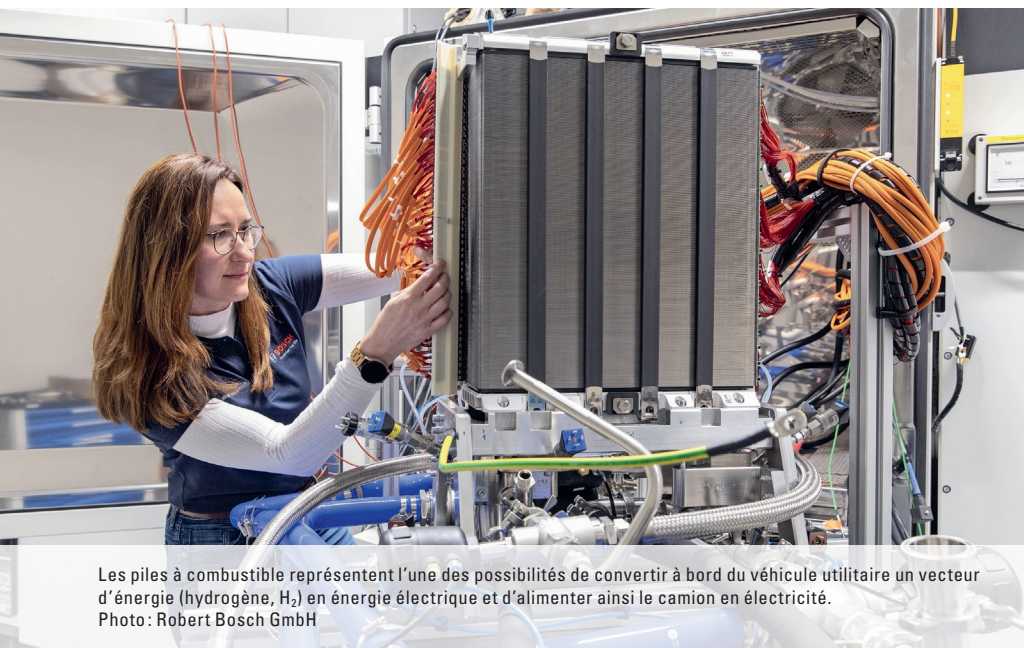


Le défi de la défossilisation et de la décarbonisation pour les véhicules utilitaires

# L'embarras du choix de la propulsion

La substitution des énergies fossiles dans le trafic routier est plus variée pour le secteur des véhicules utilitaires que pour celui des voitures de tourisme. L'application et les coûts déterminent la transmission la plus judicieuse. En conséquence, différentes technologies sont étudiées et développées. Actuellement, la propulsion électrique à batterie et les solutions à base d'hydrogène sont les plus prometteuses. **Andreas Senger**



Les piles à combustible représentent l'une des possibilités de convertir à bord du véhicule utilitaire un vecteur d'énergie (hydrogène, H<sub>2</sub>) en énergie électrique et d'alimenter ainsi le camion en électricité.  
Photo : Robert Bosch GmbH

Le camion à moteur diesel perdra sa raison d'être, du moins en Europe. La pression augmente sur le secteur des transports pour qu'il utilise des systèmes de propulsion plus écologiques et réduise les émissions de CO<sub>2</sub>. Le GNC/BGC (gaz naturel comprimé, biogaz) ou le GPL (gaz de pétrole liquéfié) constituent actuellement une technique de transition. Le gaz naturel fossile (gazéifié ou liquide) permet une réduction d'environ 25% des émissions de CO<sub>2</sub> du moteur à combustion, car le rapport entre le carbone et l'hydrogène est meilleur qu'avec d'autres carburants fossiles comme le diesel grâce à la structure atomique de la molécule de méthane (CH<sub>4</sub>). Le biogaz est majoritairement produit à partir de déchets végétaux et sa combustion produit une quantité de CO<sub>2</sub> équivalente à celle absorbée par les plantes durant leur croissance.

