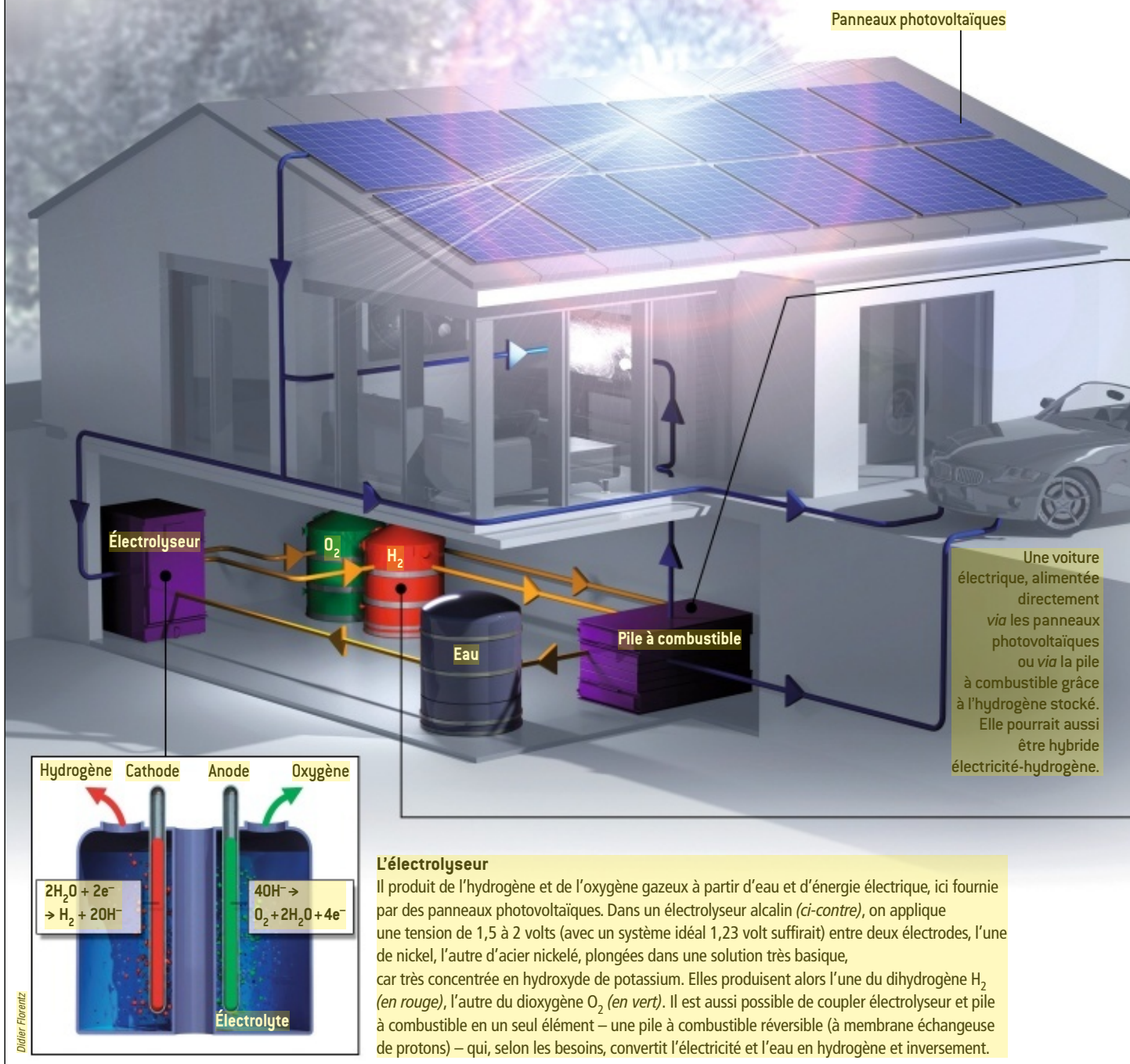


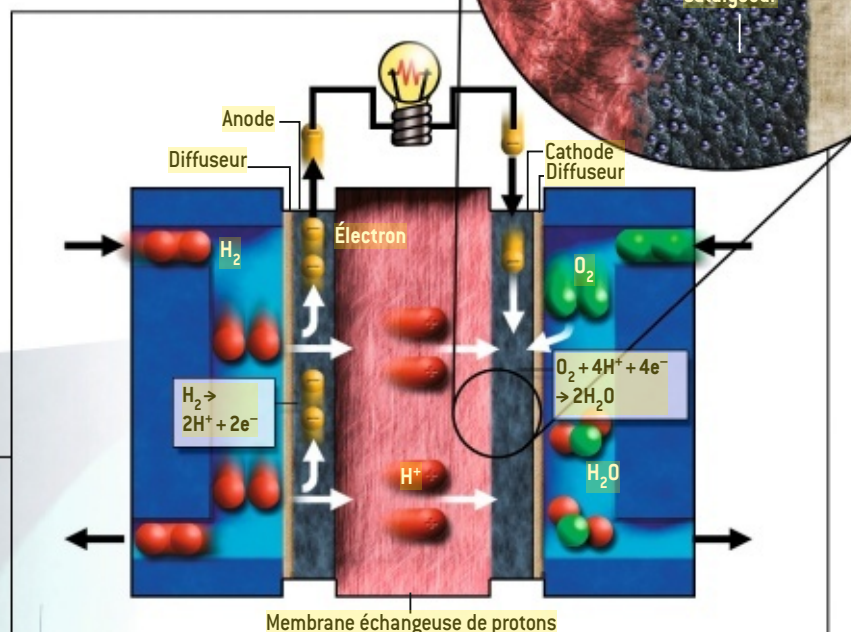
Dans les habitations de demain, des panneaux photovoltaïques transformeront la lumière solaire en électricité qui sera directement utilisée pour alimenter les appareils électroménagers et les véhicules électriques. Le surplus d'énergie sera acheminé vers un électrolyseur, où il assurera la transformation d'eau en dihydrogène H_2 et dioxygène O_2 : cette réaction convertit l'énergie électrique en énergie de liaison des atomes d'hydrogène dans les molécules H_2 .

Les deux gaz seront acheminés dans deux réservoirs différents. L'hydrogène pourra être stocké sous forme solide, associé à un métal – un conditionnement qui offre une meilleure compacité