

Système de stockage par batteries de 6 MW et 6 MWh mis en service par Elektrizitätswerk Jona-Rapperswil AG (EWJR) à Jona. Figure: EWJR/Manuela Matt

Batteries de grande capacité

Un levier de flexibilité pour accompagner la transformation du système électrique

Emanuele Colombo, Anna Mitterer

RÉSUMÉ

Le système énergétique suisse connaît une profonde transformation. La décarbonation de l'économie ainsi que l'électrification de la mobilité, du chauffage et de certaines activités industrielles augmentent la demande en électricité. Parallèlement, le développement rapide du photovoltaïque contribue à une décentralisation croissante de la production. Cette évolution modifie le fonctionnement du système électrique: dans ce contexte, la flexibilité devient essentielle pour garantir la stabilité du réseau ainsi que l'équilibre entre production et consommation.

Parmi les technologies de flexibilité disponibles, les systèmes de stockage par batteries à grande échelle occupent une place particulière. Les batteries permettent non seulement de stocker les excédents de production et de restituer l'énergie lorsque les besoins augmentent, mais elles fournissent aussi des services système importants, tels que le maintien de la fréquence et le soutien de la tension (figure 1): grâce à leur rapidité de réaction, elles peuvent contribuer à la stabilité du système électrique en quelques fractions de seconde.

En Suisse, à partir d'une puissance de 150 MVA, les batteries doivent être raccordées directement au réseau de transport exploité par Swissgrid. Cet article se concentre sur ces batteries de grande capacité ainsi que sur les défis spécifiques liés à leur intégration au système électrique.

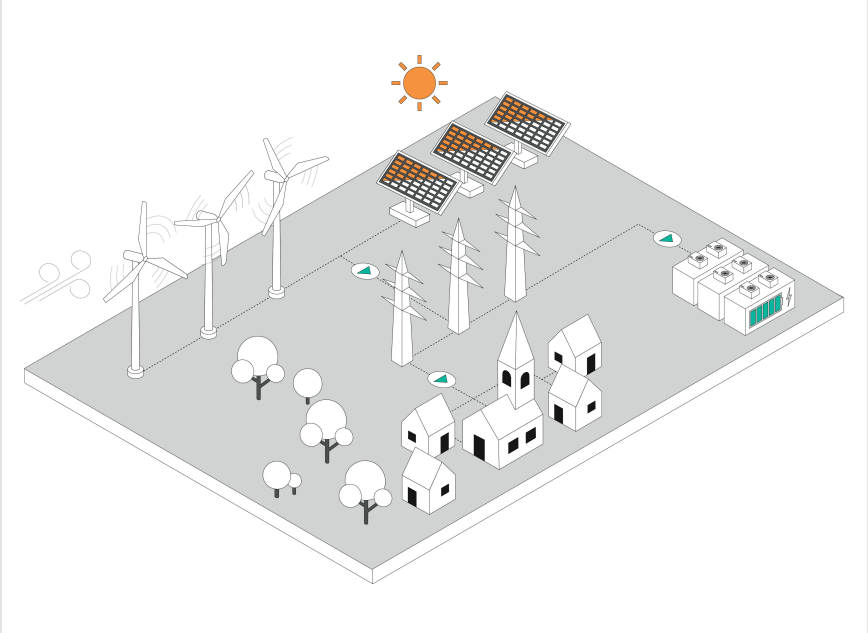


Figure 1 Avec l'essor des énergies renouvelables telles que le solaire et l'éolien, la production d'électricité devient plus fluctuante. Les grandes batteries permettent non seulement de stocker l'énergie produite la journée pour l'injecter dans le réseau le soir, mais aussi d'équilibrer les variations. Figure: Swissgrid

Entre opportunités et défis

Les systèmes de stockage stationnaires constituent aujourd'hui un élément important de la transition énergétique. S'ils sollicitent davantage le réseau de transport, ils offrent également une flexibilité précieuse pour accompagner l'évolution du système électrique. Correctement intégrés, ils permettent de mieux exploiter les infrastructures existantes, de limiter certaines pointes de charge et d'accompagner l'intégration des énergies renouvelables.

