

# POUR L'INTÉGRATION DE LA BATTERIE AU RÉSEAU

Les centrales de pompage sont les accumulateurs les plus performants en Suisse. À l'avenir, de grandes batteries pourraient également être construites pour le stockage de l'énergie. Les batteries connectées au réseau sont adaptées pour le stockage intermédiaire décentralisé du surplus d'électricité produit par les centrales solaires et éoliennes pendant quelques minutes, heures ou jours jusqu'à la consommation du courant. Des chercheurs de l'EPF de Zurich conçoivent actuellement un système de batterie de stockage d'un nouveau genre ainsi que l'électronique de puissance adaptée pour assurer son raccordement au réseau du futur.



À l'EPF de Zurich, André Hillers développe une batterie qui peut être raccordée directement (c'est-à-dire sans transformateur) au réseau de moyenne tension grâce à un système électronique de puissance et une technique de régulation sophistiqués. Photo : Balz Murer

La capacité de stockage est susceptible d'être de plus en plus sollicitée. En effet, l'alimentation en énergie solaire et éolienne dépend considérablement du moment de la journée et des conditions météorologiques. Les accumulateurs d'énergie sont un moyen éprouvé de stocker l'énergie excédentaire jusqu'à ce que les consommateurs en aient besoin. Les batteries haute performance représentent une nouvelle possibilité d'augmenter la capacité de stockage. Elles peuvent stocker de plus grandes quantités d'énergie électrique et mettre cette énergie à disposition rapidement en cas de besoin. Par rapport aux centrales de pompage, elles ont l'avantage de pouvoir être intégrées sur différents points du réseau électrique. Des accumulateurs décentralisés peuvent ainsi compenser les fluctuations de l'alimentation sur le réseau électrique provoquées par des centrales décentralisées. Dans un contexte favorable, cela permet d'éviter les transformations coûteuses et controversées des lignes électriques.

### Des batteries de stockage efficaces et fiables

Certains fournisseurs d'énergie suisses ont déjà mis des batteries de stockage connectées au réseau au cours des dernières années. Les centrales électriques du canton de Zurich (EKZ) utilisent un accumulateur d'une capacité de 500 kilowattheures (kWh) et d'une puissance de 1000 kilowatt (kW) depuis le printemps 2012 à Dietikon (ZH). Son volume de stockage suffit à alimenter un foyer moyen de quatre personnes pendant 40 jours en électricité. Jusqu'à présent, cet accumulateur et d'autres ont un caractère de pilote ; une utilisation plus étendue fait toutefois partie des scénarios possibles de l'alimentation électrique suisse à venir.

Afin d'être parés à cette éventuelle évolution, des scientifiques élaborent déjà les bases appropriées. Comme l'exemple des EKZ le montre déjà, il est déjà possible aujourd'hui de construire des batteries de stockage et de les intégrer au réseau électrique. « Mais nous cherchons des solutions pour exploiter les accumulateurs réseau en réduisant les pertes et de manière plus fiable à l'avenir », ajoute le professeur Jürgen Biela du laboratoire pour l'électronique de haute puissance de l'EPF de Zurich. Cette idée devrait être concrétisée sous la forme de batteries de stockage durables, économiques et compactes qui seront alors intégrées au réseau électrique par le biais d'un système électronique de puissance performant. Un des projets de recherche financés par l'Office fédéral de l'énergie poursuit cet objectif. Un chercheur de l'EPF, André Hillers, met actuellement ce projet en application dans le cadre de son doctorat sous la direction du professeur Jürgen Biela.



