

EXERCICE 4 (6 points)

(Physique-chimie)

Rouler avec une pile à combustible

Une voiture équipée d'une pile à combustible et d'une batterie combine ces deux sources d'énergie de la façon suivante :

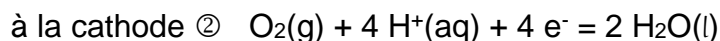
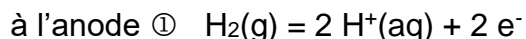
- la pile à combustible convertit l'énergie chimique du dihydrogène en électricité grâce à une transformation chimique impliquant le dioxygène de l'air. Cette transformation produit de l'eau. Cette pile alimente le moteur électrique qui fait rouler la voiture.
- la batterie stocke de l'énergie électrique récupérée lors du freinage. Elle offre un surplus de puissance lors des accélérations ou quand la pile ne suffit pas.

Sur une bouteille de dihydrogène, on peut voir ces 2 pictogrammes :



1. Donner la signification de ces pictogrammes.

Dans une pile à combustible, les demi-équations des réactions qui modélisent les transformations chimiques ayant lieu aux électrodes s'écrivent respectivement à l'anode ① et à la cathode ② :



2. En analysant les demi-équations, indiquer en justifiant :

- si le dihydrogène est un oxydant ou un réducteur ;
- si le dioxygène est un oxydant ou un réducteur.

3. Indiquer quelle demi-équation correspond à une oxydation et quelle demi-équation correspond à une réduction.

4. Établir l'équation globale de la réaction modélisant la transformation chimique qui a lieu dans la pile à combustible lorsqu'elle est en fonctionnement.

Un lycéen dispose dans son établissement d'une voiture miniature télécommandée à pile à combustible, qui fonctionne sur le même principe que les véhicules de taille classique. Une petite cartouche de dihydrogène sert de réservoir de combustible. Au cours d'un test, il effectue des mesures de puissances sur un banc d'essais.

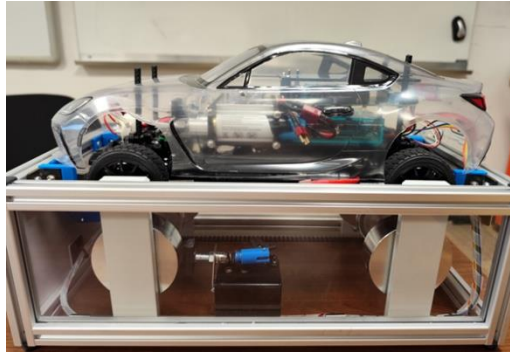


Photo de la voiture miniaturisée sur son banc d'essais.

L'élève regroupe les mesures dans un tableur afin de les exploiter. Les grandeurs P_{batterie} , P_{pile} et P_{roues} correspondent aux puissances électriques instantanées mesurées respectivement aux bornes de la batterie, de la pile à combustible et de la voiture. Les grandeurs E_{batterie} , E_{pile} et E_{roues} correspondent aux énergies électriques associées.

Ci-dessous on trouve un extrait du tableur regroupant les différentes mesures. Les flèches indiquent que certaines lignes ont été masquées.

C1886 \times \checkmark f_x =MOYENNE(C2:C1884)							
	A	B	C	D	E	F	G
1	temps(ms)	P batterie (W)	P pile (W)	P roues(W)	E batterie(J)	E pile(J)	E roues(J)
2	0	-14,7	21,93	0	0	0	0
3	9	-14,21	21,97	0	-0,13	0,2	0
4	18	-15,34	20,61	0	-0,27	0,38	0
5	27	-14,7	22,07	0	-0,4	0,58	0
6	35	-15,34	21,29	0	-0,52	0,75	0
7	44	-14,91	21,32	0	-0,66	0,94	0
↓	↓		↓			↓	
937	8762	12,24	31,65	7,13	79,98	205,62	56,79
938	8772	14,3	39,25	7,05	80,13	206,01	56,86
939	8781	15,18	45,56	7,16	80,26	206,42	56,93
940	8791	16,42	51,09	7,41	80,43	206,93	57
941	8800	17,55	49,59	7,47	80,58	207,38	57,07
942	8810	18,79	48,15	7,22	80,77	207,86	57,14
943	8819	19,43	46,6	6,93	80,95	208,28	57,21
944	8829	20,66	45,09	6,87	81,15	208,73	57,27
945	8838	21,08	43,38	6,81	81,34	209,12	57,34
↓	↓		↓			↓	
1877	17622	-15,83	23,39	0	77,67	424,26	92,74
1878	17632	-15,83	23,39	0	77,51	424,49	92,74
1879	17641	-15,83	22,02	0	77,37	424,69	92,74
1880	17650	-15,83	23,34	0	77,22	424,9	92,74
1881	17659	-16,38	22,61	0	77,08	425,1	92,74
1882	17668	-14,14	22,02	0	76,95	425,3	92,74
1883	17677	-15,78	21,25	0	76,81	425,49	92,74
1884	17687	-15,26	21,97	0	76,66	425,71	92,74
1885							
1886			24,04				

5. Indiquer ce que représente la valeur affichée dans la cellule C1886.
6. Extraire du tableau la valeur de l'énergie fournie par la pile pendant la durée totale de fonctionnement Δt qui est environ égale à 17,7 s.
7. En déduire la puissance moyenne mise en jeu dans la pile. Comparer au résultat de la question 5.
8. Déterminer la quantité d'électricité Q en coulomb (C) fournie par la pile à combustible pendant la durée Δt . On considère que l'intensité débitée I est constante et vaut 2,70 A.