Si l'on veut réussir la défossilisation (sources d'énergie sans pétrole brut) et la décarbonisation (ne pas émettre de CO<sub>2</sub> supplémentaire), d'autres sources d'énergie devront à l'avenir

prendre le relais. En tête, on retrouve l'énergie électrique, qui passe au premier plan. Dans le secteur des voitures de tourisme, les jalons sont posés dans cette direction au niveau politique en Europe. Dans le domaine des véhicules utilitaires et du tout-terrain (comme les engins de chantier), la transmission électrique pose toutefois le défi du stockage et du chargement de l'énergie dans le véhicule. Un camion ou une pelleteuse ne doit pas rester des heures à la borne de recharge pour charger ses batteries, mais doit pouvoir partir immédiatement après avoir chargé sa cargaison ou creuser une fosse sans interruption. Selon le domaine d'application, les propulsions électriques à batterie fonctionnent pour les véhicules utilitaires (petit rayon, pas de dépassement de la capacité de charge maximale). Pour les distances plus longues, des alternatives sont indispensables.

Andreas Gorbach, membre du comité de Daimler Truck AG et responsable de la technologie des camions, résume ainsi : « Pour décarboniser les transports, nous avons be-

soin de technologies de propulsion aussi bien électriques à batterie que fonctionnant à l'hydrogène. Le domaine d'application idéal pour les camions à pile à combustible est celui des tâches de transport flexibles et exigeantes dans le domaine du transport longue distance. En franchissant la barre des 1000 kilomètres avec un plein (80 kg d'hydrogène liquide, n. d. l. r.), nous avons maintenant prouvé de manière impressionnante que l'hydrogène est tout sauf du vent pour les camions et que nous progressons très bien sur la voie de la production en série. En même temps, notre course record d'aujourd'hui est un appel pour sensibiliser au fait que la décarbonisation des transports nécessite deux facteurs supplémentaires, en plus des technologies de propulsion appropriées : une infrastructure énergétique verte et des coûts compétitifs par rapport aux fourgonnettes conventionnelles. »

Andreas Gorbach aborde ici deux facteurs centraux : quelle que soit la source d'énergie utilisée à l'avenir, la production ne doit pas générer de CO<sub>2</sub>. Concrètement, cela signifie que l'électricité, pas plus que celle utilisée pour produire l'hydrogène, ne peut provenir d'une centrale à énergie fossile, mais doit être « verte », c'est-à-dire issue d'une source renouvelable (hydroélectricité, éolien, solaire, biomasse ou énergie nucléaire). Dans ce domaine, l'Europe est massivement en retard sur les objectifs fixés et les idées d'importer de l'énergie électrique sous forme de sources d'énergie chimiques d'autres continents existent certes, mais leur mise en œuvre nécessite des décennies.

Le deuxième point est la compétitivité et donc le TCO (coût total de possession) d'un véhicule utilitaire. Le talon d'Achille de l'électrification du secteur de la propulsion reste les batteries. Actuellement, un accumulateur lithium-ion coûte environ 90 francs par kWh (source : statista.com). En raison de la forte demande en matières premières pour les batteries, comme

le lithium, les prix des matériaux de base ont augmenté et n'entraînent pas de réduction significative des coûts de production. Si un véhicule utilitaire doit atteindre plus de 680 km d'autonomie avec une seule charge de batterie, il faut une batterie de plus de 5,6 tonnes et d'une capacité de 1000 kWh pour une consommation de 124 kWh /100 km avec remorque (données de Designwerk). Le coût de la batterie à elle seule s'élève à environ 90 000 francs. Pour des véhicules à longue distance dans le transport routier transfrontalier, ce ne sera pas rentable économiquement, même si les prix des batteries auront tendance à baisser à l'avenir, selon les prévisions. Pour les trajets courts, comme pour les véhicules de chantier, la logistique de distribution ou le secteur du recyclage (bennes à ordures), la propulsion électrique à batterie fonctionne tout à fait (hormis le coût). Pour le trafic interurbain, il faudrait recourir à la technique des lignes aériennes de contact, qui fait l'objet d'expériences depuis des années en Allemagne. Le véhicule utilitaire capte le courant de la caténaire sur certains tronçons d'autoroute, ce qui permet d'assurer aussi bien la propulsion que la recharge de la batterie pendant ce temps. L'infrastructure est toutefois si chère qu'une introduction à grande échelle n'en vaut guère la peine. La technique du pantographe (comme sur les chemins de fer) peut être considérée comme une possibilité qui a fait ses preuves pour les bus de ligne. Grâce à l'électrification des bus de ligne et à la possibilité de procéder à une charge partielle de la batterie au terminus grâce au pantographe, il est possible d'assurer un fonctionnement local sans émissions de CO<sub>2</sub>, sans que les bus transportent des batteries excessivement grandes et donc lourdes.

