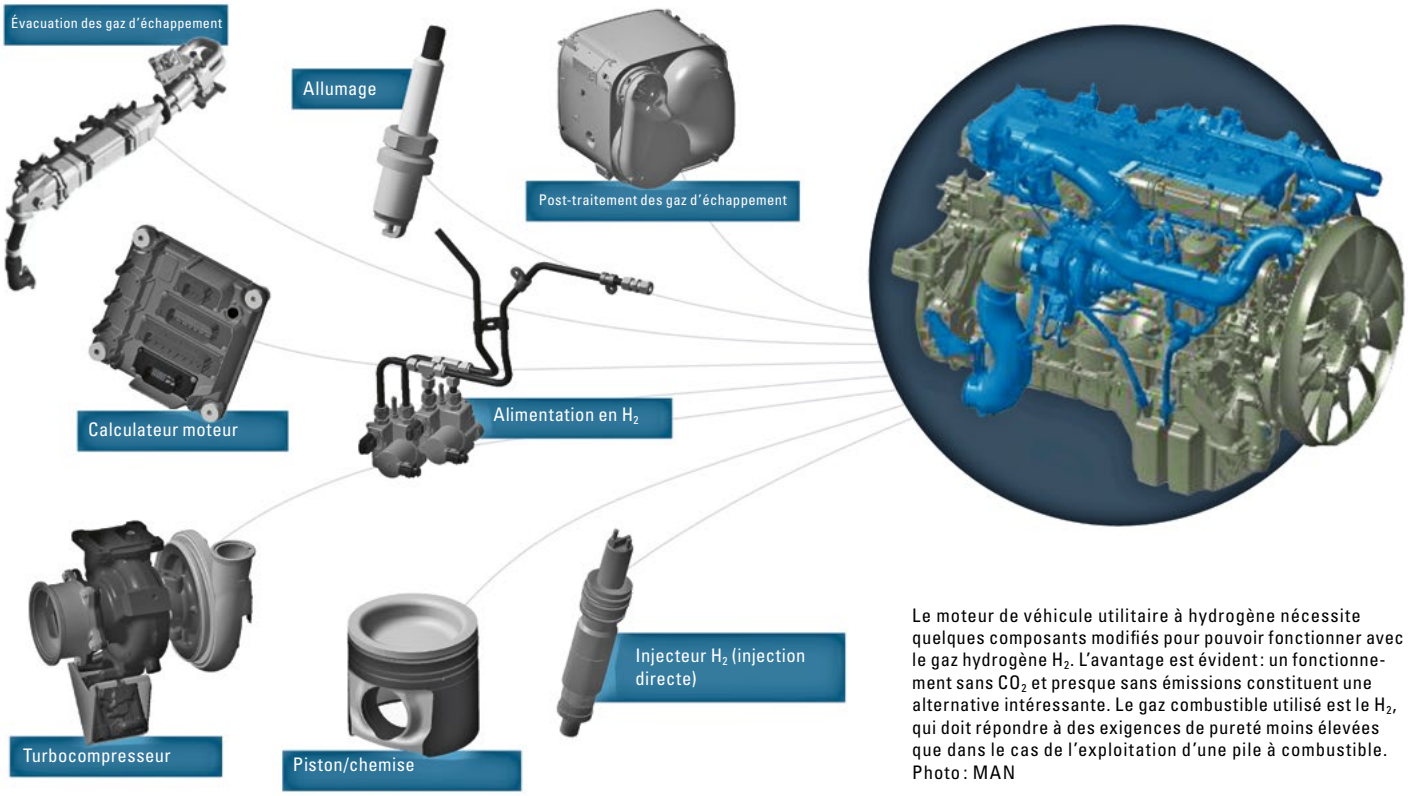
Propulsion des véhicules utilitaires à l'hydrogène – pile à combustible ou moteur à combustion

