

La pile à hydrogène

La pile à hydrogène est improprement désignée sous ce terme car elle emploie à la fois l'hydrogène et l'oxygène gazeux.

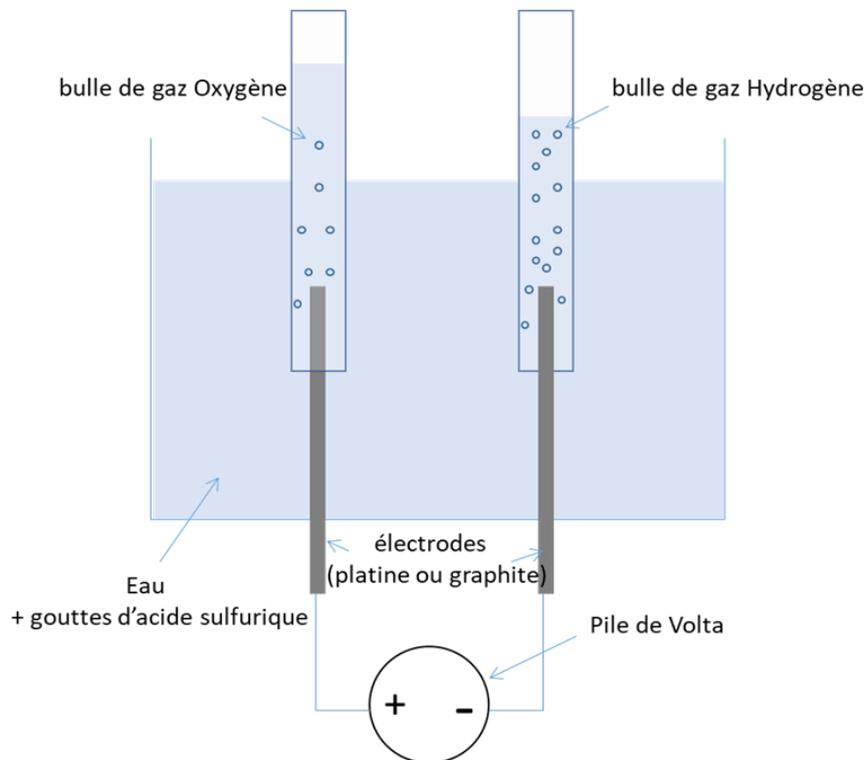
I Rappels historiques brefs sur l'hydrogène et l'oxygène

L'hydrogène est un gaz qui a été mis en évidence par le physicien et chimiste anglais Henry Cavendish en 1766. C'est Lavoisier qui lui donnera son nom quelques années plus tard, hydrogène signifiant « qui génère de l'eau » sous-entendu par combustion dans l'air (en fait le dioxygène de l'air).

L'oxygène est un gaz mis en évidence par le suédois Carl Wilhem Scheele en 1772 mais nommé encore une fois par Lavoisier qui en étudia les propriétés, notamment en le faisant réagir avec l'hydrogène et en constatant qu'il fallait introduire dans une enceinte deux volumes d'hydrogène pour un volume d'oxygène afin de réaliser une combustion complète initiée par décharge électrostatique, donc telle qu'il ne reste plus aucun réactif après réaction. Cette proportion va se retrouver dans la réaction inverse pratiquée en 1800, l'année de la découverte de la pile par Volta, l'électrolyse de l'eau.

II L'électrolyse de l'eau

L'électrolyse de l'eau consiste à disposer deux électrodes dans une cuve remplie d'eau pure et à appliquer une tension très élevée entre ces deux électrodes, afin de séparer deux molécules d'eau en deux molécules de dihydrogène et une molécule de dioxygène, formant des gaz recueillis dans des éprouvettes initialement remplies d'eau et retournées sur les électrodes selon le schéma suivant.

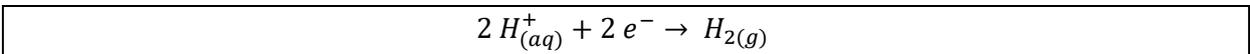


Toutefois, ne disposant en laboratoire que de tensions ne dépassant pas 12 V, on ajoute de l'acide sulfurique dans la solution, sans quoi la formation de dioxygène ne se fait pas.

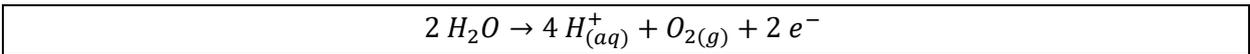
Le mécanisme réactionnel est le suivant.

