

DES CAMIONS RECHARGÉS EN MOINS D'UNE HEURE

Les camions électriques nécessitent des stations de recharge performantes, surtout lorsqu'ils doivent être rechargés rapidement. Un consortium de recherche composé de l'entreprise de développement Designwerk et de deux hautes écoles spécialisées a développé une station de recharge mobile de l'ordre du mégawatt et l'a testée sur le terrain. Une grande batterie tampon permet, grâce aux forts courants de charge et de décharge, des fonctions et applications dépassant celles d'une station de recharge classique.



Lors de l'essai pilote de neuf mois dans l'entreprise de transport Galliker, le Mega-Charger a été utilisé pour recharger des camions électriques de 32 t équipés d'une batterie de 680 kWh ainsi que des camions de 40 t dotés d'une batterie de 900 kWh (photo). Photo : rapport final de l'OFEN Mega-Charger

Selon les données de l'Office fédéral de l'environnement, les camions contribuent à environ 12% des émissions de gaz à effet de serre liées aux transports en Suisse. L'électrification du transport lourd peut ainsi contribuer de manière significative à la protection du climat. Le secteur de la logistique a déjà emprunté cette voie : l'année dernière, 21% des immatriculations de poids lourds (> 3,5 t de poids total) concernaient des véhicules électriques. À la fin de l'année 2025, les véhicules branchables représentaient déjà trois pour cent du parc total de poids lourds.

Petite batterie, recharge rapide

Les poids lourds électriques à batterie lourde sont actuellement utilisés principalement pour des distances courtes et moyennes, par exemple dans la logistique de distribution, du recyclage ou des chantiers. Des distances d'environ 500 km peuvent être parcourues sans recharge intermédiaire. Dans transport longue distance, en revanche, les véhicules à batterie atteignent encore leurs limites. La cause réside dans le poids et le volume des batteries (et ainsi dans la densité énergétique disponible) : pour une autonomie de 1 000 km, un grand poids lourd de 40 t nécessiterait une batterie de 1 400 kWh, soit un poids de 9 t. Mis à part le poids élevé, cette solution serait coûteuse et inappropriée en raison de la réduction de la charge utile.



Le Mega-Charger de 22 tonnes pendant un transport Photo : rapport final de l'OFEN Mega-Charger



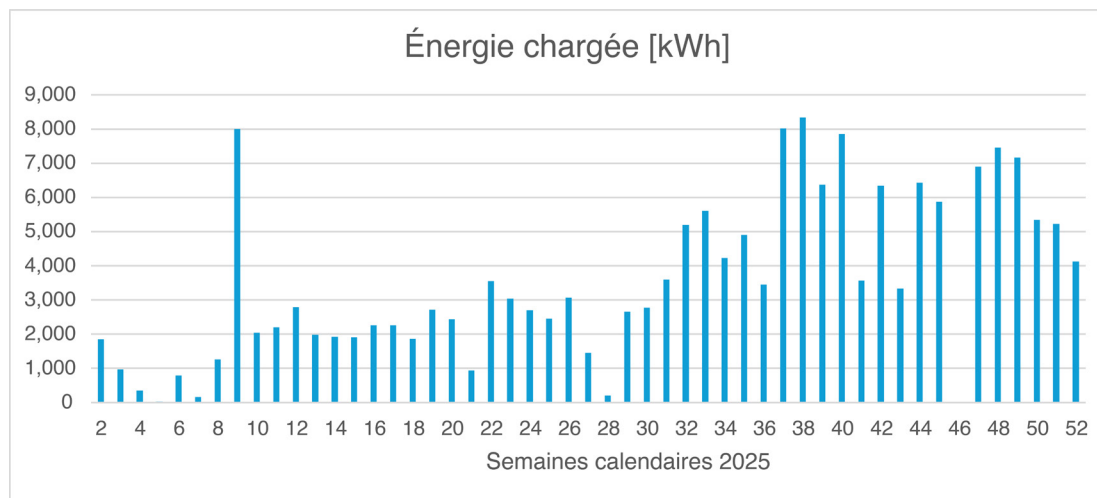
Le connecteur de recharge du Mega-Charger (à droite) utilise la norme MCS et est plus volumineux que les connecteurs classiques avec norme CCS (à gauche). Photo : rapport final de l'OFEN Mega-Charger

