

Stockage H₂ :

Introduction :

L'hydrogène est le gaz le plus léger de tout l'Univers. Un litre de ce gaz ne pèse que 90 mg à la pression atmosphérique normale, ce qui signifie qu'il est 11 fois plus léger que l'air que nous respirons. Pour cette raison, sa densité doit être augmentée en utilisant l'une des techniques suivantes :

Stockage à haute pression sous forme gazeuse

Stockage à très basse température sous forme liquide

Stockage en forme solide

Compression à haute pression de l'hydrogène

Il s'agit de l'une des méthodes les plus courantes de stockage de l'hydrogène. Le stockage de l'hydrogène sous forme de gaz nécessite généralement des réservoirs à haute pression. Ils ont l'avantage d'être légers et sont donc parfaits pour les applications mobiles ou nomades mais peuvent aussi avantageusement être utilisés pour le stockage stationnaire de grand volume. L'hydrogène comprimé est stocké dans un réservoir composé d'un liner en polymère et d'une structure composite qui supporte les forces mécaniques, et l'enroulement filamentaire est une technique qui vise à renforcer de manière optimale le liner avec des composites à fibres longues pour permettre à l'enveloppe de résister à une pression élevée[1], cette technique est utilisée par l'entreprise française Mahytec qu'on peut visualiser son système dans la figure 1.



Figure 1: Réservoir à haute pression

Stockage sous forme liquide

Il existe trois moyens pour rendre l'hydrogène liquide. Le premier consiste à faire descendre l'hydrogène à une température en dessous de -253°C , grâce à un cryostat. Cette méthode de

stockage est particulièrement adaptée pour la mobilité nécessitant une haute densité énergétique volumique (comme l'aviation ou le domaine spatial). Cependant, ce stockage présente un coût énergétique et un risque de perte de l'hydrogène par évaporation à hauteur de 1% par jour. Le deuxième moyen est d'utiliser des composés organiques de type huile qui lie chimiquement l'hydrogène (les Liquid Organic Hydrogen Carriers ou LOHC). Ce mode de stockage est le plus adéquat pour assurer le transport et la distribution d'hydrogène. Les composés LOHC sont chargés pour stocker l'hydrogène et déchargés lorsqu'il est nécessaire d'utiliser l'hydrogène dans certaines applications. Un troisième moyen est de transporter l'hydrogène sous forme d'ammoniac (NH_3) synthétisé via une réaction de synthèse à haute température, mais dont la capacité massique élevée et la possibilité d'être transporté à température et pression ambiantes le rendent pertinent pour le transport d'hydrogène sur de longues distances.[2] Il possède plusieurs propriétés souhaitables qui suggèrent son utilisation comme moyen de stockage de l'hydrogène. L'ammoniac peut être stocké à température ambiante à 9,2 dans un récipient sous pression peu coûteux. L'hydrogène constitue également 17,65 % de la masse de l'ammoniac, ce qui est l'un des points positifs pour l'utilisation de l'ammoniac comme matériau de stockage de l'hydrogène. Il existe plusieurs défis tels que la sécurité, l'efficacité, etc. Ces défis doivent être relevés pour de futurs développements.

Stockage en forme solide

L'hydrogène peut être stocké à l'état moléculaire, en se fixant sur un solide composé des matériaux poreux (adsorption), et il peut également être stocké à l'état atomique en absorbant l'atome dans des solides comme des hydrures métalliques, ioniques ou covalents (absorption). Que ce soit par adsorption ou absorption, le stockage solide convient plutôt à un usage de l'hydrogène en milieu confiné (par exemple, dans les sous-marins), pour les systèmes autonomes ou encore pour l'accès au grand public. Ce type de stockage est par exemple utilisé dans le projet européen Hycare (Hydrogen Carrier for Renewable Energy Storage). Le principal inconvénient de cette technologie c'est que seule une faible masse d'hydrogène peut être stockée dans ces matériaux. En effet, les meilleurs matériaux génèrent actuellement un rapport entre la masse d'hydrogène et la masse totale du réservoir qui ne dépasse pas 2 à 3%. On peut voir dans la figure 2 le système de stockage solide de l'hydrogène fabriqué par Mahytec, qui est une entreprise française spécialisée par les systèmes de stockage H_2 . Ce système est capable de stocker 2000 NI (+/- 100) équivalent à 200 g d'hydrogène.

