

RECHARGER AU SERVICE DU RÉSEAU ÉLECTRIQUE

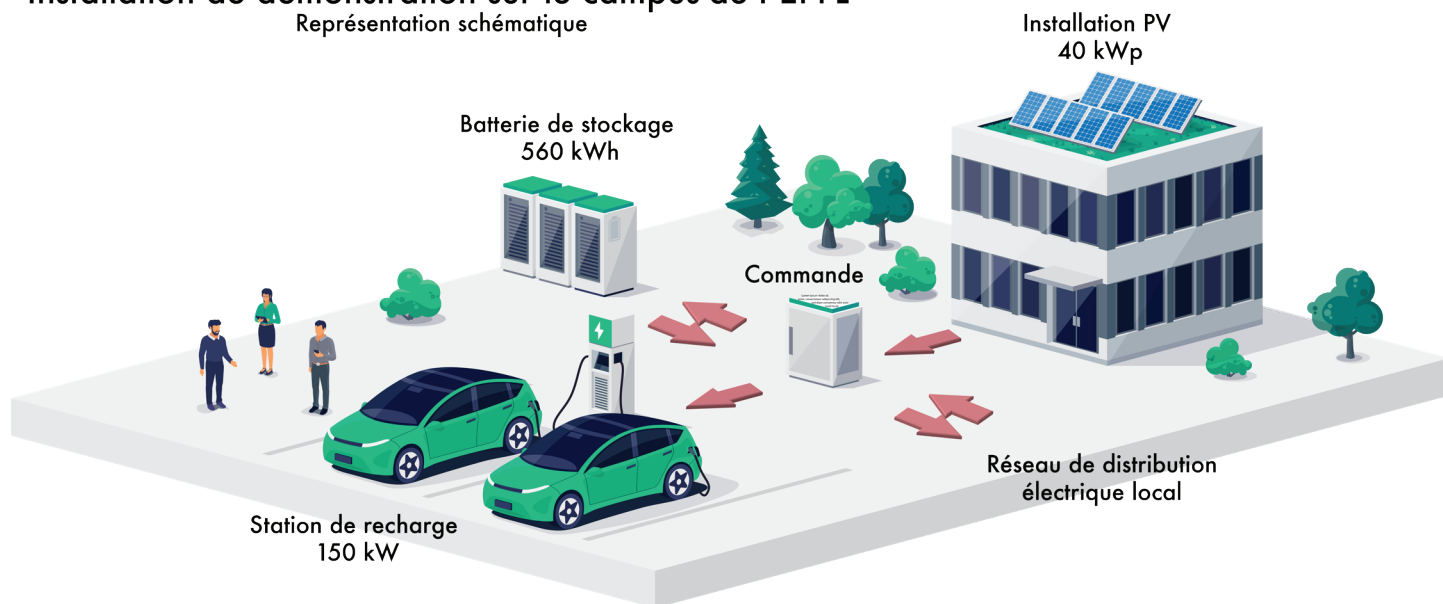
Le nombre croissant de véhicules électriques en Suisse et le développement de l'infrastructure de recharge encombrant le réseau électrique. Les pics de charge pourraient être évités si les stations de recharge étaient pilotées en fonction du réseau, c'est-à-dire en tenant compte de la production et de la consommation locales, et si elles étaient complétées par des systèmes de stockage. Une équipe de chercheurs de Suisse romande a testé cette idée sur des stations de recharge rapide équipées de batteries.



Station de recharge pour deux voitures électriques sur le campus de l'EPFL. Photo : MESH4U

Installation de démonstration sur le campus de l'EPFL

Représentation schématique



Installation sur le site de l'EPFL avec station de recharge rapide, batterie de stockage et installation PV. Illustration : B. Vogel/avec Shutterstock

Les transports contribuent pour environ 30% aux émissions de gaz à effet de serre à l'échelle nationale. Pour réduire ces émissions et lutter contre le changement climatique, les autorités visent à électrifier largement les transports publics et privés. Dans cette optique, une infrastructure de recharge à l'échelle nationale est actuellement créée. Les besoins en électricité pour les véhicules électriques doivent être couverts autant que possible par de l'électricité provenant de sources renouvelables locales, y compris de l'électricité produite par des centrales photovoltaïques et éoliennes.

