LA VOITURE À HYDROGÈNE

Situation de départ

(s'approprier)

La voiture à hydrogène est-elle le véhicule propre de demain?

Et si le secteur automobile prenait le virage de l'hydrogène ? C'est en tout cas la voie sur laquelle Toyota s'est engagé. La Toyota Mirai, première voiture à pile à combustible (PAC) à hydrogène du groupe, une berline dont la commercialisation vient de débuter en Europe (en 2017 en France), est vendue comme l'« éco-voiture » idéale par le président de Toyota France.

Pascal Ruch, de passage à Strasbourg pour présenter le groupe automobile et ses nouveaux modèles, assure que « sur le plan environnemental, elle ne rejette que de l'eau ». Elle est équipée de deux réservoirs d'hydrogène (sous une pression de 700 bars) qui, au contact de l'oxygène, produit du courant électrique pour alimenter le moteur.

« Il n'y a aucune contrainte en termes d'utilisation, avec son autonomie de 500 km, son temps de recharge de trois minutes et sa conduite agréable. En plus, techniquement, on sait le faire puisqu'on en fabrique des petites séries depuis 2015. Ce qui nous fait penser qu'elle a un avenir extrêmement intéressant », poursuit celui qui tient à rappeler que Toyota a toujours eu pour ambition de tendre vers la mobilité durable : « L'hybride est la pierre angulaire de notre réflexion. C'est la technologie d'aujourd'hui et des dix ans à venir. Mais il y a d'autres technologies : le tout électrique dans un cadre urbain et le véhicule à PAC hydrogène qui présente beaucoup d'avantages ».

La voiture à hydrogène tiendrait donc presque de la solution miracle. Mais à l'association Agir pour l'Environnement « on a quelques réserves », souligne son délégué général Stephen Kerckhove. « En fait, on pense la même chose que pour les voitures électriques… La question n'est pas seulement de trouver une nouvelle motorisation mais aussi de voir comment fabriquer son carburant. Il faut se demander comment est produit l'hydrogène. Si on a besoin du charbon ou du nucléaire pour le produire, cela reporte la pollution. »

Source : http://www.20minutes.fr/

Vidéo

https://www.youtube.com/watch?v=xeEU8-MFJUo

CC BY NC SA

Question préalable

(s'approprier, analyser)

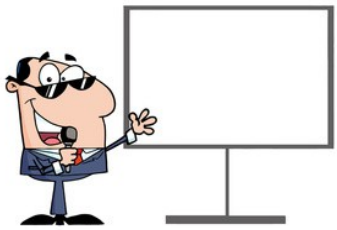
1. Ecrire les demi-équations des réactions d'oxydoréduction se produisant aux bornes de la pile à combustible lors de son fonctionnement.
2. En déduire le nombre de moles d'électrons que peut fournir une mole de dihydrogène.

Problème

(analyser, réaliser, valider, communiquer)

A l'aide de vos connaissances, des questions préalables et des documents suivants, retrouver l'autonomie de la Toyota Mirai.

Conclure sur l'aspect écologique d'une telle voiture.



Rédiger un paragraphe argumenté contenant l'ensemble de votre démarche (hypothèses, raisonnement, calculs, résultats...) permettant de répondre à la problématique.

BY NC SA

Documents

(s'approprier)

