

## 1. But

Décrire et schématiser les transferts d'énergie mis en jeu dans le déplacement d'un objet.

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

La voiture à hydrogène, c'est la promesse de véhicules « zéro émission ». Appelée plus précisément « véhicule électrique à pile à combustible », elle fonctionne à l'électricité. Comme la voiture électrique classique, dont le nom exact est « voiture électrique à batterie ». 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 l'hydrogène injecté à l'anode et l'oxygène 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. Ce qui en fait une alternative « propre » aux véhicules diesel et essence. Comme toute voiture électrique.

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 : la Toyota Mirai lancée en Europe fin 2015, la Hyundai ix35 vendue depuis 2015, et la Honda Clarity disponible depuis septembre 2016. Par ailleurs, les facteurs d'Audincourt (Doubs) et de Périgny (Jura) distribuent le courrier depuis 2013 au moyen de voiturettes à PAC, développées dans le cadre du projet « MobyPost », par la fédération de recherche CNRS FCLAB1. Enfin, en octobre 2016, Toyota a annoncé la commercialisation à Tokyo de bus à PAC à partir de 2017.

Toutefois, la commercialisation à grande échelle des véhicules à PAC se heurte encore à plusieurs obstacles réhibitoires. Notamment, le coût de ces voitures reste élevé. Par exemple, il faut compter par moins de 79 200 euros pour s'offrir 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.

Pour égaler l'espérance de vie d'un moteur diesel (300 000 kilomètres), ils devraient fonctionner 7 000 heures sans dégradation. Autre hic : 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.

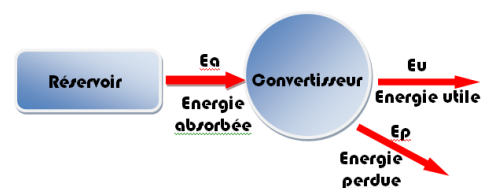
*D'après le [www. lejournal.cnrs.fr](http://www.lejournal.cnrs.fr)*

- ① Que signifie « PAC »
- ② Quelle est l'autonomie des véhicules avec un plein d'hydrogène ?
- ③ Quels sont les principaux inconvénients de ce type de véhicule ?
- ④ Quel est l'avantage de ce véhicule ?
- ⑤ D'où vient le dioxygène utilisé dans la pile à combustible ?

## 3. Introduction : les chaînes énergétiques

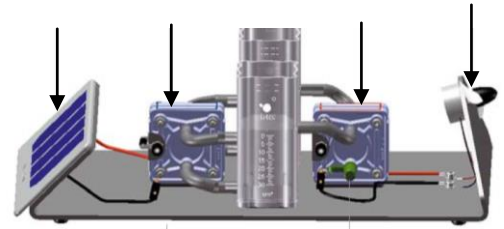
Pour étudier les différentes chaînes énergétiques d'un système on utilise une représentation schématique. Cette représentation comporte :

- un réservoir qui contient de l'énergie sous une certaine forme (représenté par un rectangle)
- un convertisseur qui transforme une forme d'énergie en une autre (représenté par un cercle)
- des flèches qui précisent les différentes formes d'énergie



#### 4. Etudes des chaînes énergétiques de la maquette « pile à combustible »

- ① Citer les quatre convertisseurs présents dans cette maquette
- ② Légender le schéma ci-contre de la maquette « pile à combustible »



#### 5. Etude du convertisseur « électrolyseur »

Mettre en fonctionnement la maquette en éclairant le module solaire.

- ① Qu'observe-t-on au niveau des réservoirs ?
- ② Donner les noms des gaz formés ?
- ③ Quel est le rôle de l'électrolyseur ?
- ④ Représenter la chaîne énergétique de ce convertisseur.

#### 6. Etude du convertisseur « pile à combustible »

- ① Quel est le rôle de la pile à combustible ?
- ② Représenter la chaîne énergétique de ce convertisseur.

#### 7. Etude du convertisseur « moteur »

- ① Quel est le rôle du moteur ?
- ② Représenter la chaîne énergétique de ce convertisseur.

#### 8. Etude du convertisseur « module solaire »

##### 8.1 Caractéristique du module solaire

- ① Indiquer la liste du matériel nécessaire pour réaliser la caractéristique du module solaire. (On utilisera les valeurs de résistances suivantes : 1  $\Omega$ , 5  $\Omega$ , 10  $\Omega$ , 20  $\Omega$ , 30  $\Omega$ , 40  $\Omega$ , 50  $\Omega$ , 60  $\Omega$ , 70  $\Omega$ , 80  $\Omega$ , 90  $\Omega$ , 100  $\Omega$ , 1000  $\Omega$  et 10000  $\Omega$ )
- ② Schématiser le montage pour réaliser cette caractéristique
- ③ Noter dans un tableau les différentes valeurs de U et de I en faisant varier les valeurs de R avec la boîte à décade. (U sera exprimé en V et I en mA)
- ④ Tracer la courbe  $I = f(U)$
- ⑤ Donner l'intensité de court-circuit  $I_{CC}$  et de la tension de circuit ouvert  $V_{CO}$ . Placer  $I_{CC}$  et  $V_{CO}$  sur la courbe.

##### 8.2 Puissance du module solaire

- ① Pour chaque couple de valeurs U et I, calculer la puissance délivrée par la cellule. (Ajouter une colonne au tableau précédent.) (P sera exprimé en mW, ceci est le cas lorsque I est exprimé en mA et U en V). **Expliquer le calcul sur le compte rendu pour un exemple.**
- ② Tracer la courbe  $P = f(U)$
- ③ Quelle est la valeur de la puissance maximale ? Exprimer cette valeur en W.
- ④ Indiquer les coordonnées du point de fonctionnement, c'est-à-dire les valeurs de U et de I pour lesquelles la puissance est maximum.

##### 8.3 Rendement du module solaire

- ① Calculer la surface S du module solaire.
- ② La puissance reçue par le module solaire s'exprime avec la relation  $P_{re\grave{c}ue} = 1,67 \times I_{CC} \times S$  avec  $P_{re\grave{c}ue}$  en W, S en  $m^2$  et  $I_{CC}$  en mA. Calculer cette puissance reçue  $P_{re\grave{c}ue}$ .
- ③ Calculer le rendement du module solaire lorsqu'il délivre la puissance maximale.