André Hillers (l.) avec son directeur de thèse, le professeur Jürgen Biela, dans le laboratoire d'essais moyenne tension de l'EPF de Zurich. La réalisation de systèmes prototypes fait partie intégrante de la recherche à l'Institut pour l'Électronique de haute puissance. C'est le seul moyen de valider de nouveaux modèles et d'acquérir des connaissances détaillées par le biais de l'utilisation dans des conditions réalistes. Photo : Balz Murer

### Sans transformateur

À l'avenir, le domaine d'application des batteries devrait en premier lieu être le réseau de moyenne tension. Le réseau de moyenne tension se compose de lignes aériennes et de câbles qui transmettent le courant à une tension de 10 à 35 kilovolt (kV) des sous-stations aux stations de transformation dans les quartiers et les districts dans lesquelles le courant est transformé en basse tension (400 ou 230 V) tel qu'il est utilisé dans les foyers. Les batteries de stockage – considérées isolément – fonctionnent sur un niveau basse tension (tension typiquement inférieure à 1 kV) et exploitées avec du courant continu. Pour les intégrer au réseau de distribution de moyenne tension régional, il faudrait transformer le courant alternatif en courant continu au niveau de l'interface réseau/batterie et transformer la tension (plus élevée) en tension (plus basse) de batterie.

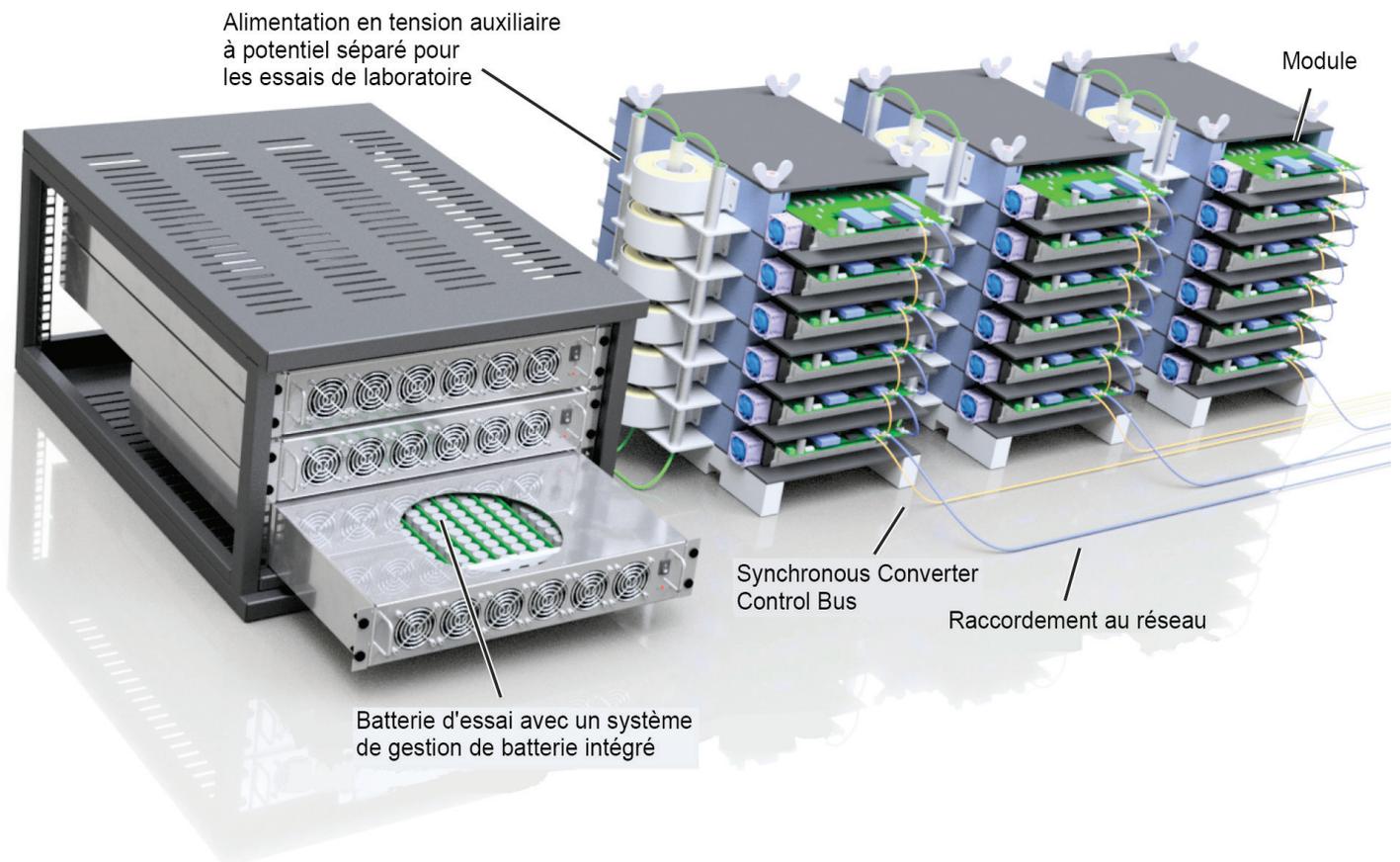
Cette transformation implique l'utilisation de transformateurs pour convertir la moyenne tension en basse tension, chacun couplé d'un système de convertisseur pour transformer le courant alternatif basse tension en courant continu avec une tension adaptée pour les batteries. Les transformateurs sont fiables mais ont un double inconvénient : ils prennent beaucoup de place dans les stations de stockage et entraînent des pertes non négligeables aussi bien à vide que sous charge.