A la cathode, les ions $H_{(aq)}^+$ captent un électron pour se réduire dans un premier temps, en atomes d'hydrogène H , avant de former du dihydrogène H_2 lequel, à la manière d'un soluté non polaire dans un solvant polaire comme l'est l'eau, se trouve repoussé par cette dernière dans une phase gazeuse homogène, le dihydrogène gazeux $H_{2(g)}$, lequel s'élève sous forme de bulles gazeuses par poussée d'Archimède, car de masse volumique inférieure à celle de l'eau dans lequel il est généré.

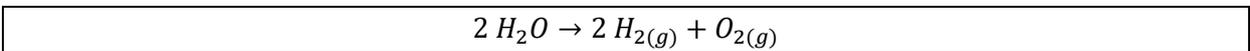
La réaction de réduction est la suivante :



A l'anode, les molécules d'eau fortement polarisées, par le fait que l'oxygène attire vers lui les deux électrons de valence de l'hydrogène auquel il est lié, se trouvent dissociées en cédant ces deux électrons à l'électrode qui les transmet au circuit, selon la réaction :



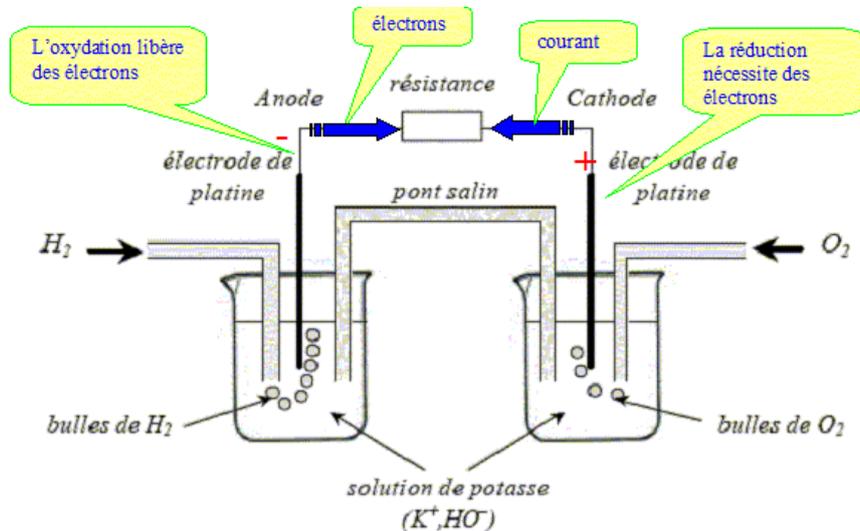
L'équation bilan est alors :



Il est à noter que c'est une réaction forcée. Elle nécessite de l'énergie électrique. La réaction inverse, en revanche, qui est la réaction de combustion du dihydrogène dans le dioxygène, opérée par Lavoisier, est une réaction spontanée. Cette réaction libère donc de l'énergie et c'est ce qui est utilisé dans la pile à hydrogène, mais au lieu de produire de l'énergie thermique, on s'arrange pour que cette réaction produise de l'énergie électrique essentiellement, car il y a toujours des pertes. Voyons comment.

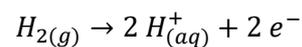
III La pile à hydrogène

Le principe de la pile à hydrogène est très simple. Il faut de l'oxygène gazeux, de l'hydrogène gazeux et du platine pour les électrodes.

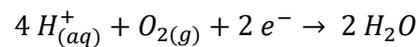


Les réactions qui se produisent sont les réactions inverses de l'électrolyse de l'eau, à savoir :

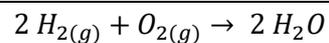
A l'anode : une oxydation du dihydrogène en ions $H_{(aq)}^+$:



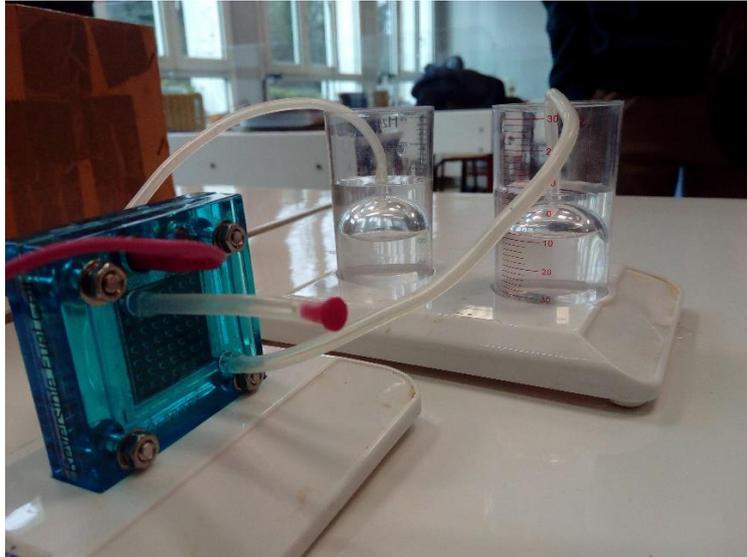
A la cathode : une réduction du dioxygène en molécule d'eau :



