

Etude expérimentale des nouvelles conceptions des réacteurs métal hydrogène

BRIKI. CH^{1,2*}, Belkhiria. S^{1,2}, DHAOU.H¹, JEMNI. A¹, Ben Nasrallah. S¹

¹ Laboratoire d'Etudes des Systèmes Thermiques et Energétique

Ecole Nationale d'Ingénieurs de Monastir.

² Faculté des Sciences de Monastir

* Auteur de correspondance : chakerbriki@gmail.com

Résumé

L'objectif de ce travail est d'étudier expérimentalement le phénomène d'absorption et de désorption de l'hydrogène dans une nouvelle conception d'un réacteur contient de poudre LaNi₅. Des études de performance sont réalisées par comparaison, les taux d'absorption et de désorption. Pour l'alliage métallique LaNi₅ et de la géométrie du réservoir étudié, il a été constaté que la conception du réacteur a un grand effet sur le taux d'absorption ou de désorption. Les évolutions temporelles de la quantité d'hydrogène absorbée et désorbée pour différentes conditions de fonctionnement (température de fluide caloporteur et la pression initiale d'hydrogène appliqué dans le métal) ont été présentées. Les résultats expérimentaux indiquent que la nature des métaux fabriqué les réacteurs à un effet significatives sur le temps du stockage et la quantité du hydrogène stocké.

Mots Clef

Réacteur métal hydrogène, absorption, désorption, hydrure.

Nomenclature

E_a : Energie d'activation (J mol⁻¹)

ε : Porosité

λ : Conductivité thermique (W .m⁻¹.K⁻¹)

g : gaz

H/M : Concentration d'hydrogène dans le métal

I. INTRODUCTION

L'hydrogène est devenu de nos jours le vecteur énergétique de demain par excellence. Le stockage, le transport, et l'utilisation de l'hydrogène suscitent l'intérêt des plusieurs chercheurs. L'hydrogène est un bon candidat pour remplacer les énergies fossiles, notamment les hydrocarbures. Les hydrures de métaux ont attiré beaucoup d'attention en tant que matériaux de stockage d'hydrogène. Il existe trois méthodes de base pour le stockage de l'hydrogène gaz comprimé, liquide et solide (tels que des hydrures métalliques). Cependant, il y a de nombreuses études expérimentales et théoriques sur plusieurs aspects de stockage de l'hydrogène dans les hydrures métalliques et dans différentes conceptions des réacteurs sont publiés dans la littérature pour améliorer le processus d'absorption et de désorption [1].

Kaplan et al, font une étude expérimentalement et numériques sur le phénomène d'absorption d'hydrogène dans un réservoir cylindrique à hydrure métallique à base de LaNi₅ [2]. Mat et al, font un modèle mathématique à 3-D pour un réservoir de stockage d'hydrure métallique cylindrique, et les résultats de simulation montrent que le paramètre principal pour le

processus de charge d'hydrogène est de la pression d'équilibre, et l'absorption d'hydrogène augmente au niveau des régions ayant une pression d'équilibre plus bas [3]. Jemni et al, ont effectué une étude expérimentale et numérique pour déterminer la pression d'équilibre et la cinétique de réaction dans un réacteur cylindrique [4]. Raju et al, ont étudié le transfert de chaleur sur trois métaux-hydrure différente dans un réacteur équipé d'un échangeur de chaleur hélicoïdal.

Les résultats numériques ont montré que la conception de l'échangeur de chaleur à un effet significative sur la capacité du stockage d'hydrogène dans le métal-hydrure et sur la vitesse de réaction [5]. McDonald et Rowe ont étudié les effets des ailettes sur le processus d'absorption de l'hydrogène dans un réservoir métal-hydrogène. Ils ont constaté que la conception du réacteur avec des ailettes externes influence de manière significative sur la pression du gaz d'hydrogène à l'intérieur du réservoir ainsi sur le coefficient de transfert thermique [6].

II. ETUDE EXPERIMENTAL

Les réacteurs sont fabriqués en aluminium et cuivre qui sont présentés dans la **Figure.1**.



Figure.1 : Photo des réacteurs fabriqués en Cuivre et Aluminium

Les principaux éléments constitutifs du conteneur sont détaillés ci-dessous :

Un corps cylindrique (diamètre intérieur : 30 mm ; diamètre extérieur : 40 mm ; hauteur intérieure : 25 mm ; hauteur extérieure : 50 mm).

Afin d'étudier expérimentalement le comportement du réacteur lors des cycles d'absorption et de la désorption de l'hydrogène nous avons utilisé le dispositif expérimental présenté sur la **figure.2**. Il comprend l'un des réacteurs fabriqué en Cuivre et en Aluminium contenant de l'alliage LaNi_5 (30 g) lié à un thermostat de régulation automatique permettant d'assurer des conditions opératoires quasi isothermes.