Tant que seules quelques stations de recharge étaient en service, le réseau électrique suisse, de conception robuste, a pu supporter sans problème la charge supplémentaire

PROJETS P+D DE L'OFEN

Le projet présenté dans le texte principal a été soutenu par le programme pilote et de démonstration de l'Office fédéral de l'énergie (OFEN). Avec ce programme, l'OFEN encourage le développement et l'expérimentation de technologies, de solutions et d'approches innovantes, lesquelles contribuent de manière significative à l'efficacité énergétique ou à l'utilisation des énergies renouvelables. Les demandes d'aide financière peuvent être soumises à tout moment.

➔ www.bfe.admin.ch/pilotdemonstration

engendrée par la mobilité électrique. Mais avec le développement de l'infrastructure de recharge sur l'ensemble du territoire, le réseau arrive à saturation. Lorsque les véhicules électriques sont chargés à leur puissance maximale notamment, le réseau électrique doit être renforcé, ce qui entraîne une augmentation des tarifs du réseau. Le fait que l'électricité solaire et éolienne soit disponible uniquement en présence d'ensoleillement ou de vent compliquent la situation. Il en résulte de nouvelles charges, notamment pour les réseaux de distribution d'électricité régionaux et communaux.

Focus sur les réseaux de distribution

C'est le défi que s'est lancée une équipe de l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) dans le cadre d'un projet de démonstration dont l'acronyme est MESH4U. Les scientifiques ont étudié des réseaux de distribution équipés de stations de recharge de voitures électriques et de batteries de stockage pilotables, et contenant des centrales électriques d'une certaine taille pour les énergies renouvelables. Dans ce projet, « pilotable » (ou « contrôlable ») signifie en premier lieu la régulation de la tension et de l'intensité - et ce, en vue de minimiser la charge du réseau de distribution. Les chercheurs ont étudié la contrôlabilité des stations de recharge rapide d'un point de vue technique et du point de vue de l'acceptation des utilisateurs. Ils se sont également demandé dans quelle mesure l'utilisation d'une batterie augmentait la flexibilité afin de parvenir à un fonctionnement des stations de recharge « adapté au réseau ».

Le professeur Dr Mario Paolone (Distributed Electrical Systems Laboratory de l'EPFL) a mené l'étude avec son équipe. Pour ce projet, les chercheurs ont collaboré avec plusieurs partenaires: l'entreprise de logiciels GridSteer (spin-off de l'EPFL), avec le fournisseur d'électricité romand Romande Energie, et avec l'entreprise Gotthard FASTcharge (fournisseur de stations de recharge rapide).

Stations de recharge à Lausanne et à Aigle

Dans le cadre de MESH4U, l'équipe de projet a installé, sur le campus de l'EPFL, une station de recharge rapide accessible au public (puissance de recharge totale de 150 kW), laquelle permet de recharger simultanément deux voitures électriques en 15 minutes avec une « autonomie » de 100 km (en fonction du raccord de recharge et du véhicule). Le dispositif expérimental comprenait une grande batterie (capacité de charge de 560 kWh) placée dans un conteneur et une installation photovoltaïque de taille moyenne (puissance de 40 kWp). Tous les flux d'électricité dans le réseau ont été enregistrés à l'aide d'une infrastructure de mesure incluant des Phasor Measurement Units (PMU). Le projet P+D comprenait un deuxième dispositif expérimental composé d'une station de recharge, d'une batterie et d'une installation photovoltaïque centrale à Aigle (VD). Cette deuxième installation offre des possibilités de charge pour huit véhicules simultanément (1,2 MW de puissance de charge); la batterie (2,5 MWh de capacité de charge) et l'installation PV (1,6 MWp de puissance) sont nettement plus grandes que celles du campus de l'EPFL. Tandis que la batterie et l'installation photovoltaïque existent déjà, les stations de recharge n'ont pas pu être construites à temps. C'est pourquoi l'étude s'est appuyée sur