Pour les distances plus longues dans le secteur des transports, des alternatives sont recherchées. Le transport de l'énergie sous forme d'hydrogène est très prometteur. Il n'est pas étonnant que des constructeurs établis, comme Daimler Truck (Mercedes-Benz) avec Volvo ou Iveco avec Nikola, aient forgé des coopérations pour la technologie de propulsion par pile à combustible. En Suisse, des constructeurs comme Hyundai montrent depuis des années que la transmission H<sub>2</sub>-FC fonctionne. La pile à combustible (fuel cell, FC) transforme l'hydrogène par une combustion à froid en eau (H<sub>2</sub>O) et en courant électrique, qui peut être utilisé pour la propulsion ou pour charger la batterie de stockage intermédiaire. Le transfert d'éner-

Suite à la page 48



- 1 Dans le cas des véhicules utilitaires, la transmission électrique se distingue notamment par le « remplissage » et le stockage de l'énergie. Les véhicules utilitaires électriques à batterie transportent un grand volume de batteries et, afin de réduire les temps d'arrêt, dépendent de bornes de recharge à haut débit (système de charge mégawatt).
- 2 Un complément coûteux mais idéal est la recharge en cours de route. Les lignes aériennes de contact permettent aussi bien d'obtenir l'énergie nécessaire à la propulsion que de recharger les batteries pendant le trajet.
- 3 Pour le service régulier, la recharge grâce au pantographe au terminus est une bonne solution.
- 4 L'hydrogène peut être transporté à l'état liquide et donc de manière compacte. Le ravitaillement de l'hydrogène gazeux doit cependant se faire à froid, à une température inférieure à -250 °C, et celui-ci doit être transporté dans des réservoirs isolés thermiquement.
- 5 Il est plus facile de faire le plein avec de l'hydrogène gazeux (pression actuelle de 350 bars pour les véhicules utilitaires, augmentation possible à 700 bars à l'avenir, comme pour les voitures de tourisme), mais cela nécessite des réservoirs de gaz volumineux à bord.
- 6 La pile à combustible fait actuellement l'objet d'essais intensifs chez différents constructeurs et fournisseurs de véhicules utilitaires et pourrait constituer une solution plus optimale que les véhicules électriques à batterie sur les longues distances. Photos : Nikolai, Siemens, Scania, Daimler Truck/Mercedes-Benz (2), Bosch

gie dans le véhicule se fait alors beaucoup plus rapidement que pour les véhicules électriques à batterie. En cas de ravitaillement en hydrogène gazeux, il faut environ 20 minutes pour remplir les réservoirs de gaz à 350 bars. Si l'hydrogène est liquide, et donc très froid, cela prend à peu près le même temps que le remplissage d'un réservoir de carburant diesel. Le secteur des véhicules utilitaires discute actuellement de l'augmentation de la pression de consigne à 700 bars, comme pour les voitures de tourisme, afin de pouvoir stocker une quantité d'énergie supérieure d'environ 70% pour un même volume de réservoir de gaz ou d'avoir des réservoirs plus petits.

Mais l'efficacité globale, et donc le rendement, se dégrade davantage. Alors que le moteur électrique transforme l'énergie électrique en travail mécanique avec un rendement énormément élevé (environ 95% dans le diagramme caractéristique optimal), la pile à combustible se contente d'un rendement de 60% pour une charge maximale de 40%. L'électrolyse qui précède (production de l'hydrogène à partir d'eau grâce à l'énergie électrique) présente également un rendement d'environ 60%. La loi physique fondamentale selon laquelle les rendements individuels d'une chaîne énergétique sont multipliés font chuter le rendement global dans le pire des cas. Ce n'est que lorsque l'électricité alternative est disponible en abondance que le rendement de la chaîne énergétique globale ne joue plus aucun rôle. Plus il y aurait de surplus d'électricité, plus le prix de l'énergie serait avantageux. Le fait qu'avec les prix actuels de l'énergie, l'hydrogène soit utilisé dans les moteurs à combustion à hydrogène n'aide pas non plus. C'est surtout pour les grosses machines comme les grues de chantier mobiles que cela peut être judicieux sur le plan technologique pour fournir les performances requises. Pour le transport de marchandises, la technologie de la pile à combustible aurait plutôt l'avantage.