Émission de vapeur d'eau

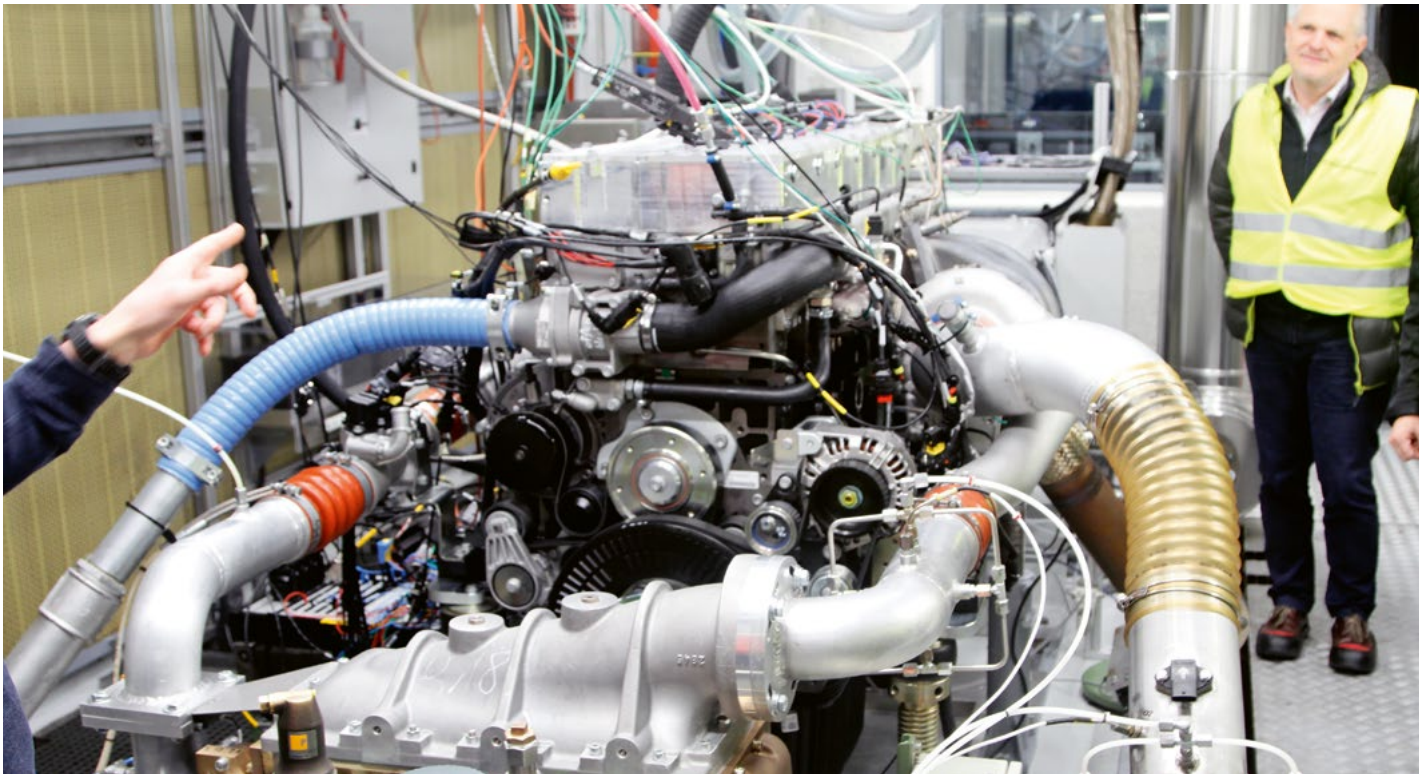
La transmission électrique par batterie est également en première position pour les véhicules utilitaires légers et lourds afin de réduire les émissions locales de CO_2. En raison du poids élevé des batteries, qui sont installées au détriment de la charge utile, et de leur coût élevé, la question d'une alternative à moyen et long terme se pose. L'hydrogène pourrait constituer une alternative valable dans les piles à combustible ou les moteurs à combustion. **Andreas Senger**