### 30 modules de batterie raccordés en série

Afin de créer une alternative plus compacte, plus économique et provoquant moins de pertes, Hillers, chercheur à l'EPF, travaille sur un nouveau concept très actuel sur le plan national et international dans le domaine de l'électronique de puissance. L'idée de base : la batterie de stockage doit être construite afin de pouvoir être raccordée directement sur le réseau de moyenne tension sans transformateur. André Hillers explique le fonctionnement comme suit : « Jusqu'à présent et pour le formuler simplement, une batterie de stockage se compose d'un bloc de batterie raccordé au réseau de moyenne tension par le biais d'un convertisseur et d'un transformateur. Nous procédons différemment : nous divisons le bloc de batterie en plus petites parties afin de créer des éléments de batterie de même tension mais de plus faible capacité. Nous attribuons une unité de conversion à chacun de ces éléments. Les modules batterie-convertisseur ainsi créés sont physiquement isolés les uns des autres et peuvent par conséquent être raccordés en séries sans autre procédé. »

Ce couplage en série permet d'obtenir une tension de sortie élevée et très efficace pour l'accumulateur. Un transformateur de réseau est désormais superflu.

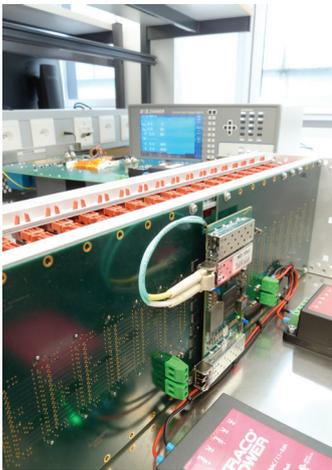
L'application concrète dans un futur système d'accumulation pourrait alors être la suivante : plutôt que de combiner une grosse batterie d'une puissance de 5000 kW avec un (grand) système de convertisseur, 30 batteries d'env. 166 kW chacune seront équipées d'unités de convertisseurs individuels (plus petites). Ces modules (batterie avec unité de convertisseur) seront ensuite raccordés en série pour former un accumulateur de 5000 kW. « Notre installation modulaire n'est pas seulement plus efficace que les systèmes traditionnels mais peut également s'avérer plus résistante aux défaillances. Si un module de batterie présente un défaut, il est possible de l'ignorer et d'utiliser les 29 autres modules », affirme André Hillers. Pour améliorer encore la fiabilité d'une batterie de stockage, elle doit être équipée depuis le début de modules de réserve qui peuvent fonctionner en cas de panne



Dessin CAD du prototype pour le convertisseur modulaire multipoint : trois bras composés de six modules sont représentés à droite sur l'image. Une batterie d'essai avec un système de gestion de batterie intégré (à gauche) est utilisée pour l'analyse des processus de chargement/déchargement de la batterie et l'équilibre des cellules dans le laboratoire. Illustration : Hillers/EPFZ

d'un module. Cela permettrait de prolonger les intervalles de maintenance de la batterie.

