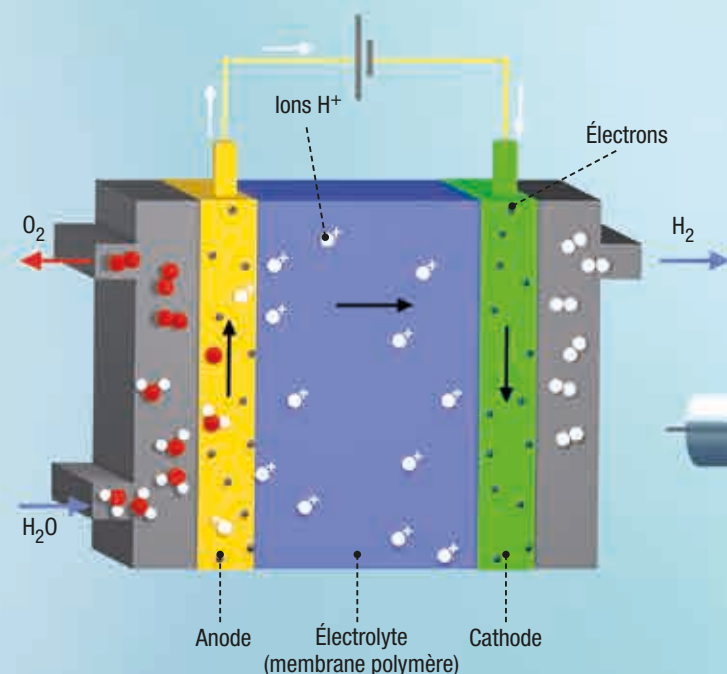
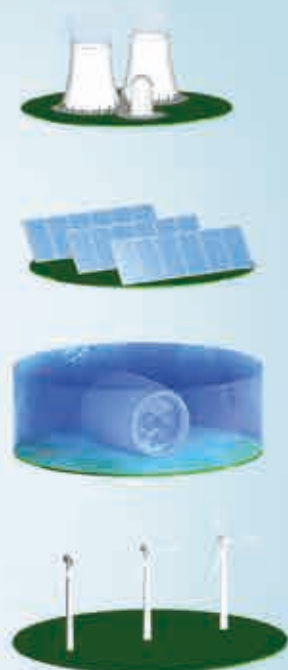


# Le vecteur hydrogène



Un des moyens de production de l'hydrogène à partir d'énergie nucléaire ou renouvelable est l'électrolyse. Une fois le gaz produit, il peut être directement utilisé ou bien stocké et converti de nouveau en électricité, par une pile à combustible, pour de multiples usages. Exemple avec l'électrolyse basse température à membrane polymère échangeuse de protons (PEM) et la pile à combustible PEM.



## Usages directs

Injection dans le réseau de gaz naturel.



Combinaison avec du CO<sub>2</sub> industriel pour le revaloriser en formant du méthane et des biocarburants (*power to hydrocarbure*).  $\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$

## À SAVOIR

La pile à combustible fonctionne selon le principe inverse de l'électrolyse. L'anode est l'électrode où a toujours lieu « l'oxydation » (réaction dans laquelle un atome ou un ion perd des électrons). La cathode est toujours le siège de la « réduction » (réaction dans laquelle un atome ou un ion gagne des électrons).

## Usages indirects



Injection dans le réseau électrique (*power to power*).



Utilisation pour la mobilité électrique (*power to mobility*).

## Source d'électricité

Renouvelables (solaire, éolien, hydraulique ou énergies marines) ou nucléaire, plusieurs sources d'électricité peuvent être utilisées pour une production décarbonée d'hydrogène. Pour cela, le courant issu d'une centrale est injecté dans un électrolyseur.

## Électrolyse : de l'électricité à l'hydrogène

Dans un électrolyseur basse température PEM, le courant continu qui traverse les cellules permet de décomposer les molécules d'eau (H<sub>2</sub>O) en ions hydrogène (H<sup>+</sup>) et oxygène (O<sup>2-</sup>).  $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$  : à l'anode, où se déroule l'oxydation de l'eau, du dioxygène est produit sous l'effet du courant ainsi que des ions H<sup>+</sup> qui traversent ensuite la membrane électrolyte.

$2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$  : à la cathode les ions H<sup>+</sup> se recombinaient et forment du dihydrogène H<sub>2</sub> qui peut ainsi être récupéré.

## Stockage

L'hydrogène produit est conditionné dans un réservoir selon différentes technologies fonction des applications (stationnaires ou embarquées). Parmi elles, le stockage gazeux sous pression (de quelques bars à 700 bars) et le stockage solide où l'hydrogène est absorbé par des matériaux métalliques placés dans le réservoir. La désorption de l'hydrogène des hydrures se fait ensuite par un apport de chaleur.

## Conversion : de l'hydrogène à l'électricité

Dans une pile à combustible basse température à membrane échangeuse de protons, il se produit la réaction inverse de l'électrolyse PEM.

$\text{H}_2 \rightarrow 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$  : l'hydrogène stocké est injecté à l'anode de la pile à combustible. Là, les molécules H<sub>2</sub> se dissocient en ions H<sup>+</sup> qui migrent vers l'électrolyte et en électrons qui sont contraints de circuler dans un circuit qui génère un courant et donc de l'électricité.

$\frac{1}{2}\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$  : à la cathode, ces électrons se recombinaient avec les ions H<sup>+</sup> et les molécules O<sub>2</sub> (issues de l'air ambiant) pour former de l'eau H<sub>2</sub>O, unique « déchet » de cette réaction qui produit également de la chaleur.



Production de chaleur par cogénération.