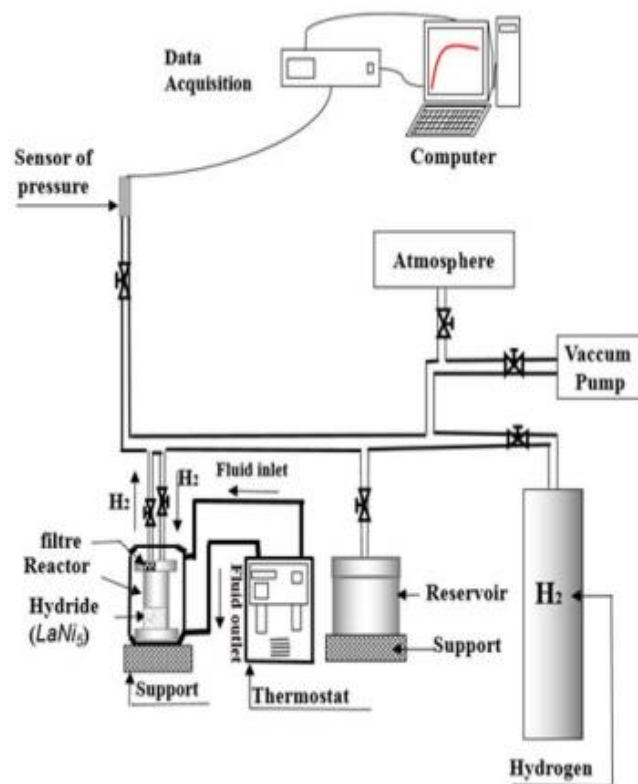


Figure.2 : Vue schématique du dispositif expérimental.

Le réacteur est connecté à un réservoir d'hydrogène (UP 99.99 %) afin d'assurer la

concentration initial désirée et qui sera isolé par suite par la fermeture de la vanne. Le réacteur est instrumenté par un capteur de pression qui est relié à une carte d'acquisition.

III. RESULTANTS ET DISCUSSIONS

Afin de régler la température et la pression de fonctionnement dans la manipe ; on a considéré initialement que le gaz (Hydrogène) est en équilibre à la température $T_{\text{fluide}} = 10^{\circ}\text{C}$ avec la poudre de l'alliage LaNi5. Ensuite le réacteur est lié à un thermostat réglé à une température $T=10^{\circ}\text{C}$ à fin de déclencher la réaction de l'absorption.

1. effet de la température de refroidissement sur le processus d'absorption

Du fait que la réaction de l'absorption est exothermique, la température dans le métal augmente au même temps que le refroidissement par la fluide caloporteur fait baisser la température du métal qui se trouvant proche de la paroi du réacteur **Figures.3. 4.**

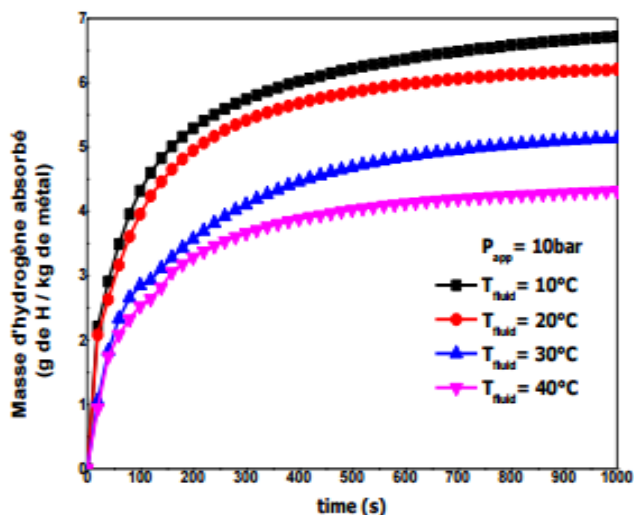


Figure.3 : Evolution temporelle de la masse d'hydrogène absorbé sous l'effet de la température dans le réacteur fabriqué en Cuivre.

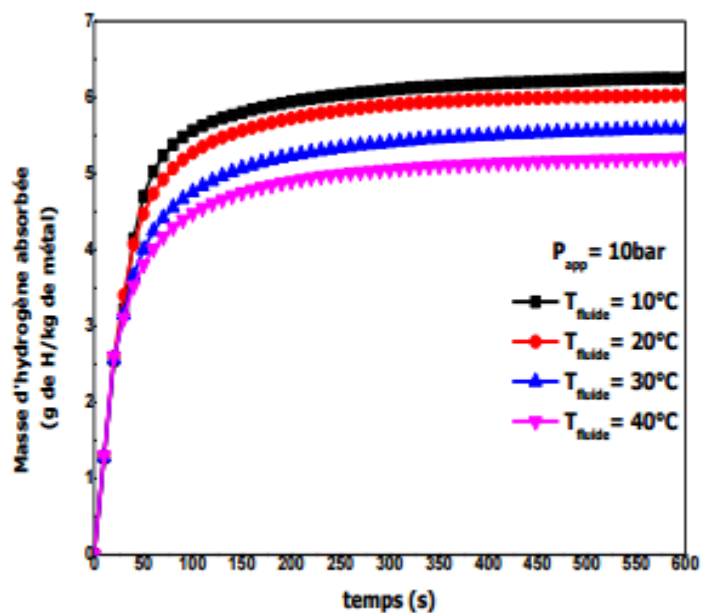


Figure.4 : Evolution temporelle de la masse d'hydrogène absorbé sous l'effet de la température dans le réacteur fabriqué en Aluminium.