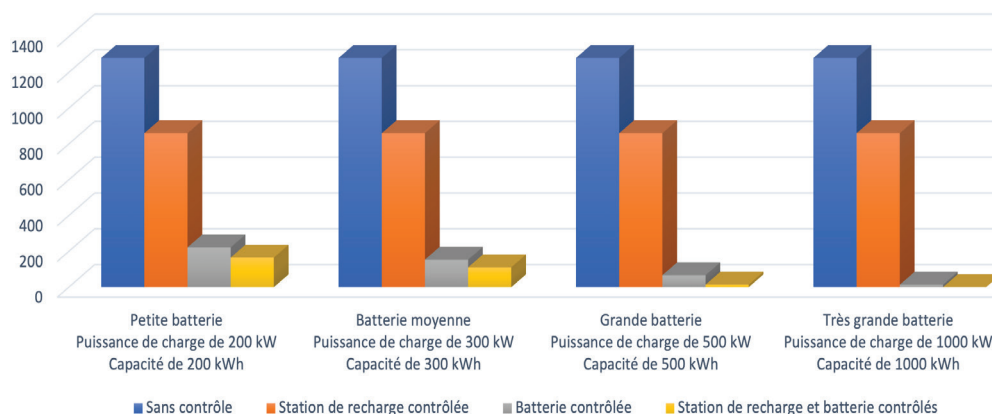


Cette batterie de stockage d'une capacité de 560 kWh a contribué à faire fonctionner les stations de recharge de l'EPFL en respectant les conditions du réseau. Photo : MESH4U

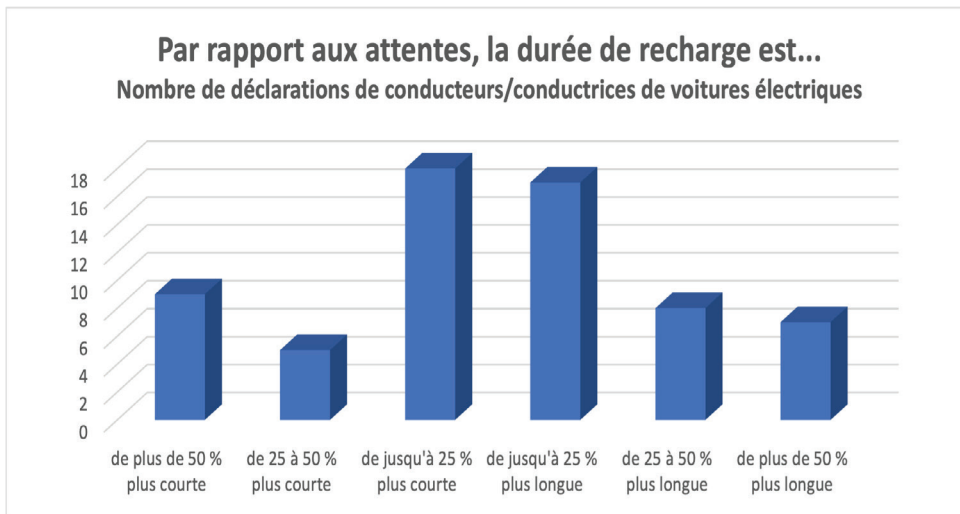
des profils de charge réels de sites similaires sous forme de simulations.

L'installation de Lausanne avait l'avantage de permettre d'interroger des personnes qui y chargeaient leur véhicule électrique. Sur la base des réponses, les chercheurs ont notamment pu estimer le degré de flexibilité des stations de recharge, en termes du temps que la durée de recharge peut être prolongée tant qu'elle ne restreint pas le confort des automobilistes. Un exemple : si une automobiliste charge sa voiture électrique pendant son déjeuner d'une heure, cela ne devrait en général pas avoir d'importance pour elle que le processus de charge de 30 minutes se situe au début ou à

Les composants contrôlables empêchent le prélèvement sur le réseau (prélèvement en kWh)



Les stations de recharge pour voitures électriques encombrer le réseau. Si la station de recharge ou la batterie, voire les deux, sont pilotables, la charge du réseau (prélèvement de courant sur le réseau) diminue fortement. En cas d'utilisation d'une très grande batterie, la charge du réseau tombe pratiquement à zéro. Dans ce cas, il s'agit alors d'effectuer une analyse financière en comparant le coût de la batterie avec le coût du renforcement du réseau ou avec le coût de la création d'incitations pour les consommateurs à être plus flexibles, ainsi qu'une combinaison de tous ces options. Illustration : B. Vogel, sur la base des données du projet MESH4U



100 automobilistes ont répondu à une enquête sur la durée probable de la recharge de leur véhicule électrique, et cette prévision a ensuite été comparée à la durée réelle de la recharge. Il s'est avéré que les automobilistes passaient en moyenne 10% de temps en plus que prévu pour la recharge. Les chercheurs de l'EPFL en concluent que les automobilistes accepteraient que le processus de recharge dure un peu plus longtemps en raison du fonctionnement des stations de recharge en fonction du réseau. Graphique : MESH4U

la fin de sa pause ou que la voiture soit chargée à puissance réduite pendant une heure, par exemple.