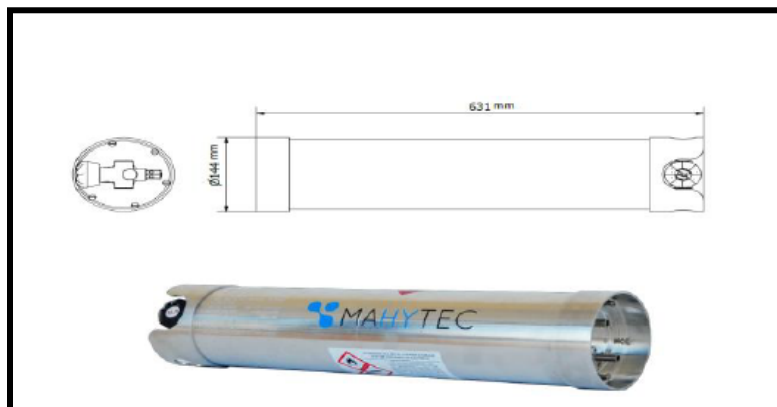


Figure 2: Réservoir de stockage solide

Dimensionnement du système de stockage :

Pour dimensionner un système de stockage H₂, il est nécessaire de prendre en compte les points suivants: Masse de l'hydrogène stocké en kilogramme (kg) ; Pression de stockage (bar); Température d'utilisation ; Durée de vie en an ou en cycle.

Afin de choisir notre système de stockage, il est nécessaire de faire les calculs suivants : En hiver avec une utilisation maximale de l'énergie et une moyenne de 12h d'irrigation par jour on a besoin de 48 kWh (3kW*16h=48kWh), ainsi 1kg d'hydrogène peut fournir 33.33kWh d'énergie, on revient à un besoin de 1.44kg de H₂ (48 kWh/33.33kWh).

Choix du système de stockage :

Donc dans notre système de stockage d'énergie pour notre système, on a choisit d'utiliser le système proposé par Mahytec qui a la capacité d'effectuer un stockage stationnaire de 4.2kg d'hydrogène à 60 bar, équivalente à une puissance de 139.986kWh, ce qui va être plus que suffisant afin de fournir la puissance pour notre réseau, pour 2.9jours en hiver quand il est plein.

On observe dans la figure 3 la fiche technique de ce système de stockage.

SERVICE CONDITIONS	
Mass of hydrogen stored at 60bar (15°C)	4.2kg
Temperature of use	From -40°C to 65°C
Maximum working pressure (PS)	60bar
Maximum refilling pressure	60bar
Position of use	Vertical or horizontal
DIMENSIONS	
Inner volume	850L
Mass of empty tank	215kg
External dimensions (cm) (without support)	Ø 84 x 187
Orifice diameter	60 mm
MATERIALS	
Hydrogen tank	Type IV – Polymer liner reinforced with composite material
Boss (x2)	Stainless steel 316L
CERTIFICATIONS	
Service life	20 years / 10,000 cycles
Hydrostatic test pressure	86bar
Approved according to	AD2000 - PED 2014/68/EU
OPTIONS	
Flange	Ø60 mm → ¼ NPT female
Flange	Ø60 mm → Side-exit ¼ NPT Female (PRV) and thread 1" 1/8 – 12UNF (valve)
Valve	PED with TPRD 2 threads ¼" BSPP female → Ø orifice = 6 mm
PRV	60bar maximum → Cv = 0,38 at 60bar / Ø = 4.77mm
Fittings	on request
Tank support frame	Simple or double ¹

Figure 3: Fiche technique de ce système de stockage

[1] :

<https://www.construction21.org/france/articles/h/conference-compte-rendu-stockage-etdistribution-les-enjeux-des-infrastructures-de-l-hydrogene.html>

[2] : <https://www.mahytec.com/en/compressed-hydrogen-storage/>