On rappelle que la quantité d'électricité Q et la quantité de matière d'électrons échangés $n(e^-)$ pendant le fonctionnement d'une pile, sont liées par la relation :

$$Q = n(e^-) \times F$$

où la constante de Faraday F vaut $96\,485\text{ C}\cdot\text{mol}^{-1}$, Q est exprimée en coulomb (C) et $n(e^-)$ est exprimée en mole (mol).

9. En déduire $n(e^-)$ la quantité de matière d'électrons échangés pendant la durée de fonctionnement de la pile.
10. En utilisant les demi-équations électroniques, montrer que la quantité de matière de dihydrogène utilisé $n(H_2)$ est environ égale à $2,5 \times 10^{-4}$ mol.

L'élève pèse la cartouche de dihydrogène avant et après son test.



Avant le test



Après le test

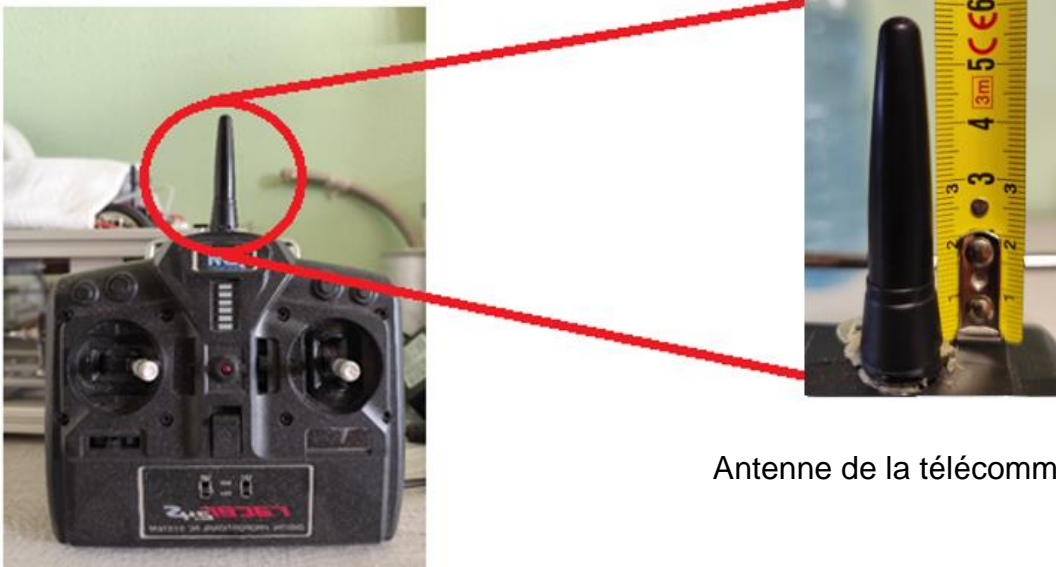
Donnée : masse molaire atomique de l'hydrogène : $M(H) = 1,0\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

11. Expliquer, en justifiant par un calcul, pourquoi la masse affichée sur la balance est toujours la même quand on pèse la cartouche de dihydrogène avant et après l'expérience.

La télécommande et la voiture communiquent par ondes radio de fréquence f proche de $2,60 \times 10^9$ Hz.

Donnée : $c = 3,00 \times 10^8$ m·s⁻¹

12. Calculer la longueur d'onde λ de ces ondes radio.



Antenne de la télécommande

Télécommande de la voiture

La longueur L (en m) de l'antenne dépend de la longueur d'onde λ (en m) de l'onde transmise ou reçue. On utilise en général des sous-multiples de la longueur d'onde.

Type d'antenne		
Antenne pleine onde	$L = \lambda$	La longueur de l'antenne est égale à la longueur d'onde de l'onde radio.
Antenne demi-onde	$L = \frac{\lambda}{2}$	La longueur de l'antenne est 2 fois plus petite que la longueur d'onde de l'onde radio.
Antenne quart d'onde	$L = \frac{\lambda}{4}$	La longueur de l'antenne est 4 fois plus petite que la longueur d'onde de l'onde radio.
Antenne n -ième d'onde	$L = \frac{\lambda}{n}$	La longueur de l'antenne est n fois plus petite que la longueur d'onde de l'onde radio.

13. Indiquer, en justifiant, le type d'antenne utilisée pour la télécommande.