L'algorithme regarde vers l'avenir

Pour que les stations de recharge puissent fonctionner en considérant le réseau, leur puissance de charge doit pouvoir être contrôlée en temps réel et les stations de recharge doivent être complétées par des batteries capable de stocker l'électricité pendant quelques secondes, minutes ou heures. L'équipe MESH4U a développé des algorithmes permettant de contrôler les stations de recharge et les batteries en temps réel de manière à ce que le système ait besoin de prélever le moins de puissance supplémentaire possible sur le réseau de distribution. Ces algorithmes ont été utilisés sur les sites du projet, sur le campus de l'EPFL et à Aigle. Ils se basent sur des outils avancés de prévision de la production photovoltaïque locale et de la consommation électrique des stations de recharge pour le lendemain, développés par l'équipe MESH4U.

Les résultats de l'étude MESH4U indiquent : en combinant des stations de recharge avec des batteries pour former un système de recharge pilotable, on crée les conditions techniques permettant l'exploitation et le pilotage du réseau de distribution et d'obtenir des avantages mesurables. « Un système de charge contrôlable en temps réel, incluant une solution de batterie de stockage, comme celui développé dans le projet MESH4U, a permis de réduire la charge quotidienne non planifiée du réseau (c'est-à-dire la quantité d'électricité ne pouvant pas être couverte par la batterie et la flexibilité et

devant être prélevée sur le réseau) d'un facteur dix par rapport à un système non contrôlé », écrivent les auteurs dans le rapport final du projet. Une enquête menée auprès des utilisateurs de la station de recharge du campus de l'EPFL a montré qu'ils admettent tout à fait une certaine flexibilité horaire pour la recharge de leur voiture : une nette majorité des personnes interrogées est prête à prévoir quelques minutes supplémentaires pour le processus de recharge – un tiers des personnes interrogées le ferait sans compensation financière, un autre tiers contre une compensation. Même si la flexibilité disponible des bornes de recharge pilotables est limitée, il est possible de réduire les investissements dans les batteries de stockage nécessaires pour éviter le renforcement du réseau.

La commande à la seconde ne fonctionne pas

L'étude indique également qu'il peut y avoir un décalage dans la gestion du processus de recharge des voitures. C'est pourquoi les flexibilités de très courte durée (par ex. pour quelques secondes) ne seraient pas utilisables. La raison est d'ordre technique : pendant un processus de chargement, une communication a lieu entre la borne de recharge et la voiture. Le délai entre le signal de la borne de recharge étudiée (GoFAST) et la réponse de la voiture électrique (Tesla S90D) était compris entre une seconde et une minute lors de l'essai sur le terrain. Dans leur étude, les scientifiques ne précisent pas si cette restriction s'applique également à d'autres types de véhicules.

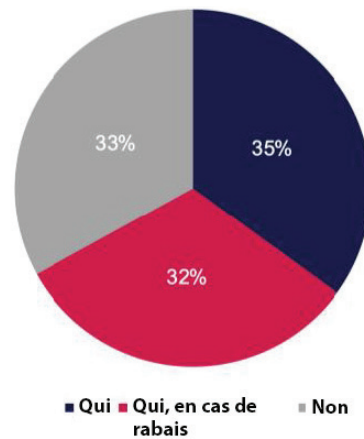
Les stations de recharge qui alimentent des flottes entières de véhicules électriques dans les entreprises ou le secteur public