STRUCTURE DU MEGA-CHARGER

Les stations de recharge rapide pour voitures de tourisme offrent aujourd'hui des puissances électriques jusqu'à 350 kW. La puissance de charge du Mega-Charger est encore nettement plus élevée : elle s'élève à 1 050 kW (c'est-à-dire environ un mégawatt). Grâce à la puissance élevée, les grandes batteries des poids lourds peuvent être rechargées en moins d'une heure (dans la pratique, elles ne sont pas chargées entièrement, mais seulement jusqu'à un certain niveau). Le Mega-Charger peut alimenter simultanément deux camions – soit avec la norme CCS classique utilisée pour les voitures de tourisme, soit avec la nouvelle norme MCS.

Le Mega-Charger est raccordé au réseau électrique via une connexion de 88, 200 ou 400 kW. La puissance de raccordement relativement faible est possible grâce à la batterie tampon. Dans le Mega-Charger utilisé chez Galliker Transport AG, celle-ci était composée de quatre batteries haute tension de 220 kWh chacune. Entre-temps, Designwerk utilise également des batteries tampons composées de douze batteries de 170 kWh, portant ainsi la capacité de stockage à environ 2 000 kWh, soit plus du double. Le Mega-Charger est conçu de manière à pouvoir intégrer simultanément différents types de batteries en guise d'accumulateur tampon, y compris des batteries de seconde vie présentant des caractéristiques d'utilisation et de vieillissement variées issues de leur première utilisation (cf. encadré p.5).

Le Mega-Charger comprend également des onduleurs, lesquels convertissent la tension alternative du réseau en courant continu pour l'alimentation du véhicule et de la batterie tampon, ainsi qu'un système de commande qui assure la communication entre le Mega-Charger et le camion.



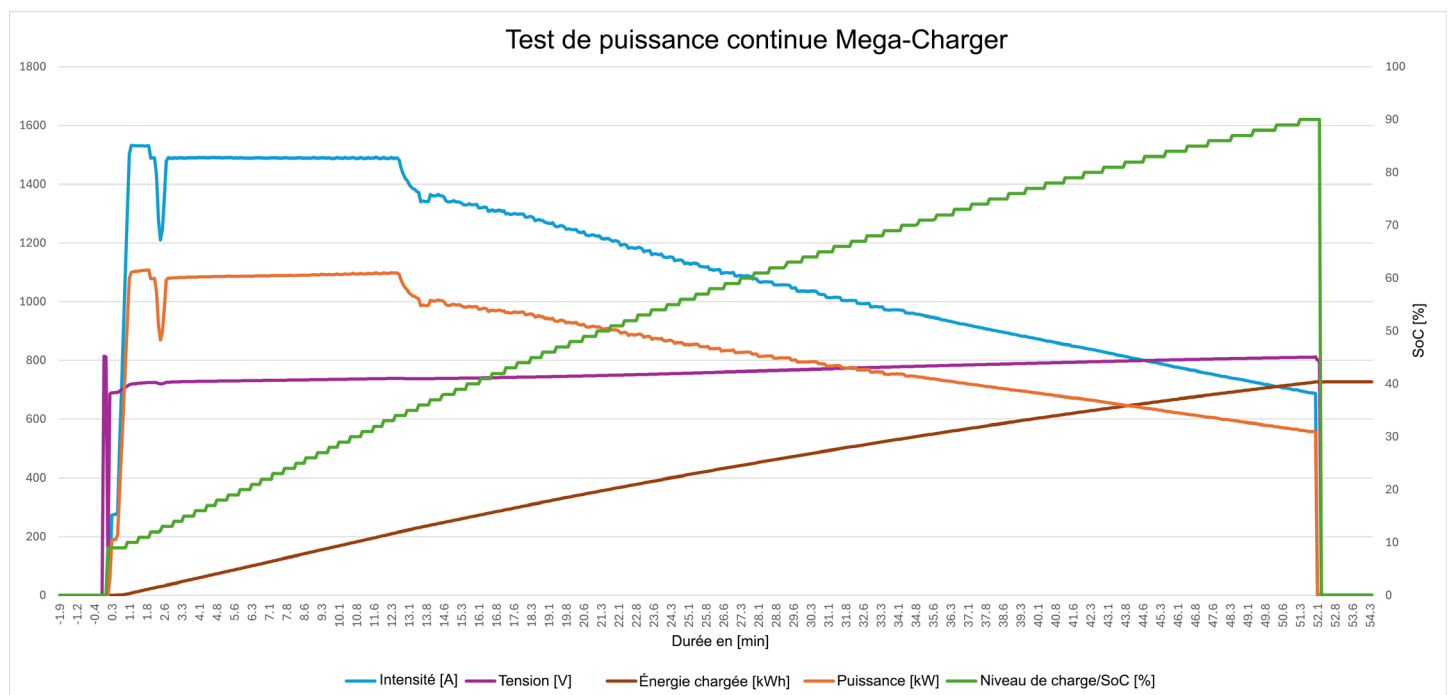
Quantité d'énergie chargée via le Mega-Charger sur le site pilote de Galliker Transport AG à Altshofen (LU). Durant les deux premiers tiers de la période du projet, les quantités d'énergie restaient encore limitées. Entre les semaines calendaire 35 et 45, une moyenne de 5 720 kWh par semaine a été chargée via le Mega-Charger, ce qui correspond à une distance parcourue d'environ 52 000 km. Jusqu'à dix camions étaient rechargés chaque jour sur le Mega-Charger. Graphique : rapport final de l'OFEN Mega-Charger

