

Rouler en limitant les émissions de dioxyde de carbone

Situation problème

Le transport est devenu l'une des premières sources de pollution. Parmi les problèmes environnementaux posés, on peut citer la production de gaz à effet de serre comme le dioxyde de carbone, qui n'a pas de toxicité directe mais qui est partiellement responsable du réchauffement climatique à l'échelle planétaire. Ce réchauffement laisse craindre, à moyen terme, une catastrophe écologique de très grande ampleur. L'utilisation de véhicules fonctionnant avec une pile à combustible consommant du dihydrogène constitue donc une alternative intéressante (Fig. 1).

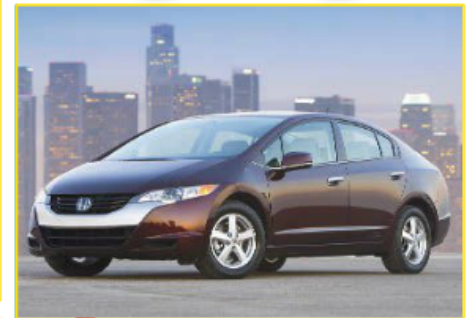


Fig. 1 La Honda FCX Clarity, première voiture commercialisée avec une pile à combustible.

Analyse du problème

La plupart des voitures actuelles consomment de l'essence. Celle-ci est principalement constituée d'octane, alcane liquide de formule C_8H_{18} . La réaction de combustion de l'octane se déroule dans le moteur. Si celui-ci est correctement réglé, la combustion avec le dioxygène de l'air produit du dioxyde de carbone et de la vapeur d'eau. Avec une voiture possédant une pile à combustible, le seul rejet est de l'eau.

Le dihydrogène n'existant pas à l'état naturel sur Terre, utiliser ce gaz comme carburant implique donc de le produire. Actuellement, 96 % de la production de dihydrogène est réalisée à partir de carburants fossiles (gaz naturel, pétrole, charbon, Fig. 2) et cette production libère du CO_2 .

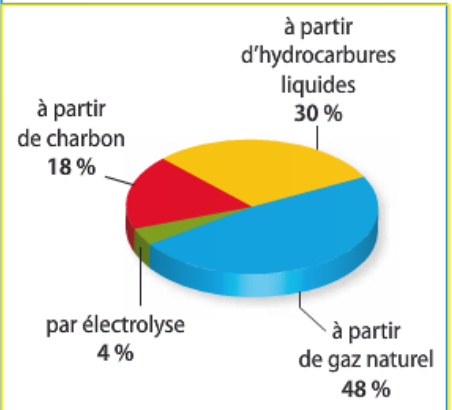


Fig. 2 Origine du dihydrogène produit.

Question scientifique à résoudre

Comment comparer les bilans en dioxyde de carbone formé par un véhicule classique et un autre véhicule fonctionnant avec une pile à combustible ?

Construction des étapes de la résolution

- Rappeler la formule générale d'un alcane.
- a. Écrire l'équation de la réaction de combustion complète de l'octane se produisant dans le moteur.
b. Quel est le réactif limitant ? Pourquoi ?

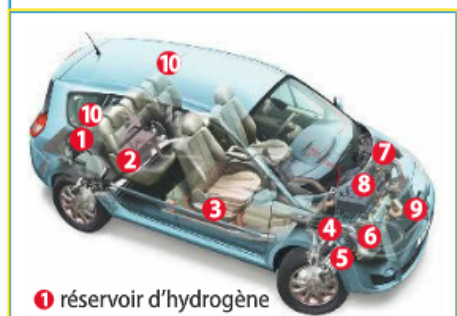
Le vaporeformage du gaz naturel est la méthode la plus courante pour produire du dihydrogène. On « casse » la molécule de méthane, qui possède quatre atomes d'hydrogène, avec de la vapeur d'eau à 900 °C, produisant ainsi du dihydrogène et du dioxyde de carbone.

- Donner la formule brute du méthane.
- Écrire l'équation correspondant à la réaction de vaporeformage.