qu'un conteneur d'hydrogène gazeux. En l'absence de soleil, l'hydrogène et l'oxygène seront déstockés et acheminés vers une pile à combustible, qui les transformera en eau, libérant, sous forme d'électricité, l'énergie préalablement stockée sous forme d'hydrogène.

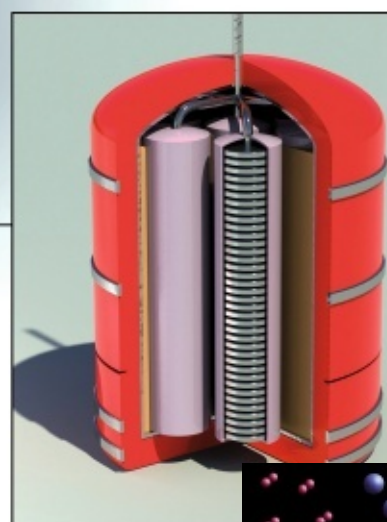
Un catalyseur (abondant et bon marché) déposé sur les électrodes facilitera la réaction, augmentant son rendement. Fondée sur la conversion, le stockage et la distribution d'énergies renouvelables, cette filière énergétique n'émet pas de dioxyde de carbone. Les chimistes travaillent à la rendre propre sur toute sa chaîne de production, des panneaux photovoltaïques au catalyseur, tout en améliorant son coût et son rendement.