Silencieusement, les constructeurs de véhicules utilitaires sont au travail dans les départements de recherche et de développement. Alors que les voitures de tourisme se focalisent sur la transmission électrique par batterie, les « poids lourds » sont clairement attachés à l'ouverture technologique. En fonction de la charge et du domaine d'application, les constructeurs de véhicules utilitaires veulent proposer aux clients des solutions de mobilité optimales en termes de coûts d'acquisition et d'exploitation (TCO), mais aussi en termes d'écologie. Pour les véhicules utilitaires lourds, la transmission électrique par batterie est une variante intéressante pour le transport de distribution. Mais si l'on veut parcourir de longues distances en un minimum de temps, la technologie des batteries est un frein. Outre les masses élevées, une recharge de 10 à 80 % de SOC n'est pas réalisable en 30 minutes environ comme pour les voitures de tourisme modernes, mais prend nettement plus de temps. Il faudra encore attendre d'ici à ce que les mégawatt-chargeurs soient disponibles sur l'ensemble du territoire pour recharger en grande partie les batteries des véhicules utilitaires pendant la pause de 45 minutes. Quelles sont donc les alternatives de propulsion sans énergie fossile à moyen et long terme ? C'est là que s'impose un gaz qui a été testé depuis longtemps en Suisse et qui, grâce à un travail de pionnier, a également un parc de véhicules en circulation. La seule chose qui l'a fait reculer, c'est le prix élevé de l'énergie. Il s'agit de l'hydrogène H_2 utilisé comme source d'énergie pour les piles à combustible FC (fuel cell) ou même les moteurs à combustion.

L'hydrogène est une source d'énergie intéressante. L'électrolyse de l'eau pure H_2O permet de la séparer en hydrogène H_2 et en oxygène O2. Si l'énergie électrique utilisée pour la production provient d'une source renouvelable, la transformation chimique est pauvre en CO_2. Le gaz peut ensuite être soit distribué par un système de gazoducs (le réseau de gaz naturel en est capable dans certaines circonstances), soit transporté par conteneur vers les stations-service (mise en œuvre actuelle



Le moteur de véhicule utilitaire à hydrogène nécessite quelques composants modifiés pour pouvoir fonctionner avec le gaz hydrogène H_2. L'avantage est évident : un fonctionnement sans CO_2 et presque sans émissions constituent une alternative intéressante. Le gaz combustible utilisé est le H_2, qui doit répondre à des exigences de pureté moins élevées que dans le cas de l'exploitation d'une pile à combustible. Photo : MAN



En Suisse aussi, on travaille assidûment sur le moteur à combustion à hydrogène. Chez Fiat Powertrain Motorenforschung (FPT AG) à Arbon (TG), un véhicule d'essai modifié est déjà en cours afin d'optimiser les composants pour une durée de vie élevée et d'aplanir le chemin vers la production en série. Photo : Se

de H_2 Energy AG). Dans la station-service, le gaz est injecté dans les véhicules utilitaires au moyen d'une surpression. Le ravitaillement en carburant était réalisé jusqu'à présent avec une pression finale de 350 bars. L'avantage est que l'hydrogène ne doit pas être refroidi avant le ravitaillement et que seule l'énergie du compresseur doit être utilisée. Certains constructeurs de véhicules utilitaires souhaiteraient passer à l'infrastructure de réservoir de 700 bars des voitures de tourisme. Le gaz doit alors être refroidi à environ – 40 °C afin de ne pas dépasser la température critique de compression d'environ 85 °C dans les réservoirs des véhicules. L'avantage serait que le processus de ravitaillement serait considérablement réduit, passant d'environ 20 à 30 minutes à environ 8 à 15 minutes. Cette solution serait particulièrement intéressante pour les véhicules utilitaires à longue distance.

