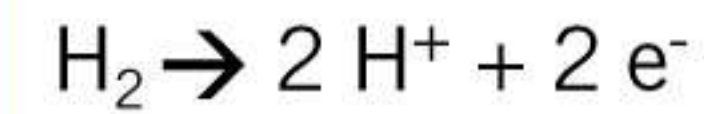


LA PILE À COMBUSTIBLE

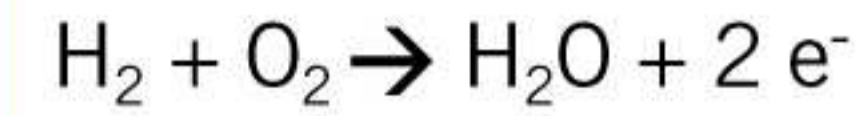
ANODE

Le dihydrogène, provenant d'un réservoir, subit la réaction d'oxydation suivante :

Piles PEMFC :



Piles SOFC :



ELECTROLYTE

La fonction de l'électrolyte est, ici, de séparer le dihydrogène du dioxygène, d'être un bon isolant d'électrons et de permettre la migration d'ions entre les deux électrodes (ions H^+ pour les PEMFC, ions O^{2-} pour les SOFC). Les recherches portent sur la diminution des coûts de fabrication, la résistance des matériaux à des températures élevées, la limitation des phénomènes de corrosion, l'augmentation du rendement des piles, la diminution de la température de fonctionnement des SOFC et l'augmentation de celle des PEMFC. Ainsi, des modifications chimiques sont étudiées pour tester de nouvelles structures, garantir leur stabilité et leur durée de vie.

Pour les piles SOFC, l'électrolyte est une céramique solide, le plus souvent à base d'oxyde de zirconium dopé avec de l'oxyde d'yttrium. Il fonctionne à haute température ($> 800 \text{ }^\circ\text{C}$).

Pour les piles PEMFC, l'électrolyte est une membrane épaisse de quelques micromètres constituée de polymère perfluoré (structure organique où tous les atomes d'hydrogène sont remplacés par des atomes de fluor). Il fonctionne efficacement à basse température ($< 100 \text{ }^\circ\text{C}$).

