

## 1 Objectifs

Décrire et schématiser les transferts d'énergie mis en jeu dans une chaîne énergétique. Estimer des quantités d'énergie transférée, convertie ou stockée. Calculer un rendement.

## 2 Une application de la pile à combustible : la voiture PAC

### Document 1 : La voiture PAC

La voiture à hydrogène, c'est la promesse de véhicules "zéro émission". Cette voiture fonctionne à l'électricité comme la voiture électrique classique. La différence étant que, dans un véhicule à hydrogène, l'électricité est produite directement à bord, à partir d'hydrogène, par une pile à combustible (PAC).

#### Une pile, plus efficace que la batterie

Ce module, de 10 à 30 litres, est composé de plusieurs cellules comprenant deux électrodes séparées par une membrane en polymère, qui fait fonction d'électrolyte. Les réactions électrochimiques entre le dihydrogène injecté à l'anode et le dioxygène à la cathode, conduisent à la production d'électricité, de chaleur et d'eau. Au final, le véhicule à PAC ne rejette que de l'eau.

Mais comparés aux voitures à batterie, les véhicules à PAC présentent plusieurs atouts pratiques. Ainsi, leur rechargement en hydrogène prend aussi peu de temps qu'un plein d'essence : 3 à 5 minutes, contre quelques heures pour recharger une voiture à batterie. Par ailleurs, leur autonomie est similaire à celle d'un véhicule diesel : un plein d'hydrogène permet de parcourir jusqu'à 600 kilomètres, soit deux à trois fois plus que les voitures à batterie.

#### Quelques modèles déjà commercialisés

Quelques modèles de voitures à PAC sont déjà commercialisés depuis 2015 (Toyota Mirai, Hyundai ix35, Honda Clarity disponible). Toutefois, la commercialisation à grande échelle des véhicules à PAC se heurte encore à plusieurs obstacles rédhibitoires. Notamment, le coût de ces voitures reste élevé (79 200 euros pour la Mirai). De plus, la durée de vie moyenne de leurs PAC ne dépasse pas 4 100 heures, ce qui permet néanmoins de parcourir plus de 150 000 km.

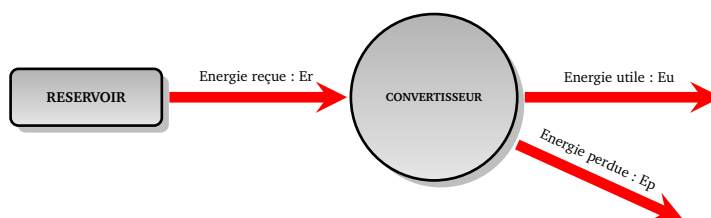
Autre problème : l'hydrogène est à l'heure actuelle très majoritairement obtenu à partir de ressources fossiles comme le charbon ou le gaz . . . Enfin, il n'existe pour l'instant en France qu'une quinzaine de stations permettant le remplissage en hydrogène. (D'après le [www.lejournal.cnrs.fr](http://www.lejournal.cnrs.fr))

- ① Donner la signification de "PAC".
- ② Donner la composition d'une pile à combustible.
- ③ Décrire la réaction électrochimique qui se produit au sein de la pile à combustible.
- ④ Donner l'autonomie des véhicules avec un plein d'hydrogène.
- ⑤ Citer les principaux inconvénients de ce type de véhicule.
- ⑥ Citer l'avantage de ce type de véhicule
- ⑦ D'où vient le dioxygène utilisé dans la pile à combustible ?

## 3 Introduction sur les chaînes énergétiques

### Document 2 : Chaîne énergétique

Pour étudier les différentes chaînes énergétiques d'un système on utilise une représentation schématique. Cette représentation schématique est la suivante :



- ① Donner les formes géométriques qui représente le réservoir et le convertisseur.
- ② Donner le rôle du convertisseur et du réservoir.
- ③ Donner la relation entre  $E_r$ ,  $E_u$  et  $E_p$ .

## 4 Etude des différents convertisseurs de la maquette "pile à combustible"

La maquette "pile à combustible" comporte quatre convertisseurs : le panneau photovoltaïque, l'électrolyseur, la pile à combustible et le moteur.

