Production d'hydrogène par plasma

ABADLIA Issam
Maître de recherche A
Division Hydrogène Renouvelable - CDER
E-mail : i.abadlia@cder.dz

Résumé

Bien que l'hydrogène soit essentiel à la transition énergétique, sa production actuelle, basée sur les combustibles fossiles, est paradoxalement polluante et coûteuse en énergie. La technologie du plasma offre une alternative révolutionnaire. En dissociant l'eau ou le méthane grâce à un plasma, elle permet une production d'hydrogène à la fois plus verte et plus adaptable. Cette synthèse explore les fondements et le potentiel de cette méthode innovante pour la production de l'hydrogène.

1. Introduction

L'hydrogène est un vecteur énergétique propre prometteur. Léger, sa combustion ne génère pas de CO_2, et il peut être produit par électrolyse. Ces atouts en font un candidat idéal pour décarboner les industries lourdes et stocker les surplus d'énergies renouvelables. Un défi de taille persiste toutefois : pour se substituer au pétrole et au gaz, il faut pouvoir le produire en quantités massives, de manière à la fois économique et durable. Or, les procédés actuels, comme le reformage du gaz naturel ou l'électrolyse de l'eau, se heurtent à des limites : ils sont soit trop polluants, soit trop onéreux, soit d'un rendement encore insuffisant (le schéma conceptuel de la figure 1 en illustre les principales voies [1]). Dans ce contexte, la recherche explore des voies alternatives, dont la technologie plasma émerge comme une piste sérieuse. Cette orientation soulève des questions fondamentales : qu'est-ce qu'un plasma et comment peut-il être appliqué à la production d'hydrogène ? Quel est son principe de fonctionnement et quels sont ses avantages potentiels ? Pour évaluer cette approche innovante, il est nécessaire d'analyser l'éventail des procédés plasmiques, qui pourraient constituer le socle d'une nouvelle économie de l'hydrogène.

2. Production d'hydrogène à partir du plasma

L'hydrogène peut être produit par diverses méthodes, telles que la catalyse chimique, les procédés biologiques ou la pyrolyse. Récemment, les techniques assistées par plasma sont apparues comme une alternative prometteuse. Le plasma, un gaz surchauffé et ionisé, se présente sous deux formes principales : le plasma hors équilibre, qui génère des électrons très énergétiques dans un gaz relativement froid, et le plasma thermique, où un grand nombre d'électrons de plus faible énergie évoluent dans un gaz extrêmement chaud. Cet état de la matière offre plusieurs avantages pour la production d'hydrogène : une chaleur intense capable de dissocier les molécules, des collisions électroniques directes pour rompre les liaisons chimiques, des voies réactionnelles alternatives moins énergivores, et la formation de particules hautement réactives pouvant interagir avec des catalyseurs. Le choix du type de plasma dépend de l'effet dominant recherché pour l'application [2]. Les caractéristiques fondamentales du plasma pertinentes pour la production d'hydrogène sont illustrées dans la figure 2 [3].

