

# Puzzle

## sur la pile à combustible

### BUT DU JEU

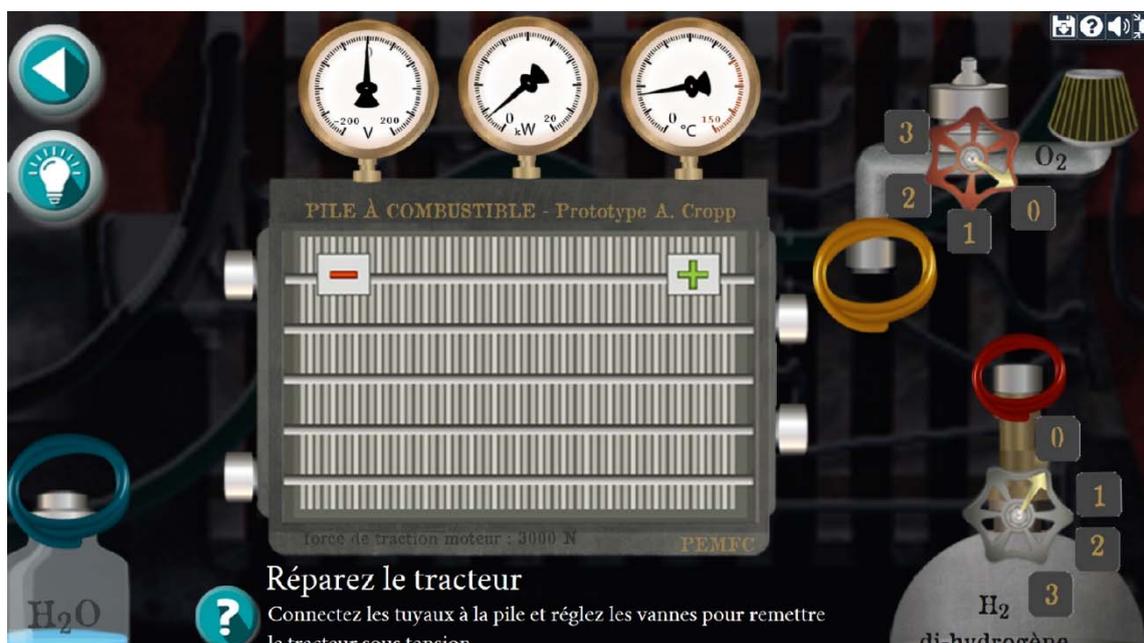
#### Connecter les tuyaux d'hydrogène, d'oxygène et d'eau pour réparer le tracteur électrique :

Connecter les tuyaux d'hydrogène, d'oxygène et d'eau dans le bon sens de fonctionnement de la pile à combustible, c'est-à-dire afin que chaque réactif soit délivré à la borne qui convient. Régler les vannes d'oxygène et d'hydrogène de manière à ce que les réactifs soient délivrés dans les proportions stœchiométriques de la réaction mise en jeu au sein d'une pile à combustible.

### PÉDAGOGIE

#### Prérequis pour exploiter pédagogiquement le puzzle :

- Savoir que la pile à combustible fonctionne à partir de deux gaz : le dihydrogène et le dioxygène et qu'elle produit de l'eau sous forme liquide et de l'électricité **en quantité importante (assez pour déplacer un véhicule).**



## Notions scientifiques mises en œuvre dans le puzzle :

Ce puzzle permet de mettre en œuvre le **principe de fonctionnement d'une pile à combustible (programme de physique-chimie, niveau lycée)**, à savoir :

- ☑ Que la réaction mise en œuvre est une réaction électrochimique, qui met en jeu les deux couples d'oxydo-réduction suivants :  $\text{O}_2 (\text{g}) / \text{H}_2\text{O} (\text{l})$  et  $\text{H}^+ (\text{aq}) / \text{H}_2 (\text{g})$

A la cathode, pôle **positif** de la pile, l'oxydant mis en jeu est le **dioxygène du couple  $\text{O}_2 (\text{g}) / \text{H}_2\text{O} (\text{l})$** , selon la demi-équation redox :  $\text{O}_2 (\text{g}) + 4 \text{H}^+ (\text{aq}) + 4 \text{e}^- = 2 \text{H}_2\text{O} (\text{l})$ .

A la cathode, il y a une réduction de l'oxygène produisant de l'eau.