Des convertisseurs modulaires multipoints sont appliqués en tant que topologie de convertisseur de ce nouvel accumulateur (Modular multilevel converter en anglais, M2C). La technologie M2C est complétée par l'ajout d'une intelligence supplémentaire sur chaque module (techniquement : un niveau de conversion de puissance). Cette technologie supplémentaire permet un contrôle optimal du processus de chargement/déchargement dans les modules de batteries. L'unité de contrôle centrale qui transmet les ordres de commande à



La plateforme de communication et de contrôle conçue spécialement pour la régulation des systèmes répartis concilie une grande vitesse de calcul et des dimensions réduites. Le bus de communication grande vitesse (SyCCo-Bus) conçu à l'Institut pour l'électronique de haute puissance permet d'obtenir de brefs délais de régulation, ce qui est avantageux pour l'exploitation des nouveaux systèmes de batteries de stockage. Photo : J. Biela

chacun des modules de batterie par le biais de fibres optiques doit avoir accès en temps réel aux données de mesure des 30 modules. Le « Synchronous Converter Control Bus » (SyC-Co-Bus) conçu à l'Institut pour l'Électronique de haute puissance en est capable. Le développement du système de commande complet est un défi central du projet de recherche et englobe un grand potentiel d'applications innovantes dans le domaine des batteries de stockage réparties et au-delà.

### La demande du marché est incertaine

Le concept pour les batteries de stockage modulaires est maintenu. Les simulations informatiques ont validé les algorithmes de commande ainsi que la structure du système. La précision des modèles de calcul est actuellement examinée sur un prototype élaboré par André Hillers en collaboration avec d'autres chercheurs au laboratoire d'électronique de haute puissance. Le prototype peut contenir jusqu'à dix-huit modules de batterie qui peuvent être interconnectés pour former un accumulateur d'une puissance de 1,5 kW. Cette technologie peut ensuite être appliquée dans un accumulateur plus volumineux. Le groupe ABB se tient aux côtés du

## CONVERTISSEURS MODULAIRES MULTIPONTS

Les convertisseurs modulaires multipoints sont les convertisseurs de la nouvelle génération. Le nom se base sur le fait que ces convertisseurs utilisent plusieurs points (niveaux de tension) pour générer du courant alternatif à partir du courant continu. Quant à eux, les convertisseurs bipolaires traditionnels n'utilisent que deux niveaux de tension pour ce processus de conversion. Les convertisseurs multipoints peuvent reproduire beaucoup plus précisément la sinusoïde du courant alternatif et requièrent moins de capacités filtrantes que les convertisseurs bipolaires. Par conséquent, les convertisseurs multipoints provoquent moins de pertes.

Les convertisseurs modulaires multipoints sont déjà appliqués pour le courant continu haute tension (CCHT). Il s'agit d'une forme de transfert de courant sur de longues distances provoquant moins de pertes que le transfert courant avec du courant alternatif. Dans le cadre du CCHT, les convertisseurs multipoints transforment, par exemple, une tension continue de 320 000 V en tension alternative de 220 000 V ou 110 000 V (et vice versa). Dans l'application CCHT, les convertisseurs modulaires multipoints ne sont pas combinés à des batteries. La combinaison de convertisseurs modulaires multipoints et de batteries est une caractéristique de projet de recherche réalisé à l'EPF de Zurich. BV

chercheur de l'EPF en tant que partenaire industriel. La condition requise est ainsi remplie pour le développement de cette nouvelle technologie en produit commercialisable satisfaisant aux normes et aux exigences de sécurité en vigueur. La seule ombre au tableau : aujourd'hui, nous ne sommes pas en mesure de prévoir dans quelle mesure les batteries raccordées au réseau peuvent représenter une option intéressante du point de vue économique pour le stockage de l'électricité en Suisse.

- Le docteur Michael Moser (Michael.Moser[at]bfe.admin.ch), directeur du programme de recherche de l'OFEN sur les réseaux, communique des informations concernant ce projet.
- Vous trouverez d'autres articles spécialisés concernant les projets phares et de recherche, les projets pilotes et les démonstrations dans le domaine des réseaux sur : [www.bfe.admin.ch/CT/electricite](http://www.bfe.admin.ch/CT/electricite).