Toutefois, face à l'augmentation rapide des demandes de raccordement, les gestionnaires de réseau doivent tenir compte des contraintes en matière d'infrastructure et de sécurité d'approvisionnement. Les raccordements de systèmes de stockage stationnaires nécessitent donc une analyse approfondie. Chaque demande fait l'objet d'une évaluation globale portant sur les capacités disponibles, les flux de puissance, la stabilité du réseau et la sécurité d'exploitation. Swissgrid tient également compte de l'emplacement du projet, de sa puissance et de ses interactions avec d'autres installations. Cette approche globale est indispensable afin de garantir un fonctionnement sûr et fiable de l'ensemble du système électrique.

Accompagner l'intégration

L'approche retenue par Swissgrid repose sur la neutralité technologique : le gestionnaire de réseau de transport évalue chaque demande sur la base de critères techniques objectifs et transparents. Afin d'accompagner le développement des systèmes de stockage par batteries, il a défini des exigences techniques minimales pour les installations raccordées au réseau de transport et met à disposition une carte des capacités de raccordement (figure 2). Cet outil aide les développeurs à identifier les zones favorables à de nouveaux projets.

Plusieurs projets d'envergure ont déjà obtenu une autorisation de raccordement. Parmi ceux-ci : le projet Flexbase à Laufenburg (800 MW) [1], celui de BKW à Mühleberg (400 MW) [2] ainsi que celui d'Alpiq à Niedergösgen (300 MW) [3]. Ensemble, ces projets représentent près de 1,5 GW de puissance de stockage accordée. Ils illustrent le rôle croissant des batteries dans l'intégration des énergies renouvelables ainsi que dans la gestion d'un système électrique plus flexible.

Les convertisseurs au cœur de l'interaction avec le réseau

Dans un réseau historiquement dominé par les machines synchrones, une grande partie de la stabilité reposait jusqu'ici naturellement sur les propriétés physiques des générateurs conventionnels. Avec l'essor des ressources raccordées par le biais de l'électronique de puissance, telles que les installations photovoltaïques, les éoliennes ou les batteries, le rôle des convertisseurs devient de plus en plus déterminant.

Contrairement aux centrales conventionnelles, les batteries ne sont pas directement couplées au réseau électrique. Les cellules de stockage fonctionnent en courant continu et sont reliées au réseau de transport par l'intermédiaire de convertisseurs de puissance, qui assurent non seulement la conversion de l'énergie, mais déterminent également la manière dont l'installation interagit avec le système électrique (figure 3).

L'évaluation d'un projet de batterie ne se limite donc pas à sa puissance installée ou à sa capacité de stockage. Les performances dynamiques du convertisseur sont tout aussi importantes. Les études de raccordement analysent notamment le comportement de l'installation lors de perturbations du réseau ainsi que son interaction avec les autres équipements. À cette fin, les développeurs de projets doivent