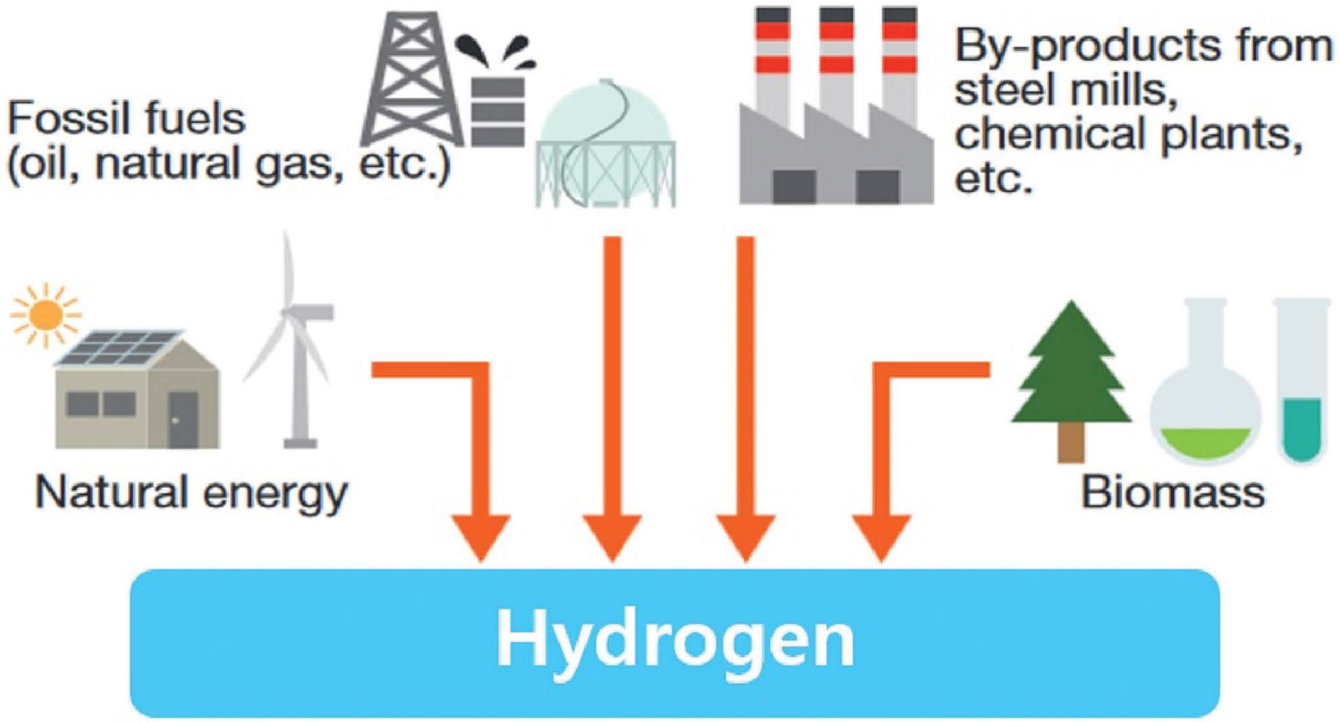

Figure 1. Schéma conceptuel de la production d'hydrogène [1].

Figure 2. Fundamental properties of plasma in hydrogen production [3].

Les réacteurs à plasma sont des systèmes synergiques qui combinent une décharge électrique, des effets thermiques et des interactions de champ. Ils se classent en deux grandes familles selon leur pression de fonctionnement : les décharges en basse pression et les décharges atmosphériques. Pour la production d'hydrogène, les plasmas froids atmosphériques, tels que la décharge à barrière diélectrique (DBD), l'arc glissant ou le plasma micro-ondes, sont les plus couramment utilisés. Leurs différents principes de génération sont illustrés à la figure 3 [4].

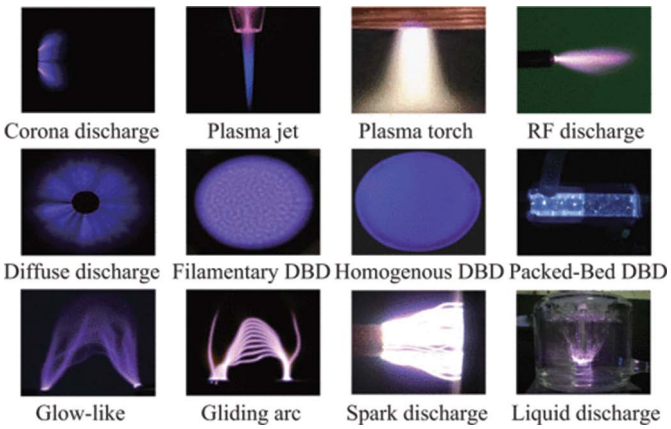

Figure 3. Types de décharge plasma [4].

3. Production d'hydrogène sans CO_2 à partir de méthane par plasma

Fondée en 2017, la société Sakowin développe une solution compétitive pour produire de l'hydrogène à partir de méthane (CH_4). Sa technologie repose sur l'utilisation d'un plasma basse énergie pour décomposer le CH_4 en l'absence d'oxygène, évitant ainsi toute émission de CO_2. Un atout majeur de ce procédé est la coproduction de carbone solide (C), un matériau valorisable dans divers secteurs industriels. La commercialisation est prévue pour 2025. Conçu pour être installé en bout de réseau de gaz sous la forme d'une armoire modulaire, le système de Sakowin devrait produire entre 200 et 300 kilogrammes d'hydrogène par jour [5].

Figure 3. Procédé Sakowin pour la production d'H2, à partir de CH4 et d'énergies renouvelables, par plasma [5].

4. Conclusion

La production d'hydrogène vert s'impose comme un pilier fondamental de l'économie décarbonée, en offrant une solution durable pour la production de carburants et la mobilité propre. L'atteinte des objectifs climatiques exige toutefois une accélération du développement des infrastructures et l'émergence de technologies de production plus intégrées et économiquement viables. Dans ce contexte, la production assistée par plasma se distingue comme une approche de rupture aux avantages substantiels (rendement, flexibilité). Un investissement massif et stratégique dans cette technologie apparaît donc non seulement nécessaire, mais déterminant pour réussir la transition énergétique.

Référence

1. LEE, Dae Hoon, KANG, Hongjae, KIM, Youna, et al. Plasma-assisted hydrogen generation: A mechanistic review. Fuel processing technology, 2023, vol. 247, p. 107761.

2. NAN, Yanglan, LIU, Qian, ZHONG, Wenqi, et al. Optimization and energy efficiency analysis of hydrogen production from refractory organic solid waste by plasma gasification. Fuel, 2026, vol. 407, p. 137357.

3. WANG, Lijian, GUO, Xiaowei, LIU, Jianzheng, et al. Plasma-Assisted Hydrogen Production: Technologies, Challenges, and Future Prospects. Processes, 2025, vol. 13, no 4, p. 1157.

4. XU, Shaojun, ZHOU, Renwu, PEI, Xuekai, et al. Plasma-Enabled Energy Conversion from Sustainable Power. CSEE Journal of Power and Energy Systems, 2025, vol. 11, no 6, p. 3012-3031.

5.https://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/articles/produire-de-lhydrogene-sans-co2-sakowin-y-parvient-grace-au-plasma-et-a-partir-de-methane-105161/