Doc.1 : Les principales caractéristiques techniques de la Toyota Mirai

Pile à combustible	Nom		Toyota FC Stack
	Type		À électrolyte polymère
	Système d'humidification		Circulation interne (sans humidificateur) (1ère mondiale*1)
	Puissance maxi.		155 ch (114 kW)
	Densité volumique de puissance		3,1 kW/l (meilleur niveau mondial*1)
	Densité massique de puissance		2,0 kW/kg
	Volume		37 l
	Poids		56 kg (cellules + structure)
	Cellules	Nombre de cellules	370 (une seule rangée)
		Épaisseur	1,34 mm
		Poids	102 g
		Canaux d'écoulement	Maillage fin de canaux d'écoulement 3D (cathode : 1ère mondiale*1)
	Matériau du séparateur		Titane
Moteur électrique	Type		Synchrone, courant alternatif (CA)
	Puissance maxi.		154 ch (113 kW)
	Couple maxi.		335 Nm
Réservoir d'hydrogène	Nombre de réservoirs		2
	Type		Type 4
	Matériaux constitutifs		Structure en trois couches : doublure plastique (couche intérieure), plastique renforcé de fibres de carbone (couche intermédiaire) et plastique renforcé de fibres de verre (couche
	Combustible		Hydrogène comprimé
	Pression maxi. de remplissage		87,5 MPa (875 bar)
	Pression nominale de fonctionnement		70 MPa (700 bar)
	Capacité de stockage*2		5,7 % (meilleur niveau mondial*1)
	Volume interne		122,4 litres (réservoir 1 : 60,0 l ; réservoir 2 : 62,4 l)
	Poids d'hydrogène stocké		5,0 kg environ
	Poids des réservoirs		87,5 kg (somme des 2 réservoirs, soupapes non comprises)
	Temps de remplissage		3 minutes environ*3
Batterie	Type		Nickel-métal hydrure (Ni-MH)
Réhausseur de tension	Nombre de phases		4 phases
	Tension maxi.		650 V
	Volume		13 l

Source : http://s3-eu-west-1.amazonaws.com/

Doc.2 : Les caractéristiques de la pile Toyota FC Stack

La pile Toyota FC Stack est une pile de type PEMFC.

Les cellules élémentaires identiques sont montées électriquement en série. Ainsi, la durée d'autonomie de la pile correspond à la la durée d'autonomie d'une seule cellule.

En régime de croisière, à la vitesse de 90 km/h, on peut considérer que le courant circulant dans les cellules élémentaires est constant, d'intensité I = 70 A.

BY NC SA

Doc.3 : Le principe d'une cellule de pile à combustible, à hydrogène

Le principe d'une cellule de la pile à combustible, à hydrogène est le suivant : une réaction électrochimique contrôlée, entre du dihydrogène et le dioxygène de l'air, produit simultanément de l'électricité, de l'eau et de la chaleur.

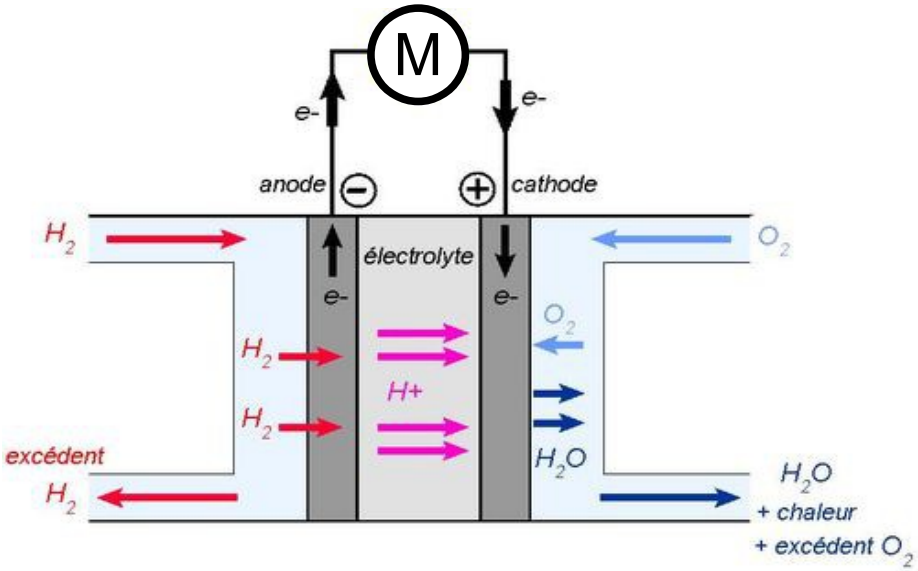


Schéma de principe d'une cellule de pile à électrolyte polymère solide
(type PEMFC : Proton Exchange Membrane Fuel Cell)

Doc.4 : La quantité d'électricité fournie par une pile et la durée de fonctionnement

La quantité d'électricité fournie par la pile pendant une durée Δt est :

$$Q = I \times \Delta t$$

avec :