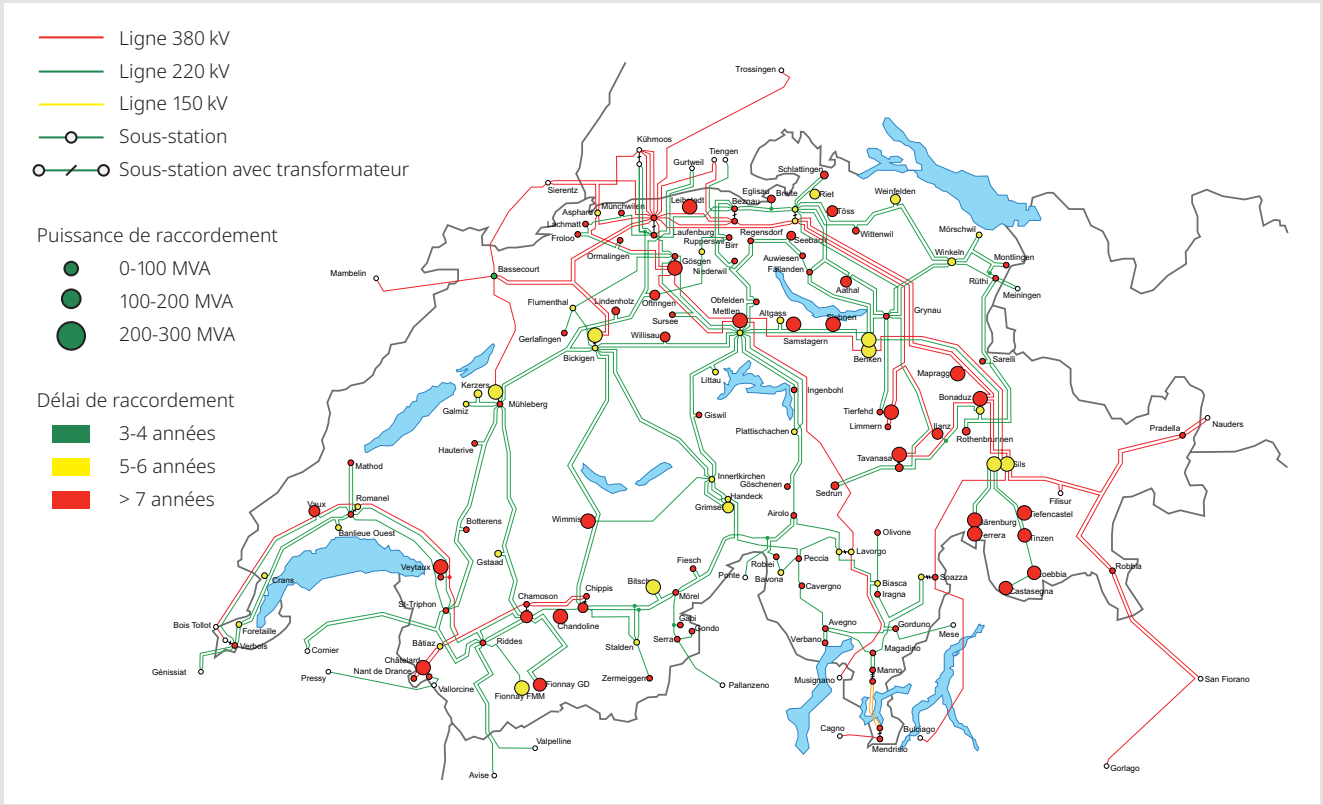


Figure 2 Afin de rendre le processus de raccordement des grands systèmes de stockage par batteries plus efficace, Swissgrid a mis au point une carte des capacités. Celle-ci (état en mai 2026) montre, à titre indicatif, les capacités disponibles dans différentes sous-stations et les délais dans lesquels elles pourront vraisemblablement être mises à disposition.

Figure : Swissgrid

fournir des modèles de simulation représentatifs du comportement dynamique de l'installation.

Dans le système électrique de demain, les convertisseurs ne seront plus uniquement des interfaces de conversion d'énergie. Ils devront également contribuer activement au maintien de la stabilité du réseau, ce qui constitue aujourd'hui l'un des principaux axes de développement des exigences techniques applicables aux systèmes de stockage de grande capacité.

Du grid-following au grid-forming

Si le convertisseur constitue l'interface déterminante entre la batterie et le réseau, son mode de régulation revêt une importance particulière. La plupart des installations raccordées par le biais d'électronique de puissance fonctionnent aujourd'hui selon une logique dite « grid-following ». Elles se synchronisent à la tension et à la fréquence du réseau existant, et injectent ou soutirent du courant en fonction des consignes reçues. Cette approche a démontré son efficacité dans un système disposant d'une référence de réseau suffisamment robuste.

Toutefois, l'augmentation continue de la part des ressources raccordées par le biais de convertisseurs amène les gestionnaires de réseau à réfléchir aux capacités nécessaires pour maintenir la stabilité du système à l'avenir. C'est le principe des convertisseurs « grid-forming ». Contrairement aux solutions grid-following, ils maintiennent leur propre référence interne de tension et de fréquence et réagissent immédiatement aux variations du réseau. Ils peuvent ainsi contribuer activement à la stabilité dynamique, notamment dans les réseaux plus faibles ou soumis à des perturbations rapides.

L'objectif n'est pas de remplacer les convertisseurs grid-following, mais de permettre la coexistence des deux approches selon les besoins du système. Les capacités grid-forming seront particulièrement utiles pour les installations de grande puissance et les zones présentant une faible robustesse électrique.

Cette évolution se situe au cœur des travaux menés par l'Entso-E ainsi que du développement du code de réseau européen «Requirements for Generators (RfG)» [4]. Swissgrid s'inscrit dans cette dynamique en exigeant que les systèmes de stockage raccordés au réseau de transport puissent fonctionner en mode grid-forming. Ainsi, une batterie ne constitue plus seulement un moyen de stockage, mais devient également un élément actif du fonctionnement du réseau.

