

Piles à combustible – Etat de l’art et applications

ALPHEA Hydrogène est un réseau d’acteurs, majoritairement français, impliqués dans le développement des technologies de l’hydrogène et de la pile à combustible. Il est doté d’un Pôle de Compétences dont les principales tâches sont : la réalisation d’études techniques et économiques, la veille technologique et réglementaire, et l’initiation, la coordination ou la participation à des projets de recherche ou de démonstration. Cet exposé se propose de présenter la technologie de la pile à combustible, ses applications et ses enjeux.

Par rapport à une combustion classique de l’hydrogène, qui produit de l’eau et de la chaleur, la pile à combustible permet de produire à la fois de l’eau, de la chaleur et de l’électricité. Les principaux avantages de la pile à combustible sont les suivants : elle ne rejette que de l’eau si l’hydrogène est utilisé comme combustible, elle présente des rendements électrique et de cogénération élevés, elle présente également de bons rendements même à faible charge ; d’autre part, une grande variété de combustibles peuvent être utilisés. Une pile à combustible réalise l’opération inverse du procédé d’électrolyse de l’eau : c’est un convertisseur d’énergie qui transforme de l’hydrogène et de l’oxygène en électricité. Historiquement, on attribue l’invention de la pile à combustible à William Grove en 1839.

Les types de piles à combustible sont différenciables essentiellement par leur électrolyte et par leur température de fonctionnement. Une pile à combustible s’intègre dans un système à pile à combustible qui comprend de nombreux organes : compresseurs, pompes, réservoirs, systèmes d’humidification ... La technologie PEM est celle qui fait l’objet de plus de développements à l’heure actuelle. Une pile PEM se compose d’un empilement de plaques bipolaires et d’ensembles membrane-électrodes (MEA en anglais). En ce qui concerne la technologie SOFC, il existe deux technologies: planaire et tubulaire. Les progrès des piles à combustible sont étroitement liés à l’amélioration des matériaux utilisés (catalyseurs, membranes, électrolytes, ...)

Les différents types de piles à combustible présentent de nombreuses applications dans un large domaine de puissance allant de quelques watts à plusieurs mégawatts : systèmes portables (téléphones, ordinateurs portables, ...), systèmes de cogénération résidentielle, groupes électrogènes de secours, véhicules de transport individuel ou collectif, systèmes de cogénération industrielle... Des exemples de systèmes à pile à combustible PEMFC, SOFC, PAFC et MCFC, avec leurs caractéristiques, sont donnés. De nombreux tests et projets de démonstrations de piles stationnaires sont en cours dans le monde. Dans le domaine des transports, tous les principaux constructeurs s’intéressent à l’hydrogène en tant que carburant. Ils envisagent soit la technologie de la pile à combustible, soit celle du moteur à combustion interne à hydrogène, soit les deux. Des progrès très importants ont été réalisés depuis un peu plus de dix ans. Aujourd’hui, les voitures à pile à combustible développées ont des performances en terme de design, de confort, de vitesse de pointe qui s’approchent de celles des véhicules actuels. Des améliorations importantes doivent cependant être apportées au niveau de la durée de vie des systèmes à pile à combustible, de l’autonomie (problème du stockage de l’hydrogène) et aussi du coût, prohibitif à l’heure actuelle. De nombreux projets de démonstrations de bus à pile à combustible ont été réalisés ou sont en cours principalement aux USA, en Europe et au Japon. Le projet CUTE en Europe a notamment permis de tester en conditions réelles 27 bus à pile à combustible dans 9 villes d’Europe. Dans le domaine des véhicules, la tendance actuelle consiste à hybrider les piles à combustible avec des batteries ou des super-condensateurs afin de diminuer la consommation d’hydrogène.

En conclusion, les piles à combustible offrent déjà un certain nombre d’avantages : faibles émissions, excellents rendements, dans de nombreux domaines d’applications (applications portables, de secours, résidentielles, mobiles...), mais des progrès importants restent encore à faire pour que cette technologie s’impose : augmentation de la durée de vie des systèmes, développement de périphériques spécifiques et surtout diminution des coûts.