A l'anode, pôle **négatif** de la pile, le réducteur utilisé est le **dihydrogène  $\text{H}_2$**  du couple  $\text{H}^+ (\text{aq}) / \text{H}_2 (\text{g})$ , selon la demi-équation redox :  $\text{H}_2 (\text{g}) = 2 \text{H}^+ (\text{aq}) + 2 \text{e}^-$

A l'anode, il y a une oxydation de l'hydrogène.

**L'équation bilan de la réaction mise en jeu pour faire fonctionner la pile à combustible est la suivante :  $2 \text{H}_2 (\text{g}) + \text{O}_2 (\text{g}) = 2 \text{H}_2\text{O} (\text{l})$**

L'eau est récupérée au niveau de la cathode.

- ☑ que pour fonctionner de façon optimale, la réaction électrochimique a besoin d'être équilibrée selon la bonne stœchiométrie. Les vannes permettent de jouer sur cette proportion. Il faut deux fois plus d'hydrogène que d'oxygène.
- ☑ que la réaction électrochimique entre l'hydrogène et l'oxygène produit de l'eau, de l'électricité et de la chaleur. Si on connecte l'oxydant et le réducteur à la même borne de la pile, on crée une surchauffe de la pile. Il y a un risque d'incendie.
- ☑ Si le joueur inverse les branchements de l'hydrogène  $\text{H}_2$  et de l'oxygène, il se rendra compte que la pile délivre une tension qui est négative, symétriquement à la tension réelle obtenue avec la bonne équation. La puissance et la température sont nulles.

## Notions pouvant être approfondies/complétées avec ce puzzle :

- ☑ L'enseignant pourra expliquer la différence entre pile et batterie.

**Une pile à combustible** est un **système ouvert** où on apporte au système des réactifs (hydrogène, oxygène). Une fois les réactifs consommés, il faut remettre de nouveaux réactifs.

**Une batterie** est un **système fermé** où les réactifs sont stockés dans le système. Quand les composants chimiques sont consommés, on recharge électriquement la batterie.

- ☑ L'enseignant pourra également expliquer **comment on s'approvisionne en hydrogène** qui n'existe pas dans la nature sous la forme pure  $\text{H}_2$ . Il y a donc nécessité de produire de l'hydrogène par électrolyse par exemple ou par d'autres procédés comme l'extraction d'hydrocarbures ou de la biomasse. (<http://www.cea.fr/comprendre/Pages/energies/renouvelables/essentiel-sur-hydrogene.aspx>). C'est pourquoi l'hydrogène n'est pas une source d'énergie : il doit être produit puis stocké avant d'être utilisé.

- ☑ Enfin, l'enseignant pourra expliquer que la réaction électrochimique nécessite, pour fonctionner de façon optimale, d'utiliser un **catalyseur**, qui permet d'accélérer la réaction. **Les catalyseurs actuellement utilisés sont le platine**, qui reste relativement coûteux, ce qui explique pourquoi les piles à combustible restent limitées à des secteurs de niche : transport collectif urbain (bus), utilisation dans des zones non interconnectées.

### Exemples de situations d'apprentissage :

- ➔ Le puzzle peut permettre à un enseignant de tester, à la fin du chapitre sur l'oxydo-réduction, la bonne assimilation des connaissances des élèves de façon ludique. C'est un moyen pour réviser l'équilibre et l'écriture d'une équation d'oxydo-réduction particulière, celle mise en jeu au sein d'une pile à combustible.
- ➔ A l'inverse, un enseignant peut utiliser ce puzzle pour faire découvrir aux élèves par un jeu d'essais-erreurs, proche de l'expérimentation et de la démarche scientifique, le principe de fonctionnement d'une pile à combustible.

### Limites ou approximations

Dans ce puzzle, la pile à combustible est schématisée sous la forme d'un bloc global. On n'entre pas dans la décomposition de la pile, à savoir électrolyte, catalyseur, matériaux de l'anode et de la cathode.

---

## RESSOURCES EN LIEN

### ANIMATION-VIDEO SUR LE FONCTIONNEMENT D'UN ELECTROLYSEUR ET D'UNE PILE A COMBUSTIBLE

- ➔ <http://www.cea.fr/multimedia/Pages/videos/culture-scientifique/energies/fonctionnement-electrolyseur-pile-a-combustible.aspx>

### FICHE L'ESSENTIEL SUR... L'HYDROGÈNE

- ➔ <http://www.cea.fr/comprendre/Pages/energies/renouvelables/essentiel-sur-hydrogene.aspx>