

## Doc 1

## Différentes solutions de stockage du dihydrogène

► Le dihydrogène a une densité d'énergie massique très élevée, mais son stockage et son transport constituent un véritable défi. Il s'agit tout d'abord de réduire le volume que le dihydrogène occupe. Les méthodes de stockage « classiques » sont basées sur la compression et la liquéfaction. Ces méthodes sont bien établies et ont un bon rendement, mais elles posent des problématiques de sécurité et de coût associées à la compression et au refroidissement du dihydrogène.

► Différentes méthodes de stockage :

> Stockage sous pression : le dihydrogène est comprimé à 700 bars. À cette pression, 5 kg de dihydrogène peuvent être stockés dans un réservoir de 125 L.

> Stockage sous forme liquide : le dihydrogène gazeux est liquéfié en le refroidissant à très basse température (inférieure à  $-252,87^{\circ}\text{C}$ ). Dans ces conditions, 5 kg de dihydrogène peuvent être stockés dans un réservoir de 75 L.

> Stockage sous forme solide : le dihydrogène est conservé sous forme d'hydrogène atomique au sein d'un autre matériau, comme certains alliages métalliques (FeTi). Cette méthode met en jeu des mécanismes d'absorption de l'hydrogène par le matériau.



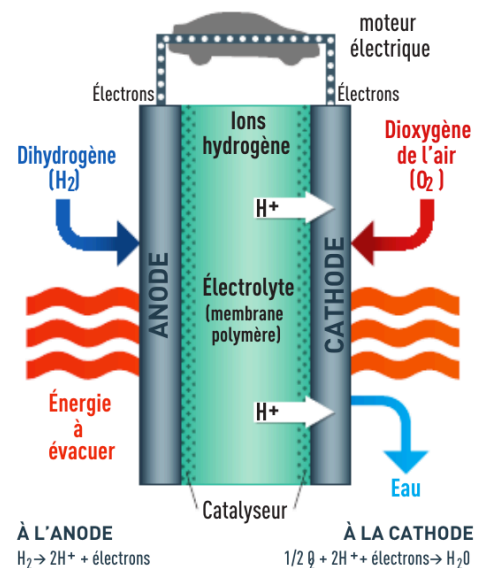
Stockage sous pression du dihydrogène.

## Doc 2

## Voiture à dihydrogène

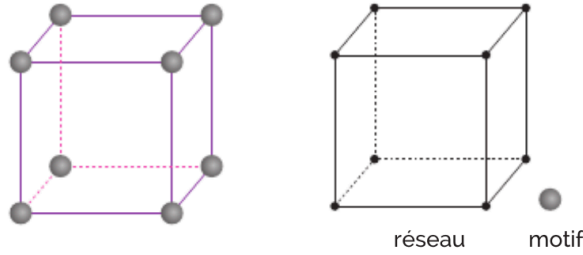
► Une voiture à dihydrogène ( $\text{H}_2$ ) est une voiture qui consomme du dihydrogène comme carburant.

► Cette voiture utilise une pile à combustible associée à une motorisation électrique. La pile à combustible est le siège de l'oxydation du dihydrogène contenu dans le réservoir par le dioxygène de l'air, produisant ainsi de l'électricité et de la vapeur d'eau. Une voiture à dihydrogène est donc une voiture électrique qui produit sa propre électricité. Avec un stock de 5 kg de dihydrogène, ces voitures ont une autonomie d'environ 500 km.



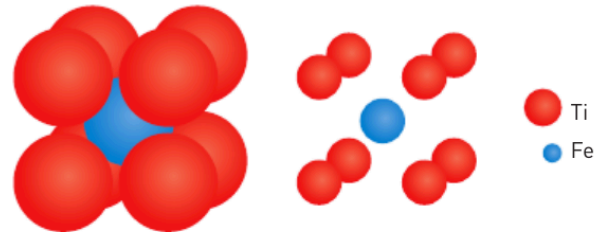
Le principe de fonctionnement d'une pile à combustible.

- ▶ La maille d'un réseau cubique simple est un cube dont les motifs sont placés sur les coins du cube.
- ▶ Les motifs placés sur les coins sont partagés avec les 8 mailles qui l'entourent, ils ne comptent que pour  $1/8$  dans la maille.



La maille d'un réseau cubique simple, en perspective cavalière.