Les électrodes
L'anode et la cathode sont constituées de fines particules – des nanotubes de carbone ou des grains de noir de carbone de 50 nanomètres de diamètre – sur lesquelles est déposé le catalyseur : des particules de platine de quelques nanomètres de diamètre ou des molécules imitant le site actif d'enzymes qui libèrent de l'hydrogène chez des bactéries.

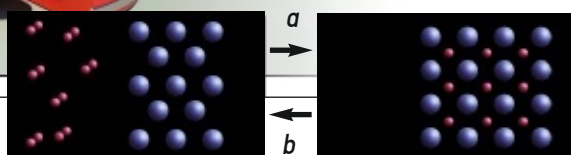


Pile à combustible à membrane échangeuse de protons
Elle transforme le dihydrogène H_2 et le dioxygène O_2 en eau et énergie électrique : le dihydrogène traverse un diffuseur – une matière carbonée poreuse – et atteint l'anode de la pile où il est dissocié en deux protons H^+ et deux électrons. Les électrons circulent vers la cathode dans un circuit électrique qui alimente la maison. Dans le même temps, les protons traversent une membrane en polymère dite échangeuse de protons, et sont attirés par la cathode, où ils se combinent à des électrons libérés par cette électrode et à du dioxygène, reformant de l'eau.



Réservoir d'hydrogène

L'hydrogène est stocké sous forme solide dans des structures métalliques : quand on abaisse la température, les molécules d'hydrogène réagissent avec le métal, se dissocient et s'insèrent dans la structure pour former un hydrure métallique (a). Quand on remonte la température, le gaz d'hydrogène se reconstitue (b). Le métal est entouré d'un « tampon » qui stocke la chaleur dégagée pendant le stockage et la restitue lors du déstockage. Un conteneur de la taille d'un gros cumulus domestique contient 4,5 kilogrammes d'hydrogène, ce qui suffit pour couvrir les besoins d'une famille française durant plus d'une semaine.



l'avons vu, peut se faire par électrolyse de l'eau (on sait également produire de l'hydrogène à partir de biomasse, mais les procédés sont en cours de développement, voir l'encadré page 34). Un électrolyseur est un système électrochimique qui convertit l'énergie électrique en énergie chimique. Il en existe plusieurs types. L'électrolyse dite alcaline de l'eau est sans doute la moins coûteuse et la plus aboutie. Son principal avantage réside dans le fait que ces électrolyseurs peuvent être fabriqués avec des matériaux abondants et peu coûteux : deux simples électrodes, à base d'acier ou de nickel, plongées dans une solution très basique – l'électrolyte – et parcourues par un courant électrique produisent respectivement de l'hydrogène et de l'oxygène gazeux (voir l'encadré ci-contre).

Produire l'hydrogène par électrolyse de l'eau

Développée depuis de nombreuses années pour la production d'hydrogène à l'échelle industrielle, cette technique a montré sa fiabilité. La principale limite des dispositifs actuels, outre qu'ils sont très encombrants, réside dans leur grande sensibilité aux brusques variations de courant ; la plupart des électrolyseurs alcalins industriels doivent également recevoir en permanence un courant minimal et éviter les arrêts fréquents. Une contrainte difficilement compatible avec l'approvisionnement irrégulier des sources d'énergie renouvelables. Ainsi, cette technique semble mieux adaptée pour le stockage d'énergie produite en excès durant la nuit par les centrales nucléaires que pour celui des énergies renouvelables.

Dans ce contexte, une autre technologie en cours de développement, l'électrolyse haute-température (entre 750 et 800 °C), est prometteuse. Elle consiste à utiliser la chaleur produite par une source externe non valorisée – telle la chaleur éliminée dans des tours de refroidissement – pour activer la réaction d'électrolyse et atteindre ainsi des rendements de conversion élevés.

La solution la plus pratique pour la production d'hydrogène à partir d'une source d'énergie intermittente semble être l'électrolyseur à membrane échangeuse de protons : l'électrolyte est remplacé par une membrane polymère très mince (100 à 200 micromètres – soit l'épaisseur