



La pile à combustible alimente le moteur électrique, la batterie 12 V via un convertisseur DC-DC et la batterie hauts voltages (stockage temporaire) en énergie électrique. En cas de comportement transitoire (accélération), la machine électrique reçoit l'énergie électrique de la FC et de la batterie hauts voltages.

La commande d'entraînement dans un véhicule à pile à combustible (FCEV) est complexe et techniquement exigeante. La pile à combustible fournit l'énergie électrique nécessaire à l'entraînement grâce à la combustion à froid d'hydrogène  $H_2$  et d'oxygène  $O_2$ . La cellule a le rendement le plus élevé dans la plage de charge moyenne. La commande d'entraînement est conçue de manière à ce que la pile à combustible fonctionne si possible dans cette plage de fonctionnement.

Le défi est que pendant l'accélération, c'est-à-dire le fonctionnement transitoire, la pile à combustible ne peut pas réagir assez rapidement pour fournir l'énergie d'entraînement directement au moteur électrique. Dans ce mode de fonctionnement, l'e-machine puise une partie de l'énergie électrique dans la batterie haut voltage. Afin de compenser l'énergie consommée, la gestion de la charge de la pile à combustible est ajustée et les performances de la FC sont augmentées jusqu'à ce que le SOC soit à nouveau équilibré. Cela peut également s'entendre : en augmentant la puissance FC, le régime du ventilateur pour fournir de l'air aux piles FC augmente.

### Hybride pseudo série

En raison de cette conception, la pile à combustible est dimensionnée comme un prolongateur d'autonomie. Selon la situation de conduite, seule une partie de l'électricité de la FC est convertie en énergie mécanique directement dans l'e-machine. En conséquence, la batterie haut voltage doit servir de tampon énergétique. Ni Hyundai ni Toyota ne peuvent charger la batterie haute tension en externe. Mercedes-Benz a testé des proto-

types en mode plug-in. Il est important que le SOC de la batterie haut voltage soit surveillé et que l'unité de contrôle de l'énergie principale régule en permanence la charge de la pile à combustible. Si le SOC tombe en dessous de 10-15 %, la puissance d'entraînement est réduite et le véhicule ne peut plus démarrer en dessous de 5 % de SOC. Cependant, cette panne n'est possible que s'il y a une fuite dans le circuit d'hydrogène ou si la pile à combustible ne fonctionne pas correctement (par exemple, alimentation en air restreinte).

### Commande d'entraînement

Dans les deux véhicules à hydrogène actuellement disponibles sur le marché suisse, le Hyundai Nexu et le Toyota Mirai, une unité de commande principale est responsable du contrôle de la conduite. Sur la photo, la régulation des flux d'énergie est logée dans le coffret de distribution haut voltage. Le système calcule en permanence le besoin en énergie électrique de la pile à combustible sur la base du couple souhaité par le conducteur et les consommateurs qui sont allumés, comme le système de climatisation avec le compresseur de climatisation à entraînement électrique. L'offre et la demande sont donc surveillées en permanence. La pile à combustible de la Mirai actuelle peut générer un maximum de 114 kW de puissance électrique. La puissance d'entraînement maximale est donnée à 134 kW. Cette différence de puissance et les besoins énergétiques des autres consommateurs électriques sont couverts par la batterie haut voltage. Cette régulation du flux d'énergie et la régulation de l'e-machine et de la pile à combustible constituent la grande différence

par rapport aux BEV conventionnels. Ce qui reste identique, c'est la possibilité de récupération lors de la décélération. Avec les deux variantes d'entraînement électrique, la batterie haute tension doit toujours avoir des capacités SOC disponibles afin d'absorber l'énergie électrique lors de la décélération. Dans le cas d'un véhicule à pile à combustible, la pile à combustible peut également être désactivée si nécessaire. De plus, on veille à ce que le SOC soit le plus grand possible lorsque le véhicule est en stationnement. La raison : en été, beaucoup d'énergie est nécessaire pour la climatisation stationnaire ou pour un refroidissement rapide. En hiver, la gestion thermique surveille les températures du système lorsque le véhicule est stationné et veille à ce que le FC ne gèle pas lorsque la température descend en dessous de zéro. L'énergie de chauffage nécessaire est également soutirée de la batterie haut voltage.

### Tensions diverses

Selon la charge, la pile à combustible fournit une haute tension différente. Pour charger la batterie haut voltage, les véhicules FC ont besoin de convertisseurs de tension qui régulent la charge. Comme pour le BEV, un convertisseur DC-DC est également requis pour le système électrique de bord 12 V. L'e-machine, qui reçoit une tension plus ou moins élevée en fonction de la charge et de la vitesse, nécessite un niveau de tension supplémentaire. La complexité de la commande de conduite est donc plus élevée dans le véhicule FC que dans le BEV. Néanmoins, les deux constructeurs parviennent à répondre à ces exigences de manière techniquement brillante.