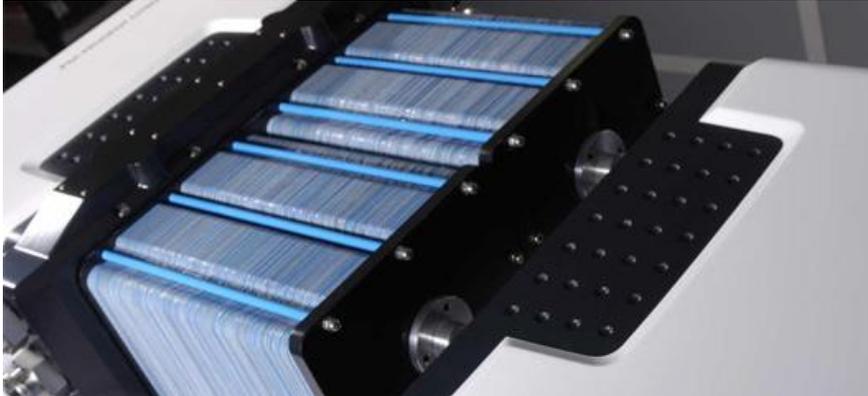


## Consigne individuel (20 min)

Il s'agit d'établir et comparer le mode de fonctionnement électrochimique de deux types de pile à combustible : PEMFC et SOFC (réactions aux électrodes, polarité, migration des espèces chargées...).

# Piles à combustible

<https://www.connaissancesdesenergies.org/fiche-pedagogique/pile-a-combustible>



Pile à combustible pour automobile développée en 2006 par le CEA (©P. Stroppa/CEA)

## Définition et catégories

Une pile à combustible (PAC) permet de convertir directement de l'énergie chimique de combustion (oxydo-réduction) en énergie électrique, en chaleur et en eau.

Le cœur d'une PAC est constitué de trois éléments, dont deux électrodes : une anode oxydante (émettrice d'électrons); une cathode réductrice (collectrice d'électrons) séparées par un électrolyte.

L'électrolyte a la propriété de conduire directement d'une électrode à l'autre des molécules ionisées et de faire barrage aux électrons en les obligeant à passer par le circuit extérieur de la pile ou leur énergie électromotrice peut être exploitée.

**L'alimentation d'une PAC se fait par injection continue de combustible à l'anode, généralement de l'hydrogène, et à la cathode, généralement le dioxygène (oxygène dans le langage courant) de l'air ou l'air lui-même.** Une énergie électrique continue est alors disponible aux bornes de la pile.

Dans le langage courant, les piles à combustible utilisant généralement l'hydrogène ou un combustible hydrogéné sont appelées « piles à hydrogène ».

Les piles à combustible se différencient d'abord par la nature de leur électrolyte, soit acide conduisant les ions positifs (protons  $H^+$ ) de l'anode à la cathode, soit basique (anions  $OH^-$ ,  $O^{2-}$ ,  $CO_3^{2-}$ ) en sens contraire.

## On distingue ainsi 6 types de piles à combustible :

**Trois à électrolytes acides** (ions  $H^+$  migrant de l'anode vers la cathode):

- les PEMFC (Proton Exchange Membrane Fuel Cell). L'électrolyte est constitué d'une membrane solide polymère fonctionnant à basse température. (20-100°C). Celle-ci transmet sélectivement vers la cathode les ions  $H^+$  formés par oxydation catalytique de l'hydrogène injectée directement sur l'anode ;
- les DMFC (Direct Methanol Fuel Cell). Au lieu d'hydrogène, ces piles utilisent comme combustible le méthanol ( $CH_3OH$ ). Injecté directement sur l'anode avec de l'eau son oxydation catalytique produit des ions  $H^+$  et du gaz carbonique [ $CO_2$ ]. Comme sur les PEMFC, une membrane solide polymère transmet sélectivement les  $H^+$  vers la cathode ;
- les PAFC (Phosphorique Acid Fuel Cell) utilisent à la place de membranes solides de l'acide phosphorique liquide occlus dans une matrice solide poreuse. Elles peuvent fonctionner jusqu'à 200°C.

**Trois à électrolytes basiques** (ions négatifs migrant de la cathode vers l'anode)

- les AFC à potasse liquide (Alkaline Fuel Cell) utilisent l'ion  $OH^-$  libéré par réduction catalytique de cette base sur la cathode ;
- les MCFC (Molten Carbonate Fuel Cell) utilisent des carbonates de lithium et de potassium fondus pour faire migrer des ions  $CO_3^{2-}$  ;
- les SOFC (Solid Oxyde Fuel Cell) exploitent un électrolyte solide (zircono dopé aux terres rares) pour produire des ions  $O^{2-}$ . [Cette pile est également alimentée à la cathode par du dioxygène et à l'anode par du dihydrogène].