de batterie d'au moins 10 m comme le proposait un projet d'AMPG mis en consultation par la DGPR le 30 novembre 2022. Les discussions en cours entre la DGPR, la CRE, la DGE et les énergéticiens laissent à penser que le texte final de ce nouvel AMPG 2925 permettra une implantation beaucoup moins étalée étant donné les différents retours d'expérience transmis à la DGPR depuis cette consultation. En respectant ce projet d'AMPG en France, R&S est en mesure d'installer ~100MW/200MWh sur 3 ha alors que l'une des dernières stations de stockage d'électricité connecté au réseau électrique européen en novembre 2022 (la station de stockage d'électricité de Pillswood) occupe **trois fois moins de surface à puissance et capacité équivalente**.



Figure 4 - Station de stockage d'électricité de Pillswood (Royaume-Uni), connecté au réseau électrique en novembre 2022, pour une puissance de 98MW, une capacité de 196 MWh et une emprise de 1ha. Les conteneurs ont été placés sur une plateforme surélevée afin de prévenir du risque de submersion présent sur site (source : business scotland magazine)

Les stations de stockage d'électricité sont plus ou moins déployées de part le monde selon le taux de pénétration des énergies renouvelables et la robustesse du réseau électrique présent.

Tableau 1 - Les 10 plus grandes stations de stockage d'électricité par batteries lithium-ion, triées par capacité de stockage (à fin mai 2022)

Nom	Date de mise en service	Capacité (MWh)	Puissance (MW)	Durée d'injection (heures)	Pays
Vistra Moss Landing battery	2021 Q2	1600	400	4	États-Unis
Crimson	Octobre 2022	1400	350	4	États-Unis
Desert Sunlight	Aout 2022	920	230	4	États-Unis
Manatee Energy Storage	Décembre 2021	900	409	2,25	États-Unis
Diablo Energy Storage	2022	800	200	4	États-Unis
Moss Landing Elkhorn battery	2022	730	182,5	4	États-Unis
Slate, California	Mars 2022	561	140	4	États-Unis
Valley Center	Mars 2022	560	140	4	États-Unis
Lancaster Area Battery	Septembre 2022	508	127	4	États-Unis
Victorian Big Battery	Décembre 2021	450	300	1,5	Australie

Tableau 2 – Les 10 plus grandes stations de stockage d'électricité par batterie en construction (à fin mai 2022)

Nom	Date de mise en service prévue	Capacité (MWh)	Puissance (MW)	Durée d'injection (heures)	Pays
Edwards Sanborn	2022-2024	3287	1100	3	États-Unis
Ravenswood Energy Storage	2024	2528	316	8	États-Unis
InterGen DP World London Gateway	2024	640	320	2	Royaume-Uni
Andes Solar IIB	2022	560	112	5	Chili
Andes Solar IV	2023	735	147	5	Chili
Kapolei, Hawaii		565	185	3	États-Unis
CEP Energy, Kurri Kurri project	2023	4800	1200	4	Australie
Waratah Origin	2025	1915	909	2	Australie
Wallerawang Great Western Battery	2022	1000	500	4	Australie
Energy Australia Jeeralang	2026	1400	350	4	Australie