Deux convertisseurs d'énergie possibles pour l'hydrogène

L'approche adoptée jusqu'à présent pour l'utilisation du carburant H_2 dans les véhicules utilitaires est réalisée au moyen d'une pile à combustible, tant pour les véhicules utilitaires légers que pour les véhicules lourds. La combustion à froid de l'hydrogène avec la part proportionnelle d'oxygène de l'air permet une oxydation dans la pile à combustible, qui libère de l'énergie électrique pour la transmission. La technologie est optimisée depuis des années pour l'exploitation stationnaire. Mais dès que la conversion d'énergie doit se faire de manière transitoire et donc dynamique pour le trafic routier, les exigences posées à la régulation sont élevées. Pour couvrir les charges de pointe et les champs de charge hautement dynamiques, il faut toujours travailler avec une batterie tampon pour le stockage intermédiaire de l'énergie dans le cas d'une transmission FC. Les autres défis à relever sont la maîtrise des basses températures extérieures (la vapeur d'eau gèle en dessous de 0 °C), une gestion thermique efficace, une durée de vie élevée de tous les composants et la robustesse contre les chocs. Un autre problème est la pureté de l'hydrogène pour le fonctionnement dans une pile à combustible. Celle-ci est définie dans les normes ISO 14687 / DIN EN 17124 et exige de l'hydrogène très pur. La proportion de H_2 doit se situer dans la plage de 99,999 % et plus (Grade 5.x). Les impuretés doivent donc être au maximum en ppm (parties par million, parties par million) ou en ppb (parties par billion, parties par milliard). L'effort nécessaire pour produire de l'hydrogène aussi pur afin d'assurer la longévité de la pile à combustible est coûteux.

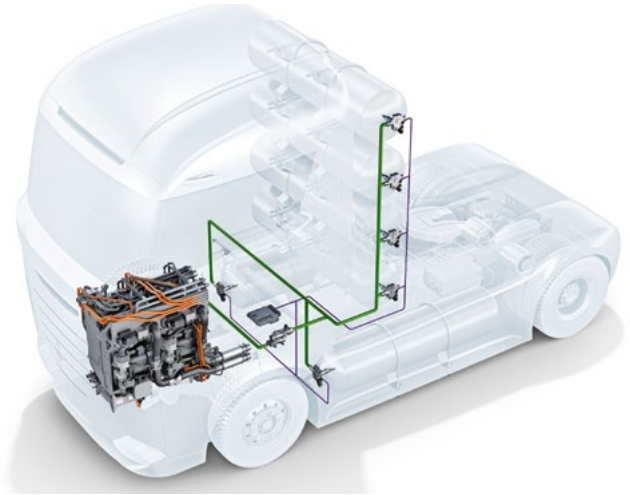
En conséquence, il est intéressant de penser à transformer l'hydrogène dans une combustion chaude dans un ICE (Internal Combustion Engine) au lieu d'une combustion froide dans le FC. Dans un moteur à combustion modifié, il est également possible d'injecter de l'hydrogène impur et, allumé par une bougie, de l'oxyder avec l'oxygène de l'air dans la chambre de combustion. L'énergie thermique provoque une augmentation de la pression qui est transformée en couple de rotation et donc en énergie mécanique via le piston, l'axe de piston, la bielle sur le vilebrequin. Le plus de ce concept : les lignes de production existantes pour les moteurs à combustion peuvent être réutilisées, seuls certains composants doivent être modifiés et, en ce qui concerne les émissions, il faut uniquement réduire les oxydes d'azote NO_x ainsi que les très faibles émissions de HC et de CO_2 dues à la consommation

Suite page 18

d'huile de lubrification en raison des températures élevées. L'approvisionnement en carburant H_2 est coûteux, tant pour les FC que pour les véhicules à combustion. L'hydrogène étant le plus petit atome sur terre, les conduites et surtout les transitions et les joints doivent être adaptés en conséquence. Dans les moteurs à combustion, l'hydrogène est injecté à environ 50 bars. Les injecteurs doivent donc être adaptés en termes d'étanchéité mais aussi de lubrification. Raison : H_2 n'a pas de propriétés lubrifiantes comme le diesel. Un effort significatif est également à trouver pour l'harmonisation du processus d'injection et le démarrage de la combustion par la bougie d'allumage.

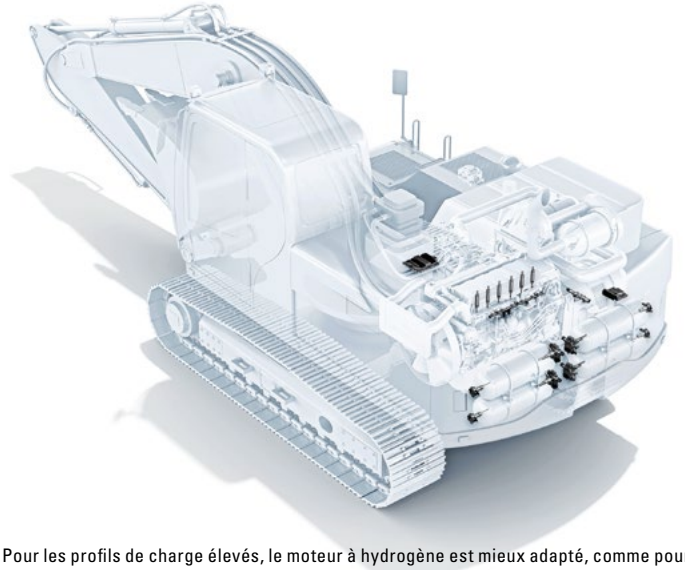
Grande portée et prêt pour les environnements difficiles