« Une alternative consiste à installer dans le poids lourd une batterie plus petite, mais à la recharger pendant la journée. Avec une infrastructure de recharge rapide très performante, de l'ordre du mégawatt, cette batterie peut être rechargée en nettement moins d'une heure, par ex. pendant la pause déjeuner des conducteurs », explique Steffen Reuter, responsable du développement de la technique de recharge chez Designwerk Technologies AG (Winterthur). Dans ce contexte, Designwerk travaille sur des stations de recharge rapide à haute puissance pour le transport lourd. Dans le cadre d'un projet R&D de l'OFEN, l'entreprise a développé, construit et

testé sur le terrain une station de recharge rapide en collaboration avec la Haute école spécialisée de Suisse orientale et la Haute école spécialisée de Berne.

Les avantages d'un réservoir tampon

Jusqu'à présent, les camions électriques tirent en général leur électricité de bornes de recharge utilisant la norme CCS (Combined Charging System), développée pour les voitures de tourisme. Mais cela devrait bientôt changer : plusieurs fabricants travaillent actuellement sur une norme de recharge plus puissante, le Megawatt Charging System (ou MCS). Le



Protocole de mesure du site pilote d'Oberbüren : avec une puissance de charge initiale d'environ 1,1 MW (orange), la batterie de 1 000 kWh d'un camion électrique est rechargée de 10 à 90 % en 52 minutes (vert). Graphique : rapport final de l'OFEN Mega-Charger

« Mega-Charger » développé par Designwerk fait partie de cette catégorie. Le système de recharge – telle est sa particularité – est logé dans un conteneur mobile. Il peut ainsi être mis en service rapidement et avec une grande flexibilité sur site. Le Mega-Charger comprend une batterie tampon haute puissance. Ainsi, le Mega-Charger n'a pas besoin d'une puissance de raccordement au réseau de l'ordre du mégawatt ; 400 kW ou moins suffisent. « Les systèmes de recharge équipés d'une batterie de stockage peuvent être exploités de manière flexible sur des sites très variés avec une faible puissance de raccordement au réseau, comme, par exemple, des garages, des sites industriels, des aires de repos ou des chantiers, ce qui permet de réduire ou même d'éviter d'éventuels coûts d'extension du réseau », soulignent les auteurs du rapport final du projet.

Prototypes en essai sur le terrain

Après sa conception et sa construction, le Mega-Charger a été soumis à un test sur le terrain avec jusqu'à dix cycles de recharge par jour pendant neuf mois chez Galliker Transport AG à Altishofen (LU). Un deuxième Mega-Charger a également été utilisé pendant quelques semaines dans un dépôt autoroutier à Oberbüren (SG) à des fins de mesure et de tests. Lors de ces opérations pilotes, la station de recharge mobile avec batterie tampon a démontré son bon fonctionnement. Un prototype de véhicule équipé d'une grande batterie de 1 000 kWh – pour donner un exemple – a été rechargé de 10 à 90% en 52 minutes. Malgré la puissance de charge élevée, aucun effet indésirable sur le réseau électrique (chute de tension, facteur de puissance, courants d'harmoniques) n'a été observé. La batterie tampon a permis d'éviter les pics de charge dus à de forts prélèvements sur le réseau.