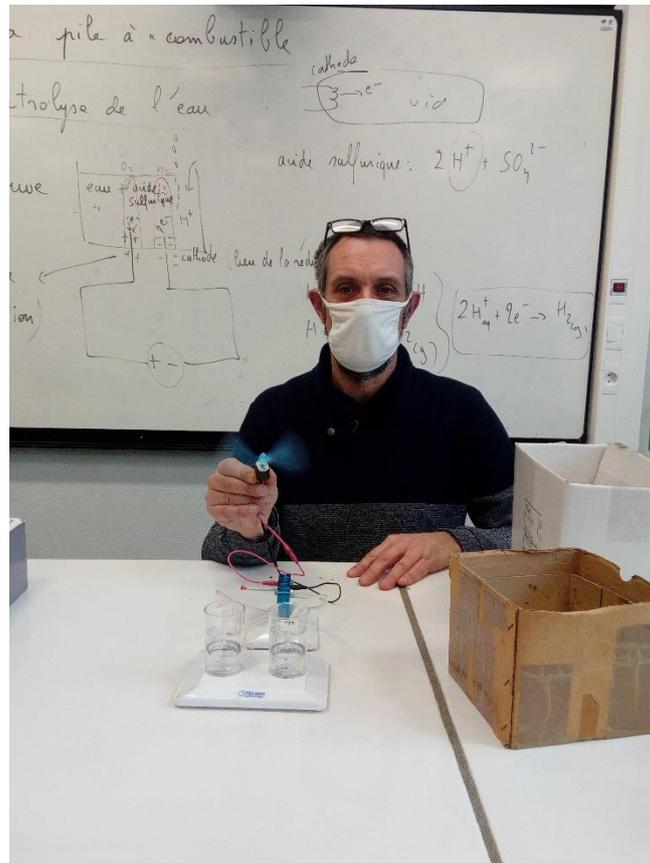
Et l'équation bilan est :



Voici une pile à hydrogène en phase de recharge. Ses électrodes sont mises sous tension grâce à une pile afin de la recharger. On voit nettement les deux cloches renversées et initialement remplies d'eau, se remplir de gaz, avec un volume d'hydrogène deux fois plus grand que celui d'oxygène.



La même pile, une fois rechargée et alimentant une hélice



Un schéma de fonctionnement d'une pile à hydrogène :

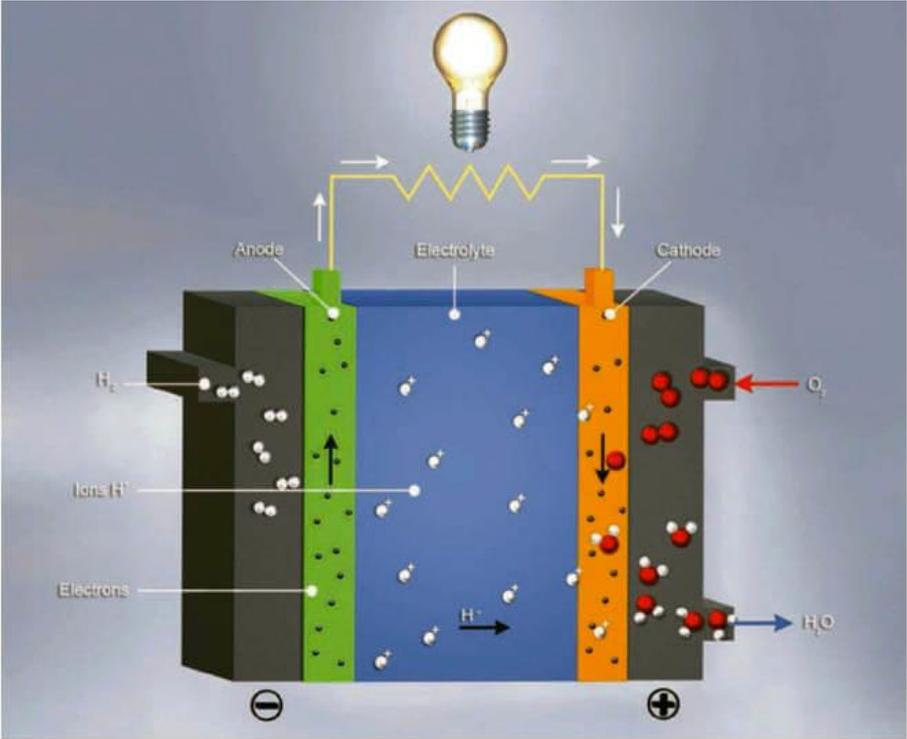


Schéma d'une pile à combustible. En gris, les plaques bipolaires. Source : CEA.