Contribuer à la stabilité du système

Le passage du simple suivi du réseau à des capacités grid-forming permettra aux batteries de grande capacité d'apporter une contribution concrète à la

stabilité du système électrique. Pour le réseau de transport, cette contribution concerne principalement la fréquence, la tension, l'inertie synthétique et le comportement dynamique lors de perturbations.

La **stabilité de la fréquence** repose sur l'équilibre permanent entre production et consommation. Lorsqu'un déséquilibre apparaît, la fréquence varie. Grâce à leurs convertisseurs, les batteries peuvent adapter très rapidement leur puissance active et contribuer au soutien de la fréquence. Les exigences minimales de Swissgrid prévoient notamment un soutien autonome de la fréquence ainsi qu'une réaction proportionnelle au taux de variation de cette dernière (Rate of Change of Frequency, RoCoF).

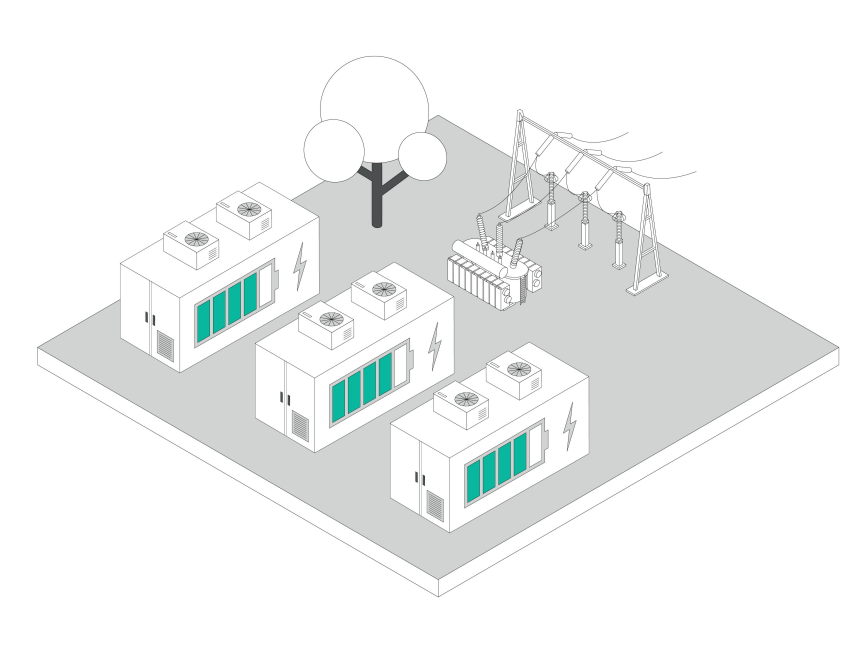


Figure 3 Les grands systèmes de stockage d'énergie sont composés de plusieurs conteneurs abritant des batteries. À partir d'une puissance de 150 MVA, ils doivent être raccordés directement au réseau de Swissgrid, par l'intermédiaire de convertisseurs de puissance. Figure: Swissgrid

Cette fonction est étroitement liée à **l'inertie synthétique.** Contrairement aux machines synchrones, les batteries ne disposent pas de masse tournante directement couplée au réseau et ne fournissent donc pas d'inertie physique. Leur convertisseur peut toutefois reproduire une partie de cet effet au moyen de stratégies de régulation adaptées, telles que les concepts de machine synchrone virtuelle (Virtual Synchronous Machine, VSM) ou de réponse rapide à la fréquence (Fast Frequency Response, FFR). L'objectif est de ralentir les variations de fréquence et de soutenir la stabilité du réseau. Selon les exigences minimales de Swissgrid, cette réaction doit intervenir en quelques millisecondes après une perturbation.

Les batteries peuvent également contribuer au **maintien de la tension** en injectant ou en absorbant de la puissance réactive. Le convertisseur soutient ainsi la tension au point de raccordement et renforce la robustesse du réseau, en particulier lorsque les conditions électriques sont moins favorables.

Au-delà de la fréquence et de la tension, le **comportement dynamique** des batteries devient déterminant dans un système comprenant une part croissante d'installations raccordées par le biais de convertisseurs. Les systèmes de stockage doivent rester stables lors de perturbations et contribuer à l'amortissement des oscillations plutôt qu'à leur amplification.

