

# **Simulation et optimisation des performances d'un compresseur à hydrogène par adsorption-désorption à entraînement thermique**

V. Nicolas<sup>a\*</sup>, G. Sdanghi<sup>a,b</sup>, K. Mozet<sup>b</sup>, S. Schaefer<sup>a</sup>, G. Maranzana<sup>b</sup>, A.

Celzard<sup>a</sup>, V. Fierro<sup>a\*</sup>

<sup>a</sup> Université de Lorraine, CNRS, IJL, F-88000 Epinal, France

<sup>b</sup> Université de Lorraine, CNRS, LEMTA, F-54000 Nancy, France

Bien que l'hydrogène soit considéré comme un candidat prometteur pour remplacer les combustibles fossiles, notamment dans le secteur des transports, sa faible densité énergétique volumétrique reste un inconvénient majeur ( $0,01079 \text{ MJ L}^{-1}$  à température et pression standard). Plusieurs méthodes sont utilisées pour augmenter cette dernière valeur, et la plus utilisée est la compression.

À ce jour, il existe plusieurs technologies de compresseurs d'hydrogène, qui peuvent être regroupées en deux catégories : (i) les compresseurs mécaniques, qui peuvent être actionnés par un piston ou un diaphragme ; (ii) les compresseurs non mécaniques, c'est-à-dire les compresseurs électrochimiques et thermiques. Dans une étude précédente, nous avons prouvé qu'il était possible de comprimer l'hydrogène jusqu'à 70 MPa en une seule étape en contrôlant l'adsorption/désorption cyclique de l'hydrogène sur des charbons actifs (CA).

Les expériences sur ce compresseur, qui est une preuve de concept que nous avons développée, prennent beaucoup de temps, ce qui rend difficile de savoir comment le compresseur se comporte dans une variété de conditions thermiques possibles. Dans ce travail, une étude thermique et une optimisation d'un compresseur d'hydrogène à entraînement thermique ont été réalisées. Afin de comprendre son comportement, un modèle numérique a été développé pour étudier l'évolution de la pression, du débit et de la température de l'hydrogène lorsque les transferts thermiques sont intensifiés en modifiant la puissance de chauffe, la température de consigne ou le régime convectif. La compression et la décharge de l'hydrogène ont été simulées par des éléments finis et le réservoir a été modélisé avec une géométrie 2D axisymétrique. A partir de ce modèle, les équations de conservation de masse et

de chaleur ont été résolues pour l'hydrogène et les prédictions ont été validées en comparant les évolutions simulées à celles mesurées expérimentalement pour trois puissances de chauffage pendant la désorption : 100W, 200W et 300W. Une étude numérique paramétrique sur l'effet de la puissance de chauffe et de la température finale de consigne a montré que plus la puissance est élevée, plus la quantité d'hydrogène déchargé augmente et varie linéairement avec la température finale de consigne. Enfin, nous avons montré que l'augmentation du transfert de chaleur par convection avec l'air extérieur réduit le temps pour atteindre la température de décharge d'environ 75%.

Pour la suite de ce travail, et après avoir étudié le transfert de chaleur à l'extérieur du compresseur, d'autres études seront nécessaires pour optimiser le transfert de chaleur à l'intérieur du lit de charbon actif. Les stratégies possibles pour y parvenir seront l'ajout de matériaux conducteurs ou l'utilisation d'échangeurs de chaleur internes.

Mots clés : Simulation numérique ; hydrogène ; charbon actif ; compresseur thermique