

Production de l'hydrogène.

<http://www.afhypac.org/>

Si dans la nature se trouve très peu d'hydrogène [dihydrogène] à l'état libre sous forme de molécules H_2 , il est en revanche très abondant à l'état combiné surtout dans l'eau (associé à l'oxygène) et dans les hydrocarbures (associé au carbone). Pour le produire il faut l'extraire de ses composés par dissociation :

- des hydrocarbures, par reformage avec l'inconvénient majeur de coproduire du dioxyde de carbone ;
- de la biomasse. Celle-ci lorsqu'elle est décomposée est source d'hydrogène car l'hydrogène avec le carbone constitue l'essentiel de sa structure chimique. De ce fait, il n'est pas possible d'obtenir cet hydrogène (bio-hydrogène) sans oxyde de carbone, mono ou di et donc on ne peut le considérer comme vert bien qu'il provienne d'une source renouvelable, il est seulement de « l'hydrogène renouvelable » ;
- de l'eau, par électrolyse, un procédé sans émission de gaz à effet de serre, de polluants, ni de particules et qui, lorsqu'il utilise de l'électricité renouvelable produit de l'hydrogène vert. [...]

Electrolyse de l'eau

<http://www.afhypac.org/>

La décomposition de l'eau par électrolyse s'écrit de manière globale : $H_2O \rightarrow H_2 + \frac{1}{2} O_2$

avec une enthalpie* de dissociation de l'eau : $\Delta H = 285 \text{ kJ/mol}$.

Cette décomposition nécessite un apport d'énergie électrique dépendant essentiellement de l'enthalpie et de l'entropie de réaction. Le potentiel théorique de la décomposition est de 1,481 V à 298 K. Les valeurs classiques des potentiels de cellules industrielles sont de l'ordre de 1,7 à 2,1 V [...]. La consommation électrique des électrolyseurs industriels (auxiliaires compris) est généralement de 4 à 5 kWh/Nm³** d'hydrogène produit. A noter qu'il convient d'éliminer en permanence la chaleur dégagée liée aux irréversibilités.

L'alimentation minimale en eau d'un électrolyseur est de 0,8 L/Nm³ d'hydrogène produit. En pratique, la valeur réelle est proche de 1 L/Nm³. [...]

Une cellule d'électrolyse est constituée de deux électrodes (anode et cathode, conducteurs électriques) reliées à un générateur de courant continu, et séparées par un électrolyte (milieu conducteur ionique).

Cet électrolyte peut être :

- soit une solution aqueuse acide ou basique,
- soit une membrane polymère échangeuse de protons
- soit une membrane céramique conductrice d'ions O^{2-} .

* Enthalpie : énergie de réaction (à pression constante).

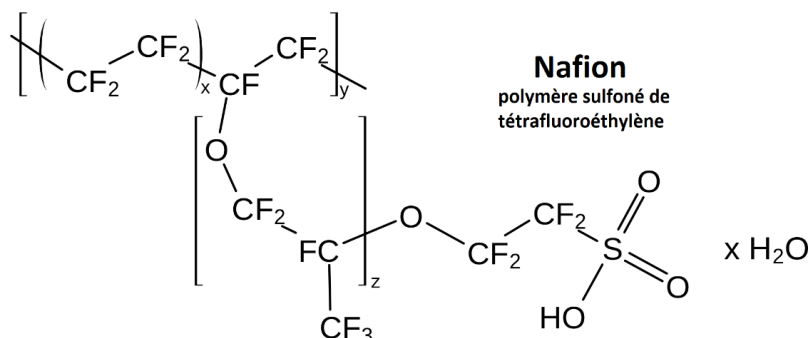
** Nm³ : normo-mètre-cube ou mètre-cube normal, c'est-à-dire mesuré dans les conditions dites « normales » de température et pression (273,15 Kelvin et 1,013 10⁵ Pascal). Dans ces conditions, le volume molaire des gaz est alors égal à 22,4 L. Masse volumique de l'eau liquide : $\mu = 1000 \text{ g/L}$. Masses atomiques molaires en g/mol : H = 1, O = 16.

Membrane échangeuse de protons

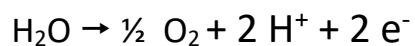
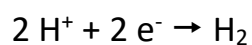
https://fr.wikipedia.org/wiki/Membrane_%C3%A9changeuse_de_protons

Une membrane échangeuse de protons ou membrane à électrolyte polymère (PEM) est une membrane semi-perméable fabriquée à partir d'ion mères permettant la conduction protonique tout en étant imperméable aux gaz tels que le dioxygène ou le dihydrogène : les protons passent à travers alors que les gaz sont stoppés. Cette particularité est exploitée dans les AME (Assemblage de Membrane-Électrode) des piles à combustibles PEM et des électrolyseurs PEM.

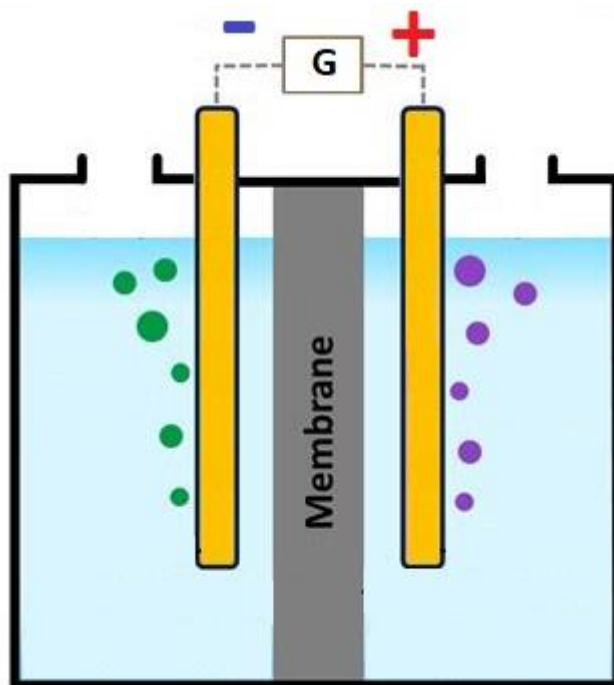
Les PEM sont fabriquées à partir de membranes en polymère pur ou de membranes composites où les matériaux forment une matrice de polymère. Un des matériaux les plus communément utilisés par les constructeurs de membrane échangeuse de protons est le *Nafion*, un polymère fluoré produit par la société DuPont.



Demi-équations de réaction



Cellule d'électrolyse



Consigne individuel (15 min)

Expliciter le fonctionnement d'un électrolyseur d'eau à membrane échangeuse de protons (déplacements des porteurs de charge électrique et réactions aux électrodes) et **vérifier les données numériques** du texte 2 (alimentation en eau, données énergétique...).