### 4.1 Le panneau photovoltaïque

- ① Donner le rôle du panneau photovoltaïque.
- ② Représenter la chaîne énergétique de ce convertisseur en indiquant la nature des énergies reçue  $E_r$ , utile  $E_u$  et perdue  $E_p$ .
- ③ Pour mesurer l'intensité  $I$  délivrée par le panneau photovoltaïque et la tension  $U$  à ses bornes, on réalise un circuit en série comportant le panneau photovoltaïque, un ampèremètre et une résistance  $R$  de  $10 \Omega$ . Un voltmètre mesure la tension aux bornes du panneau photovoltaïque. Schématiser ce circuit électrique.
- ④ Eclairer le panneau photovoltaïque avec une lampe placée à 50 cm minimum. Réaliser le montage précédant et noter dans le compte rendu les valeurs de l'intensité  $I$  et de la tension  $U$ .
- ⑤ Calculer la puissance utile  $P_u$  fournie par le panneau photovoltaïque.
- ⑥ On considère que la puissance reçue  $P_r$  est de 2,7 W. Calculer le rendement  $\eta$  du panneau photovoltaïque.

### 4.2 L'électrolyseur

Relier le panneau photovoltaïque à l'électrolyseur.

- ① Donner le rôle de l'électrolyseur.
- ② Représenter la chaîne énergétique de ce convertisseur en indiquant la nature des énergies reçue  $E_r$ , utile  $E_u$  et perdue  $E_p$ .
- ③ Au cours de l'électrolyse, l'eau décomposée en deux gaz. Donner le nom de ces deux gaz.
- ④ Ecrire les deux demi-équations de réaction (On a les couples oxydant/réducteur suivants :  $H^+/H_2$  et  $O_2/H_2O$ )
- ⑤ En déduire l'équation bilan de la réaction qui a lieu au cours de l'électrolyse.
- ⑥ Mesurer le temps pour produire  $2 \text{ cm}^3$  de dihydrogène. Noter cette valeur  $t$  dans le compte rendu.
- ⑦ Calculer le rendement  $\eta$  de l'électrolyseur sachant que  $E_{utile} = V_{H_2} \times H_S$  ( $H_S$  : pouvoir calorifique supérieur.  $H_S = 12,745 \times 10^6 \text{ J.m}^3$ )

### 4.3 La pile à combustible

Débrancher l'électrolyseur du panneau photovoltaïque puis relier le moteur à la pile à combustible.

- ① Donner le rôle de la pile à combustible.
- ② Représenter la chaîne énergétique de ce convertisseur en indiquant la nature des énergies reçue  $E_r$ , utile  $E_u$  et perdue  $E_p$ .
- ③ Donner les noms des réactifs qui aliment la pile à combustible.
- ④ Ecrire l'équation bilan de la réaction qui a lieu dans la pile à combustible.
- ⑤ Pour mesurer l'intensité  $I$  délivrée par la pile à combustible et la tension  $U$  à ses bornes, on réalise un circuit en série comportant la pile à combustible, un ampèremètre et une résistance  $R$  de  $10 \Omega$ . Un voltmètre mesure la tension aux bornes de la pile à combustible. Schématiser ce circuit électrique.
- ⑥ Débrancher le moteur de la pile à combustible. Réaliser le montage précédant et noter dans le compte rendu les valeurs de l'intensité  $I$  et de la tension  $U$ .
- ⑦ Mesurer le temps pour consommer  $2 \text{ cm}^3$  de dihydrogène. Noter cette valeur  $t$  dans le compte rendu.
- ⑧ Calculer le rendement  $\eta$  de la pile à combustible sachant que  $E_{reue} = V_{H_2} \times H_I$  ( $H_I$  : pouvoir calorifique supérieur.  $H_I = 10,8 \times 10^6 \text{ J.m}^3$ )

### 4.4 Le moteur

- ① Donner le rôle du moteur.
- ② Représenter la chaîne énergétique de ce convertisseur en indiquant la nature des énergies reçue  $E_r$ , utile  $E_u$  et perdue  $E_p$ .