Le Mega-Charger est nettement plus coûteux qu'une station de recharge classique, principalement en raison des batteries tampons. Toutefois, le Mega-Charger permet l'utilisation de camions avec des batteries plus petites pouvant ensuite être rechargées pendant les pauses d'exploitation au cours de la journée. Cela se traduit par des « avantages structurels en termes de coûts », comme le souligne la Haute école spécialisée de Suisse orientale (OST) dans une comparaison des coûts totaux de possession (Total Cost of Ownership). Ainsi, un camion peut transporter une charge utile plus importante grâce à la batterie plus petite. De plus, la batterie tampon permet d'utiliser davantage l'électricité solaire bon marché provenant de sa propre installation photovoltaïque. Ces avantages en termes de coûts sont toutefois « sensibles

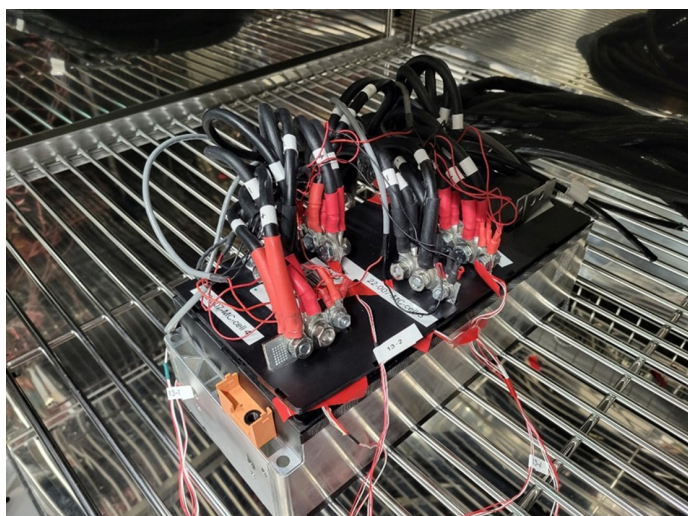


Photo du premier prototype de batterie tampon, composé de jusqu'à huit batteries connectées en série. Photo : rapport final de l'OFEN Mega-Charger

aux prix de l'énergie, à la dégradation et à l'utilisation », soulignent les chercheurs de l'OST.

Plusieurs circuits de refroidissement

La norme MCS a été formellement adoptée, le type de connecteur et le protocole de communication ont été définis. La construction d'une station de recharge MCS comporte néanmoins encore plusieurs défis, souligne Steffen Reuter : « Avec le Mega-Charger, un grand nombre de composants doivent interagir, et chacun sait que le diable se cache dans les détails. » En effet, la communication correcte de la station de recharge MCS avec tous les types de véhicules différents relève également du défi.



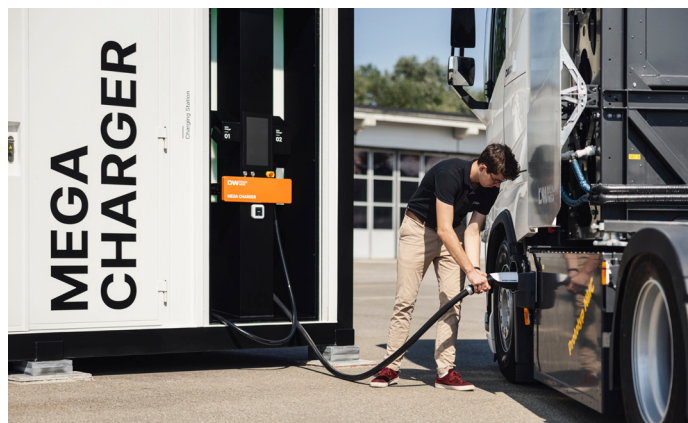
Cette station de test a été utilisée pour étudier l'utilisation de batteries de seconde vie dans le Mega-Charger. Photo : rapport final de l'OFEN Mega-Charger

À cela s'ajoutent des défis techniques liés au refroidissement: la station de recharge fonctionne avec des courants pouvant atteindre 1 500 ampères (à titre de comparaison : dans les habitations, les courants sont protégés jusqu'à 16 ampères). Pour transmettre de tels courants dans des câbles flexibles, ceux-ci, ainsi que les connecteurs, doivent être refroidis, ce qui se fait à l'aide d'huile. S'y ajoutent deux circuits eau-glycol pour le refroidissement de l'électronique de puissance et de la batterie.