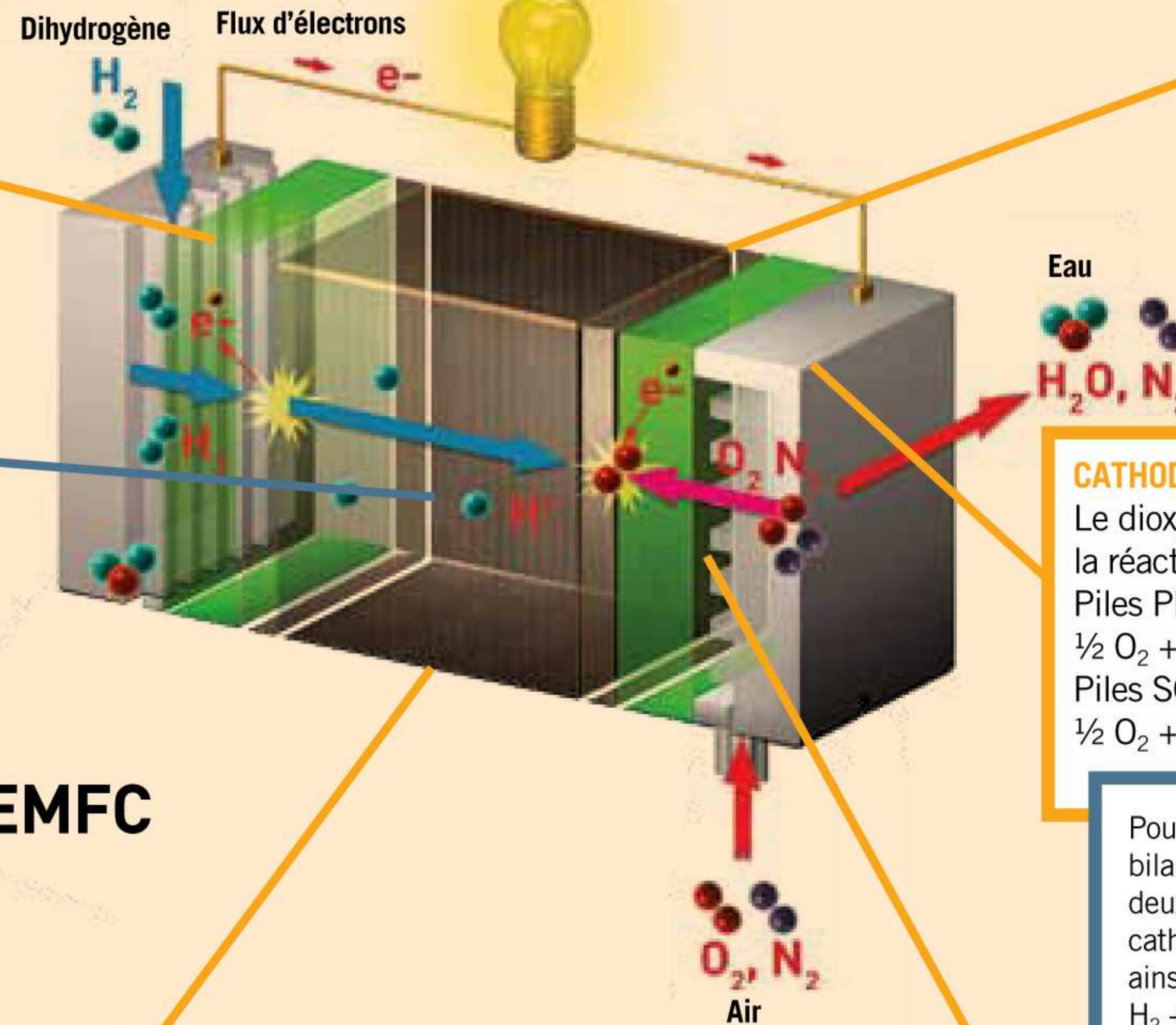
EXEMPLE D'UNE PEMFC

ENSEMBLE ELECTRODES-MEMBRANE

Le cœur de pile est formé de l'assemblage de deux électrodes et d'une membrane échangeuse de protons. Les électrodes sont constituées de deux couches :

- Une couche active composée de catalyseur et d'électrolyte, lieu où se produisent les réactions,
- Une couche de diffusion, obtenue par dépôt de carbone et de polymère. Elle est la composante de liaison entre les distributeurs de gaz que sont les plaques bipolaires.

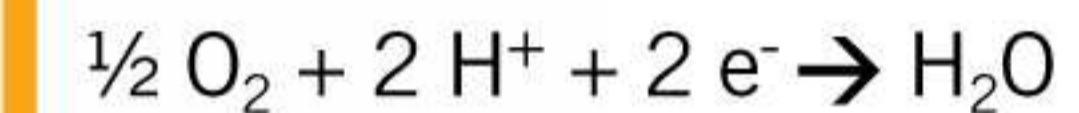
Leur élaboration est actuellement semi-automatisée, elle est associée à des moyens de caractérisation tels que les bancs de tests, les analyses électrochimiques, la modélisation.



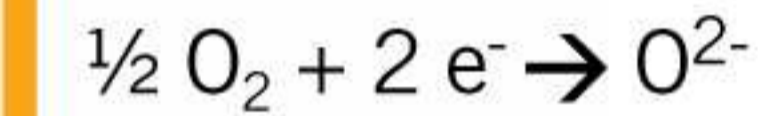
CATHODE

Le dioxygène provenant de l'air subit la réaction de réduction suivante :

Piles PEMFC :



Piles SOFC :



Pour les deux types de pile, le bilan global est le transfert de deux électrons de l'anode à la cathode via le circuit extérieur ainsi que la réaction $\text{H}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$.

PLAQUE DISTRIBUTRICE ou plaque bipolaire

Matériau d'interconnexion, elle constitue l'interface entre le système et le cœur de la cellule électrochimique. La plaque bipolaire sert à distribuer les gaz (dihydrogène, dioxygène ou air) et à collecter le courant électrique. Pour répondre aux exigences aussi bien de conductivité électrique et thermique que d'imperméabilité aux gaz, le graphite est couramment utilisé. Des composites organiques moulés, comme les fibres ou le carbone, sont également de bons conducteurs d'électricité. De fins canaux sont usinés à la surface des plaques pour le transport des gaz et l'évacuation de l'eau formée.

CATALYSEUR

Il est parfois utilisé pour accélérer ou activer certaines réactions. Ces substances chimiques jouent un rôle important dans les piles à combustible car elles limitent l'adsorption du monoxyde de carbone et favorisent son oxydation en libérant les sites actifs nécessaires à celle du dihydrogène.

Jusqu'à présent, on utilisait le platine, métal noble et onéreux. D'autres pistes sont à l'étude pour diminuer sa teneur ou s'en affranchir sans réduire ni dégrader les performances des piles : on envisage des catalyseurs formés de nanoparticules fonctionnalisées (combinant deux fonctions : catalyse et conduction ionique) ou des catalyseurs enzymatiques. Les enzymes ayant la faculté de corroder les métaux, l'ajout d'enzymes spécifiques permettrait de reproduire la biocorrosion de façon contrôlée, en augmentant les vitesses de réaction se produisant à l'anode et à la cathode.

Des chercheurs ont combiné nanosciences et chimie bio-inspirée afin d'élaborer, pour la première fois, un matériau capable de catalyser, sans platine, aussi bien la production de dihydrogène que son utilisation dans les piles à combustible.

Par ailleurs, les SOFC intègrent des catalyseurs non nobles tels que le nickel dans l'une des électrodes en composite céramique/métal.

PEMFC : Proton Exchange Membrane Fuel Cells
SOFC : Solid Oxyd Fuel Cells