Le brûleur à hydrogène bat la transmission électrique à batterie pour les véhicules utilitaires en termes d'autonomie et de recharge en énergie (ravitaillement). Les véhicules utilitaires FC actuels ont une autonomie d'environ 400 km et consomment entre 8 et 10 kg de H_2 pour 100 km). Si l'on compare FC à un véhicule à combustion, le processus de ravitaillement est identique. Bien que la pile à combustible présente un meilleur rendement que le moteur à combustion (environ 50 % contre environ 30 %), le moteur à combustion a une nette longueur d'avance en termes de coûts. La consommation d'hydrogène augmente donc dans le cas du moteur à combustion en raison d'un rendement plus faible. Actuellement, il faut compter avec une surconsommation d'un facteur d'environ 1,7 entre le véhicule à combustion et le FC. En outre, les FC présentent le meilleur rendement dans la plage de charge moyenne, tandis que les moteurs à combustion sont plus optimaux dans la plage de charge supérieure. C'est pourquoi les brûleurs H_2 constituent une alternative plus intéressante à la transmission électrique par batterie ou à la propulsion FC dans le domaine des engins de chantier, car les charges sont élevées et l'environnement de travail, avec la poussière et la saleté, n'est pas favorable aux piles FC. Un autre inconvénient pour les brûleurs H_2 est l'absence de possibilité de récupération. Comme les transmissions FC fonctionnent avec des machines électriques, l'énergie cinétique peut être stockée dans la batterie tampon lors de la décélération et être récupérée à la prochaine accélération.



La pile à combustible FC (fuel cell) nécessite un espace similaire à celui d'un moteur à combustion et pose des exigences élevées en matière de pureté de l'hydrogène. Photo : Bosch

En conséquence, les brûleurs H_2 sont tenus, de par leur technique, d'être exploités autant que possible avec des points de charge élevés grâce au downsizing, afin de minimiser la consommation, et deuxièmement, il faudrait réfléchir à une hybridation. Comme pour les voitures de tourisme, un degré d'hybridation judicieux permet d'obtenir de grands avantages en termes de consommation. Grâce à une conception habile du moteur à combustion par rapport à la machine électrique et à la possibilité de parcourir des trajets partiels, par exemple en ville, avec le véhicule utilitaire également en mode purement électrique et donc très silencieux, il existe des possibilités d'application encore plus écologiques et intéressantes (mot-clé : levée de l'interdiction de circuler la nuit). Le secteur des véhicules utilitaires étant ouvert à la technologie et à l'écoute des besoins des entreprises de logistique en matière de solutions de transport, de nombreuses possibilités de propulsion vont encore animer le monde des véhicules utilitaires. Pour l'exploitation et l'entretien des véhicules, la situation restera passionnante à l'avenir car, contrairement au marché des voitures de tourisme, le portefeuille des poids lourds comportera davantage de variantes de motorisation, ce qui offrira aux professionnels des ateliers un environnement professionnel intéressant, tant en termes de diversité que de défis à relever dans le cadre de la formation initiale et continue. ●



Pour les profils de charge élevés, le moteur à hydrogène est mieux adapté, comme pour une pelleteuse, afin de pouvoir effectuer des travaux pendant une période prolongée (au lieu d'une transmission électrique par batterie), même dans des conditions défavorables et difficiles. Photo : Bosch

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
www.auto-steuergeraete.ch
Vous cherchez, nous trouvons – Votre service de recherche pour pièces automobiles d'occasion
www.gebrauchte-fahrzeugteile.ch

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
FGS