

Avant-propos

Patricia DE RANGO¹ et Fermin CUEVAS^{2,3}

¹ *Institut Néel, CNRS, Université Grenoble Alpes, Grenoble, France*

² *ICMPE, CNRS, UPEC, Thiais, France*

³ *CNRS, Pékin, Chine*

Reconnu comme un des vecteurs énergétiques du futur, l'hydrogène est appelé à jouer un rôle majeur dans la transition énergétique grâce à son utilisation dans de nombreux domaines tels que le transport, la décarbonation de l'industrie ou encore la gestion de l'intermittence des énergies renouvelables. En tant que maillon central de la chaîne de valeur de l'hydrogène, son stockage, en aval de sa production décarbonée et en amont de son utilisation dans des piles à combustible ou des moteurs à combustion interne, constitue toutefois un véritable défi, tant en termes d'encombrement que de sécurité.

Cet ouvrage présente différentes solutions de stockage actuellement à l'étude en vue de combiner de fortes capacités massiques et volumiques, une haute efficacité énergétique, sûreté, acceptabilité sociale et prix compétitif. L'ouvrage s'adresse aux étudiants de niveau master, aux ingénieurs et aux chercheurs travaillant dans le domaine de l'hydrogène, ainsi que, plus généralement, aux scientifiques et aux décideurs qui souhaitent avoir accès aux connaissances fondamentales et à l'état de l'art en matière de stockage de l'hydrogène.

Un large éventail de solutions est abordé, avec le stockage hyperbare, le stockage géologique, le stockage liquide sous forme de nouveaux vecteurs hydrogène tels que l'ammoniac et les liquides organiques porteurs d'hydrogène (LOHC), ou encore le stockage solide dans des hydrures métalliques, des hydrures ioniques et covalents, ou des matériaux poreux à haute surface spécifique. Le stockage cryogénique à très basse température (20 K), dont l'utilisation est aujourd'hui restreinte au domaine aérospatial n'est pas abordée.

Stockage de l'hydrogène,

coordonné par Patricia DE RANGO et Fermin CUEVAS. © ISTE Editions 2025.

Les conditions de fonctionnement en termes de pression et de température, ainsi que leurs capacités de stockage diffèrent pour chacune des méthodes proposées. Le mode de stockage retenu *in fine* pour une application donnée, qu'il s'agisse de mobilité, de stockage stationnaire ou encore de la distribution de l'hydrogène, dépend fortement des contraintes opérationnelles et du coût effectif du système de stockage. Ainsi, le stockage gazeux à haute pression (350 et 700 bar) se positionne aujourd'hui comme une technologie mature pour le stockage embarqué d'hydrogène à bord des véhicules légers. S'agissant des quantités d'hydrogène beaucoup plus importantes, le stockage géologique souterrain de ce gaz pourrait être la solution de choix pour le stockage à grande échelle de l'hydrogène produit à partir des énergies renouvelables. Le transport de l'hydrogène à longue distance serait facilité à l'état liquide et température ambiante *via* l'utilisation des LOHC ou de l'ammoniac. Grâce à sa compacité, sa sécurité et des conditions d'opération proches de l'ambiante, le stockage solide de l'hydrogène dans des hydrures métalliques, dont des alliages haute entropie, est une solution à retenir pour la mobilité lourde et les applications stationnaires. Les hydrures à liaison ionique ou covalente, formés à partir d'éléments très légers et libérant l'hydrogène à des températures et pressions modérées ont leur rôle à jouer dans la mobilité légère. Finalement, les matériaux poreux à haute surface spécifique, tels que les matériaux carbonés et les structures organométalliques (MOF), ayant des capacités massiques élevées et des coûts compétitifs sont envisagés pour la compression et le transport de l'hydrogène. En bref, pour chacun des modes de stockage de l'hydrogène, l'ensemble des principes et des conditions opératoires est décrit dans cet ouvrage.

La rédaction de cet ouvrage a été coordonnée par Patricia de Rango (Institut Néel, UPR 2940) et Fermin Cuevas (ICMPE, UMR 7182), responsables de l'axe stockage de la Fédération de recherche hydrogène du CNRS, FRH2. Nous remercions les auteurs des différents chapitres pour leurs précieuses contributions à cet ouvrage.