- ▶ Le cristal FeTi a une maille cubique simple de paramètre de maille (côté du cube)  $a = 298 \text{ pm}$ . Cette maille comporte un atome de titane (rouge) à chaque sommet du cube et un atome de fer (bleu) au centre du cube. Le motif est donc un atome de fer (Fe) et un atome de titane (Ti).
- ▶ Le cristal FeTi peut être utilisé pour stocker du dihydrogène. En effet, il absorbe ce gaz de la même manière qu'une éponge absorbe de l'eau ! Au niveau de la maille, les atomes d'hydrogène viennent se loger au centre de chaque face ; ils sont alors partagés sur deux mailles. On dit que l'hydrogène est stocké sous forme d'hydrure.



Représentations compacte et éclatée de la maille du cristal FeTi.

- ▶ Les rayons des atomes considérés valent :

$$r_{\text{H}} = 25 \text{ pm} ;$$

$$r_{\text{Fe}} = 124 \text{ pm}$$

$$\text{et } r_{\text{Ti}} = 132 \text{ pm.}$$

Les masses des atomes considérées sont :

$$m_{\text{H}} = 1,6 \times 10^{-27} \text{ kg} ;$$

$$m_{\text{Fe}} = 9,3 \times 10^{-26} \text{ kg}$$

$$\text{et } m_{\text{Ti}} = 7,9 \times 10^{-26} \text{ kg.}$$

## Questions

1. Dénumbrer les atomes de fer et de titane dans la maille du cristal de FeTi. Calculer le volume qu'ils occupent.

Il y a un atome de fer au centre de chaque maille et 8 atomes de titane sur chaque sommet partagés par 8 mailles  $\Rightarrow$  1 atome par maille.

$$V_{\text{occupé}} = \frac{4}{3}\pi \times r_{\text{Fe}}^3 + \frac{4}{3}\pi \times r_{\text{Ti}}^3 = 1,76 \cdot 10^7 \text{ pm}^3 = 17,6 \text{ nm}^3$$

2. Déterminer la compacité de ce cristal, c'est-à-dire le rapport entre le volume que les atomes occupent dans la maille et le volume de la maille.

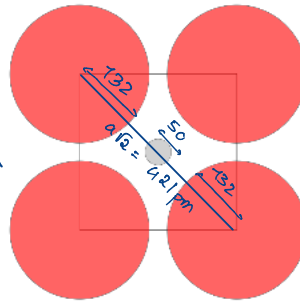
$$\text{Compacité} = \frac{V_{\text{occupé}}}{V_{\text{maille}}} = \frac{1,76 \cdot 10^7}{2,64 \cdot 10^7} = 66,5\%$$

$\frac{1}{a^3}$

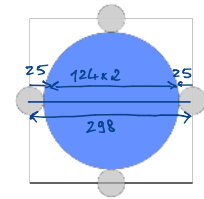
3. Expliquer pourquoi ce cristal peut accueillir des atomes d'hydrogène au centre des faces du cube. Pour cela, s'appuyer sur la réponse à la question précédente et sur la valeur du rayon des atomes.

Comme la compacité est  $< 100\%$ , il reste de la place.

Sur une face du cube:

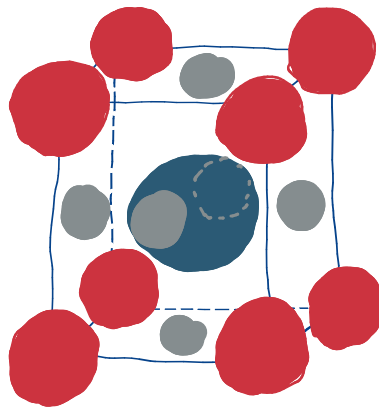


Sur une tranche du cube:



ça tient pile-just!

4. Représenter la maille de FeTi en rajoutant les atomes d'hydrogène. Indiquer le nombre d'atomes d'hydrogène dans une maille.



Il y a 6 atomes d'hydrogène partagés chacun par 2 mailles  $\Rightarrow$  cela fait 3 H par maille

5. Déterminer la masse d'hydrogène stockée dans une maille, puis le volume nécessaire pour stocker 5 kg de dihydrogène. Conclure sur l'intérêt de cette méthode de stockage.

dans 1 maille :  $3 \times m_{\text{H}} = 4,8 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

Pour stocker 5 kg, il faut donc  $\frac{5}{4,8 \cdot 10^{-27}} \approx 10^{27}$  mailles

Et comme une maille a un volume de  $2,64 \cdot 10^7 \text{ pm}^3 = 2,67 \cdot 10^{-26} \text{ L}$ ,

Il faut un peu moins de 30 L pour stocker ainsi 5 kg de H.