Ces fonctions montrent qu'une batterie raccordée au réseau de transport n'est plus seulement un moyen de stockage. Elle devient un élément actif du système électrique, capable de soutenir la fréquence, la tension et la stabilité dynamique du réseau de manière sûre et coordonnée.

Préparer le système électrique de demain

L'intégration des batteries de grande capacité constitue une étape importante dans l'évolution du système électrique. Au-delà de leur rôle de stockage, elles offrent une flexibilité précieuse pour accompagner la transition énergétique tout en renforçant la stabilité et la résilience du réseau.

Pour exploiter pleinement ce potentiel, les batteries doivent être intégrées dans une vision globale tenant compte des besoins des réseaux, des acteurs du marché et des consommateurs. L'objectif consiste à créer de la valeur pour l'ensemble du système, et non pour un seul acteur. Cette intégration repose sur une coopération étroite entre gestionnaires de réseau, exploitants d'installations, autorités et partenaires du marché. Ensemble, ils doivent développer des solutions à la fois robustes, pragmatiques et économiquement pertinentes.

Forum romand de l'énergie

26 novembre 2026, à Ecublens

Le premier auteur de cet article, Emanuele Colombo, présentera les travaux de Swissgrid plus en détail au Forum romand de l'énergie, dans son intervention intitulée «Le boom des batteries de stockage: enjeux et perspectives». Il se fera un plaisir de répondre à vos questions à cette occasion, tout comme les nombreux autres orateurs qui figurent au programme de l'événement.

Plus d'informations: forum-romand-energie.ch

Swissgrid contribue activement à cette démarche en préparant les bases techniques et opérationnelles nécessaires et en favorisant le dialogue avec les parties prenantes. Bien intégrées, les batteries peuvent devenir un levier essentiel pour construire un système électrique plus flexible, plus résilient et plus efficient au bénéfice de la société.

Les batteries ne remplacent ni le réseau ni les aménagements du réseau. À la fois défi et opportunité, elles constituent un élément essentiel du futur système électrique. En coopération avec les différentes parties prenantes, en Suisse et en Europe, Swissgrid prépare activement leur intégration pour qu'elles contribuent de plus en plus à la résilience du système électrique et soutiennent ainsi la transition énergétique de la Suisse vers une économie zéro carbone.

Littérature complémentaire

> «Exigences techniques minimales pour le raccordement de systèmes de stockage d'énergie basés sur des convertisseurs (ssec)», Swissgrid, raccordement au réseau, pdf en ligne.
> «Le parcours de l'électricité sur le réseau de transport suisse», Swissgrid, réseau de transport suisse, en ligne.

Références

[1] «Redox Flow Battery Storage», Flexbase, en ligne.
[2] «BKW s'assure une capacité réseau de 400 MW pour un projet de grandes batteries à Mühleberg», BKW, en ligne, 27 mai 2026.
[3] «Stockage par batterie à grande échelle en Suisse : Alpiq planifie un projet à Niedergösgen», Alpiq, en ligne, 21 juillet 2026.
[4] «Entso-E publishes Phase II Technical Report on Grid Forming Requirements», Entso-E, en ligne, 4 novembre 2025.

Auteurs

Emanuele Colombo dirige l'unité System Strategy & Design de Swissgrid.
> Swissgrid SA, 5001 Aarau
> emanuele.colombo@swissgrid.ch

Anna Mitterer est spécialiste System Development & New Technologies chez Swissgrid.
> anna.mitterer@swissgrid.ch

ANZEIGE

SIEMENS

Cartouche fusible
SENTRON NH 3NA COM

Intégrer facilement les installations existantes dans des structures numériques

La cartouche fusible SENTRON NH 3NA COM permet de numériser facilement les nœuds critiques de la distribution d'énergie et les accumulateurs d'énergie décentralisés. Le fusible a les dimensions d'un fusible NH standard et transmet sans fil les données de mesure, y compris le sens du courant. L'émetteur-récepteur de données SENTRON 7KN Powercenter permet de consulter les données depuis un appareil mobile ou de les intégrer dans des systèmes de gestion et des systèmes cloud afin de surveiller les flux d'énergie en toute transparence et de piloter efficacement les systèmes de stockage.

siemens.ch