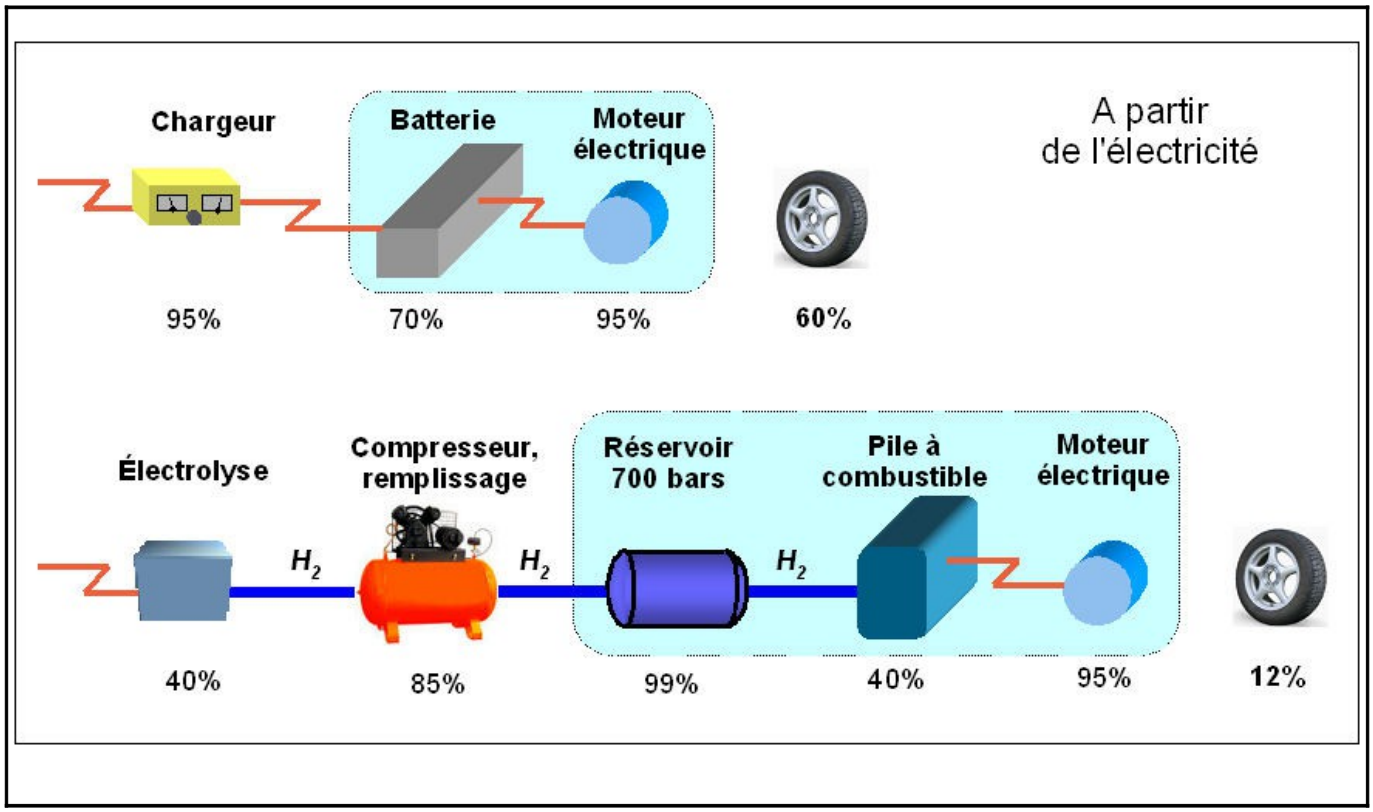
- Q la charge qui s'est déplacée dans le circuit en coulomb (C) ;
- I l'intensité du courant fourni par la pile en ampère (A) ;
- Δt la durée en seconde (s).

Cette quantité d'électricité correspond au déplacement d'un nombre de moles d'électrons :

$$n(e^-) = \frac{Q}{F}$$

avec :

- $n(e^-)$ le nombre de moles d'électron qui se sont déplacées en mole (mol) ;
- Q la charge qui s'est déplacée en coulomb (C) ;
- F la constante de faraday, charge transportée par une mole d'électrons :
  $F = 96500\ C.mol^{-1}$.

CC BY NC SA

Doc.5 : La comparaison du rendement d'une voiture électrique et d'une voiture à hydrogène