Le profil de la variation de la masse absorbée de l'hydrogène en fonction de temps pour différente températures indique que le réacteur tend vers un état d'équilibre thermique avec le fluide caloporteur.

2. effet de la pression appliqué sur le processus d'absorption

Les figures.5.6 montrent l'évolution temporelle de la masse d'hydrogène absorbé pour une température de chauffage constante et différentes pressions d'hydrogène gaz appliqué. L'augmentation de la pression influe sur la cinétique et la quantité d'hydrogène absorbé. Pour un temps suffisant la réaction de l'absorption s'arrête et le système tend vers un nouvel état d'équilibre dynamique.

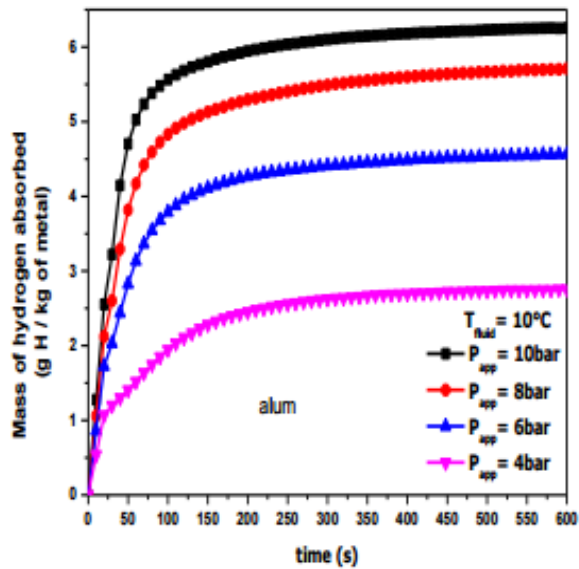


Figure.5 : Evolution temporelle de la masse d'hydrogène absorbé sous l'effet de la pression appliquée dans le réacteur fabriqué en Cuivre.

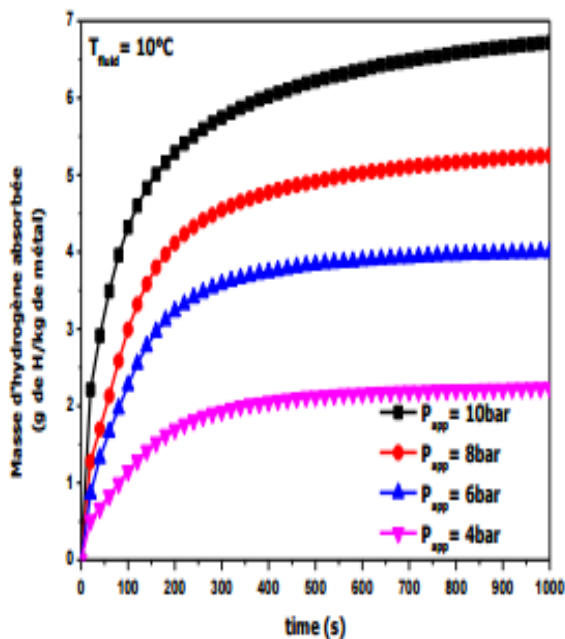


Figure.6 : Evolution temporelle de la masse d'hydrogène absorbé sous l'effet de la température dans le réacteur fabriqué en Aluminium.

IV. CONCLUSIONS

Dans ce papier, une étude expérimentale du comportement dynamique d'une nouvelle conception des réacteurs métal hydrogène est présentée. Les résultats obtenus montrent qu'il y a un effet de la nature de métaux constitue les réacteurs sur la cinétique réactionnelle ainsi sur le temps du stockage.

REFERENCES

- [1] **D.J. Durbin, C. Malardier-Jugroot** "Review of hydrogen storage techniques for on board vehicle applications" **International journal of hydrogen energy** 38 (2013) 14595-4617.
- [2] **Kaplan Y, Ilbas M, Mat MD, Demiralp M, Veziroglu TN** "Investigation of thermal aspects of hydrogen storage in a LaNi5-H2 reactor". **International Journal of Energy Research** (2006); 30:447-458.
- [3] **Mat MD, Kaplan Y, Aldas K.** "Investigation of three dimensional heat and mass transfer in a metal hydride reactor". **International Journal of Energy Research** (2002); 26:973-986.
- [4] **Jemni A, Ben Nasrallah S, Lamloumi J.** "Experimental and theoretical study of metal hydrogen reactor". **International journal of hydrogen energy** (1999); 24:631-44.
- [5] **Raju M, Kumar S.** "Optimization of heat exchanger designs in metal hydride based hydrogen storage systems". **International Journal of Hydrogen Energy** (2012); 37:2767-2778.
- [6] **MacDonald BD, Rowe AM.** "Impacts of external heat transfer enhancements on metal hydride storage tanks". **International Journal of Hydrogen Energy** (2006); 31:1721-1731.