Du côté du véhicule également, un refroidissement est nécessaire en raison des courants élevés. Sur les camions électriques actuels, les ports de recharge CCS sont déjà intégrés au système de refroidissement, mais en raison des sections réduites des câbles de connexion et des broches des connecteurs, ils ne peuvent pas transmettre de courants élevés en continu, généralement seulement 500 A. « Dans un avenir proche, les camions électriques devraient être équipés du MCS et conçus pour des courants nettement plus élevés, supérieurs à 1000 A. Pour y parvenir, de nouvelles solutions de refroidissement des véhicules – en particulier pour le port de recharge et la batterie – doivent être développées », déclare Niels Ross, chef de projet technique de recharge chez Designwerk. Le rendement global du système de recharge est de 90%; les pertes sont principalement dues à la mise en tampon du courant dans la batterie. Par conséquent, le processus est plus efficace lorsque la recharge peut être effectuée directement depuis le réseau, sans passer par la batterie tampon.

Un complément pour les stations de recharge fixes

À l'avenir, les bornes de recharge fixes avec norme CCS ou MCS devraient couvrir la majorité des besoins de recharge du transport lourd. Aussi, le Mega-Charger mobile est plutôt un produit de niche, destiné à être utilisé dans des situations où des puissances de charge élevées doivent être disponibles rapidement, par ex. pour des solutions temporaires et flexibles. Le succès du Mega-Charger dépendra donc non seulement des coûts, mais aussi de la disponibilité de poids lourds électriques performants. Il sera également crucial de savoir dans quelle mesure les entreprises trouveront des cas d'utilisation appropriés et des concepts d'exploitation pour cette station de recharge haute puissance. Il convient d'évaluer, en fonction de l'usage prévu, si les stations de recharge de l'ordre du mégawatt doivent être mobiles et nécessitent une batterie tampon.



Processus de recharge sur le site pilote d'Oberbüren. Photo: Designwerk AG

BATTERIES DE SECONDE VIE

Le Mega-Charger peut être exploité avec des batteries de seconde vie, ce qui promet des avantages en termes de coûts. Cependant, l'évaluation de l'aptitude des batteries de seconde vie à être utilisées dans le Mega-Charger sans connaître les conditions d'utilisation de ces batteries durant leur « première vie » n'est pas chose aisée, comme le soulignent les auteurs du rapport final du projet: « Sans connaissances détaillées sur la « première vie » d'une batterie – en particulier la plage de températures, les taux de charge/décharge, les profils d'utilisation et le nombre de cycles – il est très difficile d'évaluer son état réel. Cela rend considérablement plus difficile une utilisation judicieuse et sûre en tant que batterie de seconde vie. »

Dans le cadre du projet, la Haute école spécialisée de Suisse orientale a réalisé pour le Mega-Charger une analyse du cycle de vie tenant compte de la fabrication, de l'exploitation, de la fin de vie, y compris des batteries de seconde vie utilisées. Les émissions de gaz à effet de serre étaient légèrement supérieures à celles du scénario de référence (camion électrique classique avec batterie plus grande mais charge utile plus faible), soit 39 contre 32 g eq CO₂/kWh. Si l'on considère les émissions par kilomètre, elles sont à peu près du même ordre (environ 45–50 g eq CO₂/km). Si l'on tient compte du poids des marchandises transportées, le Mega-Charger obtient de meilleurs résultats grâce à sa charge utile plus élevée. « Les impacts environnementaux dépendent donc moins de l'infrastructure de recharge seule que de la combinaison entre le concept d'utilisation, l'approvisionnement en électricité et l'efficacité du système », constate le rapport final.

- Le **rapport final** (en allemand) du projet « [Mega Charger – Système de recharge par batterie mégawatt pour véhicules utilitaires lourds](#) ».
- [Men Wirz](#) fournit des **informations** sur le projet au nom de l'OFEN.
- Vous trouverez plus d'**articles spécialisés** concernant les projets pilotes, de démonstration et les projets phares dans le domaine de l'électricité [ici](#).