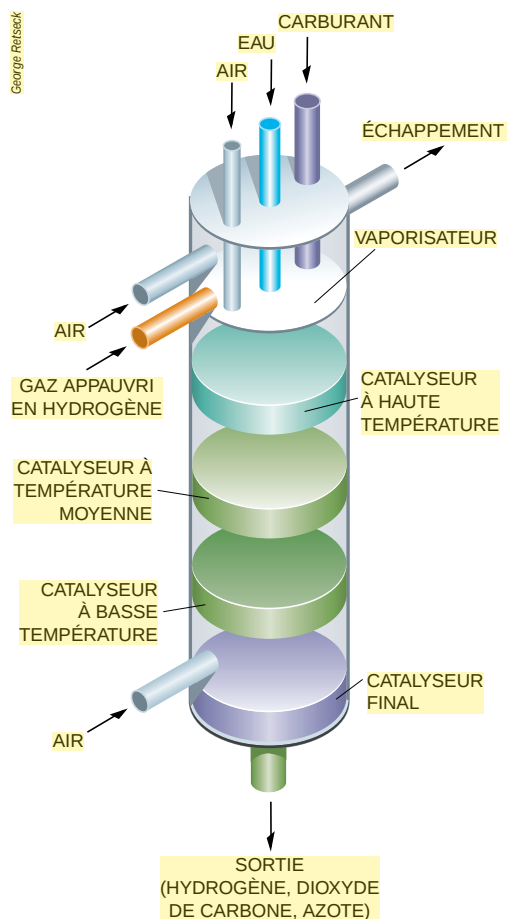


kilogrammes d'hydrogène. Comme ces matériaux sont chers et lourds, des chercheurs de l'Université Northeastern ont mis au point des nanofibres de carbone qui absorberaient de façon réversible de l'hydrogène à température ambiante. Si les études en cours confirment leurs résultats et même si ce matériau ne stocke que la moitié de la quantité d'hydrogène annoncée, les trois kilogrammes d'hydrogène tiendraient alors dans 35 litres, soit 1 000 fois moins que sous forme gazeuse.

Pour éviter de stocker l'hydrogène dans les véhicules, on pourrait le produire à bord, par reformage d'un composé hydrocarboné, tel le méthanol (on fait réagir le méthanol avec de la vapeur d'eau, à 280 °C, en présence d'un catalyseur). Comme le reformage produit un peu de dioxyde de carbone, ces systèmes ne sont pas aussi propres que les piles alimentées directement par de l'hydrogène. En outre, le transport et le stockage du méthanol nécessitent la mise au point de nouveaux réservoirs et l'organisation de sa distribution dans les stations-service.

Les piles à combustible à acide phosphorique fonctionnent particulièrement bien avec un reformeur, car leur système de chauffage produit simultanément la vapeur; leur température préviendrait aussi l'empoisonnement du catalyseur par les petites quantités de monoxyde de carbone produites lors du reformage (le monoxyde de carbone s'adsorbe sur les sites actifs du catalyseur; le chauffage entraîne sa désorption). Dans ces piles, le rendement de la transformation du méthanol en électricité atteint presque 50 pour cent. Depuis 1990, la Société *H Power* a ainsi construit plusieurs prototypes d'autobus silencieux, dont le rendement est le double de celui des autobus diesels, et qui n'émettent respectivement que 1,5 et 0,25 pour cent des quantités autorisées de monoxyde de carbone et d'oxydes d'azote.

Le reformage du méthanol convient moins bien aux membranes échangeuses de protons: l'empoisonnement du catalyseur n'est évité qu'au prix d'une étape supplémentaire d'oxydation catalytique, qui réduit le monoxyde de carbone à moins de dix parties par million, et d'une grande quantité de catalyseur, un alliage de



5. UN REFORMEUR POLYVALENT pourrait transformer l'essence ou le méthanol en un mélange gazeux riche en hydrogène pour les piles à combustible. La combustion du gaz contenant de l'hydrogène résiduel, provenant des anodes de la pile à combustible, chaufferait le carburant, l'eau et l'air, qui réagiraient au contact du catalyseur à haute température. Des catalyseurs complémentaires, actifs à des températures de plus en plus basses, réduiraient la quantité de monoxyde de carbone et augmenteraient la concentration en hydrogène dans le mélange d'échappement.

platine et de rhuthénium, sur l'anode. En outre, une partie de l'hydrogène produit doit être brûlé pour la production de vapeur dans le reformeur. La Société *Toyota* a présenté un véhicule équipé d'un tel système, dont le rendement n'était que de 37 pour cent. Un tel rendement peut être obtenu par un véhicule hybride propulsé par un moteur thermique et par un accumulateur, alors que le méthanol est aujourd'hui environ deux fois plus cher que l'essence pour un contenu énergétique équivalent (à terme, on devrait toutefois arriver au même coût). De plus, un reformeur de méthanol est volumineux et lourd.

Pourquoi ne pas produire de l'hydrogène en reformant simplement l'essence que l'on trouve aujourd'hui dans les stations-service? On profiterait de l'infrastructure de distribution déjà en

place. Dans un projet des Sociétés *Shell* et *DaimlerChrysler*, les véhicules seraient équipés d'un reformeur polyvalent, qui produirait de l'hydrogène à partir de méthanol ou d'essence et qui consommerait une partie du combustible pour produire la chaleur nécessaire (voir la figure 5). Le Laboratoire américain Argonne a testé un système qui convertit en hydrogène l'essence délivrée à la pompe avec un rendement de 78 pour cent. Toutefois, si l'on compte l'énergie consommée dans la vaporisation et l'énergie perdue dans la pile à combustible, le rendement global d'un véhicule ne serait que de 33 pour cent. En outre, le démarrage du reformeur à basse température doit encore être amélioré.

L'essence actuelle contient du soufre, qui empoisonne le catalyseur. Avec des piles stationnaires à acide phosphorique, l'essence devrait être désulfurée avant d'être transformée en gaz riche en hydrogène. Cependant, cette désulfuration est quasi impossible à bord des véhicules. Une possibilité est de faire traverser à l'hydrogène une membrane de palladium, à chaud et sous pression. Les sociétés pétrolières pourraient aussi produire de l'essence sans soufre qu'utiliseraient à la fois les véhicules à piles à combustible et les moteurs à combustion interne à haut rendement.

Verrons-nous un jour des «pompes à hydrogène» dans toutes les stations-service? Nos véhicules consommeraient alors moins d'énergie et seraient plus propres. En attendant, les techniques doivent encore progresser et, surtout, le coût des piles à combustible doit baisser.

John APPLEBY est professeur d'électrochimie à l'Université A&M.

A. John APPLEBY et Frank R. FOULKES, *Fuel Cell Handbook*, Van Nostrand Reinhold, 1989.

Leo J. M. J. BLUMEN et Michael N. MUGERWA, *Fuel Cell Systems*, Plenum Press, 1993.

Karl KORDESCH et Günter SIMADER, *Fuel Cells and Their Applications*, John Wiley & Sons, 1996.

Christopher E. BORRONI-BIRD, *Fuel Cell Commercialization Issues for Light-Duty Vehicle Applications*, in *Journal of Power Sources*, vol. 61, n° 1-2, pp. 33-48, 1996.