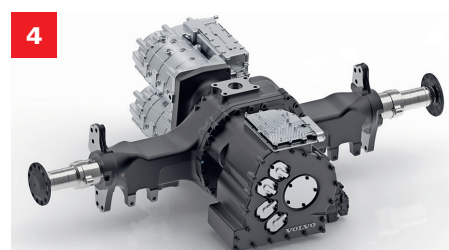
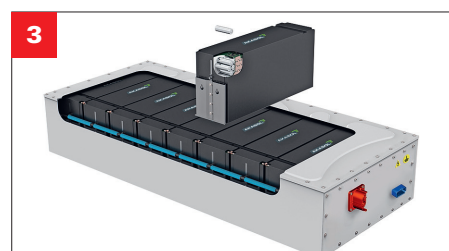
Le conditionnel utilisé dans le dernier paragraphe montre qu'actuellement, la poussée vers l'avant est violemment freinée. Outre l'énorme déficit d'électricité propre en Europe (en par-



ticulier pendant les mois d'hiver), il manque également un réseau de stations-service à hydrogène qui pourrait alimenter un nombre nettement plus important de véhicules. Bien que la Suisse ait fait un travail de pionnier dans ce domaine, il y aurait trop peu de points de ravitaillement. La situation est encore pire dans le reste de l'Europe, où la logistique du transport routier doit être exempte d'énergies fossiles d'ici 2050, conformément aux directives politiques.

Une autre option est négligée par la branche et la politique: les e-carburants. La production

- 1 D'autres véhicules utilitaires, comme les engins de chantier, font également face à la défossilisation. Toutefois, là encore, les propulsions électriques à batterie ne sont qu'une technologie de transition, car recharger la batterie prend trop de temps. Photos: Volvo
- 2 Le stockage dans des batteries ne fonctionne que si les temps de charge sont courts grâce à des méga-chargeurs. Photo: Scania
- 3 Chères et lourdes: les batteries sont le talon d'Achille du stockage de l'énergie. Photo: Daimler Truck
- 4 Un rendement très grand, un couple élevé, une facilité d'entretien et peu de composants: la transmission électrique peut présenter de nombreux atouts et s'établira également pour les véhicules utilitaires. Photo: Volvo



synthétique de carburants chimiques pourrait générer un effet de levier important en étant mélangée à l'essence ou au diesel fossile et assurer à long terme une réduction significative des émissions de CO<sub>2</sub> dues au trafic routier, y compris au niveau mondial. L'hydrogène et le carbone nécessaires à cet effet pourraient être produits en utilisant de l'électricité renouvelable et distribués à l'infrastructure actuelle des stations-service. Le méthane synthétique pourrait également être utilisé dans le secteur des véhicules utilitaires en tant que GNC vert. Si seulement ce n'était pas au conditionnel. ●

**Nouveau: FGS, la remorque avec essieu élévateur et 100% d'équilibrage**

**Poids utile à 2,9t**

Remorques pour le transport de voitures, carrosseries  
Visitez notre exposition ou demandez une démonstration. Disponible également en modèle communal.

**T&W Technik**  
Dammstr. 16, 8112 Otelfingen  
tél. 044 844 29 62  
www.fgs-fahrzeuge.ch

depuis 1964 **CORTELLINI & MARCHAND AG** **061 312 40 40**  
Rheinfelderstrass 6, 4127 Birsfelden

**Le plus complet des services de réparation de boîtiers électroniques pour auto de Cortellini & Marchand AG**

**Vous cherchez, nous trouvons – Votre service de recherche pour pièces automobiles d'occasion**

[www.auto-steuergeraete.ch](http://www.auto-steuergeraete.ch) [www.gebrauchte-fahrzeugteile.ch](http://www.gebrauchte-fahrzeugteile.ch)