Mise en œuvre des étapes de la résolution

De nombreux constructeurs automobiles développent actuellement des véhicules à pile à combustible (Fig. 3). Ainsi Mercedes réalise des essais avec sa « Classe B », qui affiche une consommation de 1,14 kg de dihydrogène aux 100 km, contre 6,5 L d'essence aux 100 km pour une voiture à motorisation classique.

- En considérant que l'essence est constituée uniquement d'octane, quelle quantité de matière d'octane est consommée au bout de 100 km par une voiture à motorisation classique ?



- réservoir d'hydrogène
- batterie de puissance
- pile à combustible
- moteur électrique
- transmission
- compresseur d'air
- filtre à air
- électronique de puissance
- radiateur de refroidissement
- capteurs d'hydrogène

Fig. 3 Un véhicule utilisant une pile à combustible.

- 6 En utilisant l'équation de la question 2, calculer l'avancement maximal x_{\max} de la réaction de combustion de l'octane.
- 7 Quel volume de dioxyde de carbone a été produit par une voiture de motorisation classique au bout de 100 km ?
- 8 Quelle quantité de matière de dihydrogène est consommée au bout de 100 km par une Mercedes Classe B équipée d'une pile à combustible ?
- 9 En considérant que le dihydrogène de cette voiture est entièrement produit par vaporeformage du méthane, et en utilisant l'équation établie à la question 4, calculer la quantité de matière, puis le volume de dioxyde de carbone produit au bout de 100 km.
- 10 Du véhicule à essence ou de celui fonctionnant au dihydrogène, lequel produit finalement le moins de dioxyde de carbone ?

Données. Masse volumique de l'octane : $\rho = 810 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$.

À 20 °C et sous pression atmosphérique, le volume occupé par une mole de gaz est $V = 24 \text{ L}$.

Regard critique sur la résolution

Les énergies fossiles tendant à disparaître, on essaie de développer des alternatives au moteur à essence, qui doivent être économiquement viables et peu polluantes. Dans les années à venir, la production de dihydrogène devrait donc se développer. Pour ce faire, les industriels se tournent vers l'électrolyse.

Actuellement, en France, la majeure partie de l'énergie électrique est fournie par les centrales nucléaires mais, à terme, on pourrait utiliser l'énergie solaire, hydraulique ou éolienne pour réaliser ces électrolyses (Fig. 4).

- 11 Pourquoi devrait-on essayer de se passer de l'énergie électrique issue du nucléaire pour réaliser les électrolyses ?
- 12 D'après la figure 4, quel est l'avantage de produire du dihydrogène avec des carburants fossiles ? Quel est l'avantage des énergies renouvelables ?

Pour conclure

- 13 Selon vous, peut-on espérer voir baisser de façon sensible la production de dioxyde de carbone si la fabrication de véhicules fonctionnant avec une pile à combustible est réalisée à grande échelle ? Argumenter.

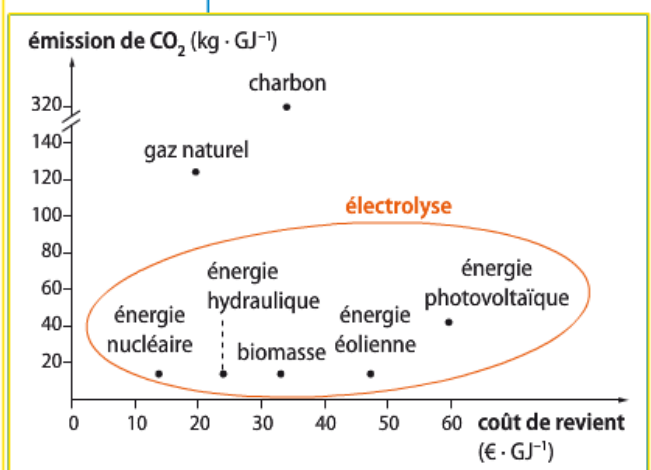


Fig. 4 Estimation du coût de revient de l'hydrogène et bilan d'émission de CO₂ en fonction des sources d'énergie utilisées pour sa production.