

Les Piles à Combustible

C'est quoi une pile à combustible?

Une pile à combustible (PAC) est un générateur électrochimique qui permet de **convertir directement l'énergie chimique interne d'un combustible en énergie électrique** sans passer par l'énergie thermique.

Le processus peut être décrit comme l'**inverse de l'électrolyse** de l'eau.

Réaction chimique globale : $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$

Dans les PAC, **les réactifs sont renouvelés et les produits, surtout l'eau, évacués en permanence.**

De même **la structure** (électrodes, électrolyte et sites réactifs) **ne réagit pas et ne se dégrade pas** au cours du temps.

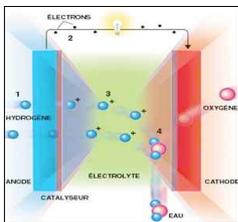


Schéma d'une pile à combustible

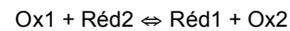


Modèle d'une pile à combustible

Principe d'une réaction d'oxydo-réduction

Le principe fondamental de la pile à combustible est analogue à celui d'une pile galvanique → **réaction d'oxydo-réduction**

Une réaction électrochimique s'écrit sous la forme :



Le potentiel de la réaction rédox est donné par l'équation de Nernst :

$$E = E_0 + \frac{RT}{nF} \ln \left[\frac{\text{produits}}{\text{réactifs}} \right]$$

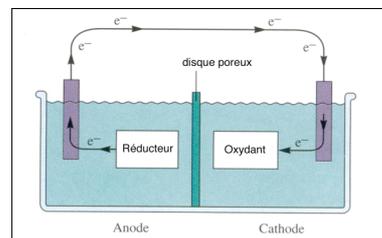
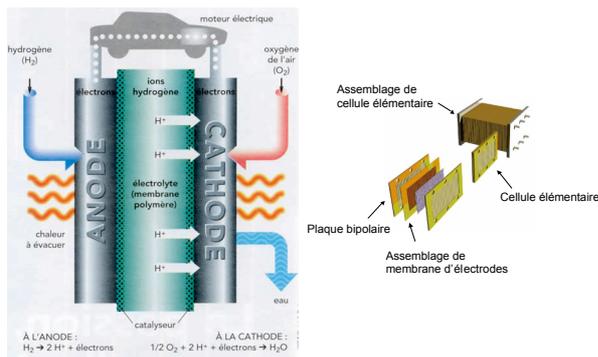


Schéma d'une pile galvanique classique

Les différents constituants d'une PAC

Une PAC est un assemblage de cellules élémentaires, comprenant **deux électrodes (l'anode et la cathode)** chargées en **catalyseur** (le plus souvent du **platine**), séparées par un **électrolyte**, dont le rôle est de permettre la **migration des ions d'une électrode à l'autre**, sous l'effet du champ électrique créé.

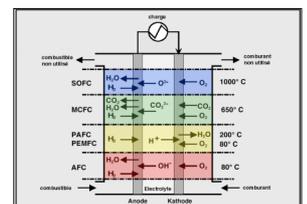


Les différents types de PAC

- Piles alcalines** AFC
- Piles à acides phosphoriques** PAFC
- Piles à carbonates fondus** MCFC
- Piles à oxydes solides** SOFC
- Piles à membranes échangeuses de protons** PEMFC
- Piles à méthanol direct** DMFC

| type | AFC | PEMFC | PAFC | MCFC | SOFC | DMFC |
|------------------------------------|-----------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| électrolyte | KOH | membrane échangeuse de protons (MEP) | H ₃ PO ₄ | Mélange de Li ₂ CO ₃ , K ₂ CO ₃ dans une matrice LiAlO ₂ | Oxyde de zircon, ZrO ₂ et yttrium Y ₂ O ₃ | MEP ou H ₂ SO ₄ |
| charge transférée | OH ⁻ | H ⁺ | H ⁺ | CO ₃ ²⁻ | O ²⁻ | H ⁺ |
| Température de fonctionnement (°C) | 60-80 | 80-100 | 180-210 | 630-650 | 900-1000 | 70-100 |
| combustible | H ₂ | H ₂ produit à partir d'hydrocarbures ou eau de méthanol | H ₂ produit à partir d'hydrocarbures ou CO ₂ | H ₂ et CO produit à partir d'hydrocarbures | H ₂ et CO produit à partir d'hydrocarbures | méthanol |
| oxydant | O ₂ | air/O ₂ | air/O ₂ | air/O ₂ | air/O ₂ | air/O ₂ |
| Rendement % | 64 | 50 | 50 | 60 | 70 | 35 |
| applications | NASA | véhicules | Install. stationnaires | Santa Clara 2 MW | Installations de 50 MW | véhicules |

Les différentes piles à combustible et leurs caractéristiques



Chemin des réactifs et produits