



## MATERIAUX POUR LE STOCKAGE DE L'HYDROGENE

### RECENT ADVANCES IN MATERIALS FOR HYDROGEN STORAGE

**Editor : Annick Percheron-Guégan**  
**Annales de chimie Science des matériaux (Lavoisier)**

*Analyse par Marc Grumbach*

Ce recueil de 7 articles (dont le premier est en français et les autres en anglais) fait, en une centaine de pages, le point des études sur les matériaux pour le stockage de l'hydrogène.

En effet l'intérêt de l'hydrogène comme vecteur énergétique futur est grand en raison de sa "densité énergétique" (rapportée à la masse) et par ses avantages de combustible sans carbone mais cela ne se concrétisera, en particulier pour des véhicules, qu'en fonction de la faisabilité du stockage.

Le premier article présente d'une manière synthétique les divers modes de stockage d'hydrogène : à l'état gazeux sous pression (réservoirs composites sous 700 bars), à l'état liquide à très basse température et à l'état solide sous forme d'hydrures ou de variantes. Les capacités de stockage des diverses solutions sont comparées en termes de "capacité massique" et "capacité volumique" avec en conclusion une ouverture intéressante vers la recherche de solutions combinant plusieurs modes en fonction des utilisations.

Le deuxième article présente l'approche théorique des propriétés électroniques des matériaux se combinant avec l'hydrogène : métaux de transition, composés intermétalliques, On peut ainsi prévoir les changements de propriétés, les chaleurs de formation et les structures.

Les articles suivants présentent les diverses pistes de recherches en cours :

- Les hydrures métalliques
- les hydrures d'aluminium complexes (alanates)
- les borohydrures
- les amidures et imidures métalliques
- la "physisorption" dans des nanostructures à grande surface spécifique
- le stockage électrochimique

En ce qui concerne les hydrures métalliques des explications très claires répondent bien aux questions des néophytes : l'origine de la réversibilité est basée sur la présence de phases de genre Laves et sur la combinaison d'éléments formant des hydrures stables (Zr, Ti, Mg, terres rares...) et des hydrures instables (Cr, Ni, Fe). La réversibilité est influencée par la pression et la température. Malgré le grand nombre d'alliages métalliques possible les pourcentages d'hydrogène stockés restent trop faibles en regard du poids élevé des alliages.

On passe ensuite aux hydrures d'aluminium complexes (alanates). Les composés classiques avec des alcalins comme  $\text{NaAlH}_4$  ont des cinétiques d'absorption et de décomposition trop lentes ou des températures d'utilisation trop élevées pour les applications envisagées ce qui conduit à ajouter des catalyseurs et des dopants.

Les borohydrures sont des composés complexes et instables ; les températures de relâchement de l'hydrogène sont élevées. En fait, le stockage dans ces composés n'est pas réversible simplement et ils doivent être régénérés en atelier.

Les amidures et imidures métalliques sont de type métal-N-H : les métaux cités sont le lithium et le magnésium ; ils ont une bonne capacité de stockage jusqu'à 5.6 % en poids mais demandent des températures de déstockage assez élevées ( $>200^\circ\text{C}$ ). Des progrès sont espérés grâce à des catalyseurs.

En ce qui concerne la "physisorption" dans les matériaux poreux, les nanostructures de carbone comprennent les charbons actifs, les fibres de carbone, les nanotubes de toutes sortes ; ces produits ont de grandes surfaces spécifiques mais finalement des capacités de stockage pratiques assez réduites même à la température de l'azote liquide; les zéolithes ne font pas mieux et les matériaux réticulaires organométalliques sont encore en cours d'études pour atteindre des valeurs guère différentes.

Enfin le stockage électrochimique dans du carbone microporeux permettrait une avancée notable en combinant absorption physique et chimique : en fait on est là très voisin des batteries, avec charge et décharge.

Cet ensemble de recherches est fort instructif et témoigne d'une grande diversité dans l'application des connaissances mais les résultats sont soit décevants soit encore loin de déboucher industriellement.

Il faut rappeler néanmoins que l'industrie des matériaux est concerné à plusieurs titres dans la saga hydrogène et dans ses applications potentielles, soit parce qu'elle en produit comme dans le cas du gaz de cokerie, soit parce qu'elle peut l'utiliser comme réducteur, soit parce qu'elle peut être producteur de ces matériaux de stockage.

**Marc Grumbach**