pourraient à l'avenir jouer un rôle particulier pour une mobilité électrique respectueuse du réseau. En effet, ces stations de recharge permettent de planifier les heures de recharge (contrairement aux heures de recharge aléatoires des stations de recharge accessibles au public). Les stations de recharge pour les flottes peuvent donc être exploitées plus facilement, ce qui signifie également avec une batterie nettement plus petite, et fournir plus de flexibilité. Le chef de projet Georgios Sarantakos a déclaré à ce sujet : « En comparaison avec une station de recharge accessible au public, une station de recharge avec les mêmes besoins en énergie pour flotte permet de gérer le réseau avec une batterie jusqu'à dix fois plus petite. En intégrant des stations de recharge de flotte planifiables et contrôlables au réseau, il est possible d'augmenter la prévisibilité et la flexibilité des ressources contrôlables de celui-ci. Cela peut conduire à un besoin d'investissement, par exemple pour les solutions de stockage, plus faible et limiter l'impact de la mobilité électrique sur les tarifs du réseau ».

Incitation à la flexibilité

Une chose est sûre : les incitations permettent d'augmenter la flexibilité des automobilistes. Il est donc logique que les gestionnaires de réseau, souhaitant réduire les pics de charge sur leur réseau de distribution, récompensent les automobilistes prêts à prolonger quelque peu leur processus de recharge ou à le retarder dans le temps (par exemple en prolongeant la pause de midi d'une demi-heure à une heure entière). Les auteurs de l'étude MESH4U proposent un régime tarifaire dans lequel les processus de recharge sont contrôlés par le prix de la puissance achetée de manière à ce que les voitures électriques soient rechargées à des moments où le réseau est peu sollicité.

Si les stations de recharge sont équipées de batteries afin d'obtenir une flexibilité pour les processus de recharge, cela entraîne des coûts supplémentaires. Les auteurs de l'étude MESH4U sont toutefois convaincus que les systèmes de recharge avec station de recharge et batterie contrôlables peuvent être exploités de manière rentable dans certains cas, comme ils l'écrivent dans le rapport final : « Pour une exploitation économique, différents paramètres doivent être pris en compte pour le dimensionnement des batteries de stockage. Il s'agit entre autres du prix de l'électricité, du nombre de stations de recharge, de la taille du transformateur et de l'évolution des quantités d'électricité chargées ». En outre, l'étude MESH4U a révélé que la rentabilité du stockage par batterie pourrait encore être améliorée en fournissant des



Réponses d'une centaine de personnes à la question de savoir si elles seraient prêtes à tolérer une prolongation de quelques minutes du processus de recharge de leur voiture si cela permettait à la station de recharge de fonctionner de manière compatible avec le réseau. Graphique : MESH4U

services supplémentaires (notamment la réserve primaire) au réseau lorsque la batterie n'est pas utilisée pour réduire la charge de pointe.

Plus d'opportunités que de risques

En fin de compte, l'étude MESH4U considère la pénétration des bornes de recharge rapide dans le réseau électrique non pas comme un risque, mais comme une opportunité. Voici l'avis de Georgios Sarantakos, scientifique à l'EPFL : « Une gestion appropriée des stations de recharge rapide réduirait les déséquilibres du réseau provoqués par leur consommation élevée d'électricité. Plus encore: les stations de recharge pilotables peuvent augmenter la flexibilité du réseau. La flexibilité pouvant provenir aussi bien des automobilistes que des batteries, c'est une question d'analyse économique de savoir s'il faut des incitations pour les premiers ou des investissements pour les seconds, et dans quelle mesure. La seconde option implique des investissements initiaux élevés, tandis que la première offre une flexibilité dans un contexte de forte incertitude, laquelle diminue à mesure que les véhicules électriques arrivent sur le marché suisse. La promotion des flottes de véhicules électriques pour les entreprises et le secteur public pourrait servir comme une solution intermédiaire, car elle nécessite un investissement initial relativement faible tout en offrant une grande flexibilité ».

➤ Le **rapport final** en anglais du projet « Optimal integration of electric vehicles fast charging stations into

medium voltage power distribution grids » (MESH4U) est disponible sur :

www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=47165.

- Karin Söderström (karin.soederstroem@bfe.admin.ch), spécialiste du programme P+D de l'OFEN, et Michael Moser (michael.moser@bfe.admin.ch), responsable du programme de recherche Réseaux de l'OFEN, communiquent des **informations** à ce sujet.

- Vous trouverez plus d'**articles spécialisés** concernant les projets pilotes, de démonstration et les projets phares dans le domaine des technologies de l'électricité sur www.bfe.admin.ch/ec-electricite.