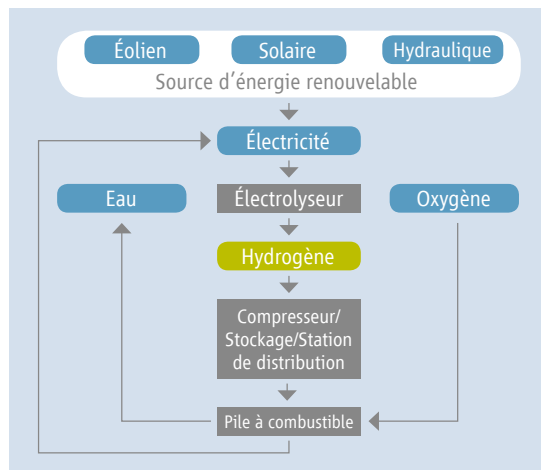




Introduction

Dans un contexte de recherche d'énergies renouvelables, l'hydrogène apparaît comme une source incontournable. Ce nouveau « vecteur énergétique » est intéressant, notamment car il permet de s'inscrire dans un cercle vertueux illustré par le schéma suivant.



Caractéristiques de l'hydrogène

- L'hydrogène (H₂) est la plus petite molécule existante
- En conditions normales, c'est un gaz incolore, inodore et insipide
- L'hydrogène est le plus léger des gaz, il se diffuse rapidement dans l'atmosphère, est extrêmement inflammable et forme avec l'air une atmosphère explosive
- Sa flamme, presque invisible, est extrêmement chaude (2045 °C)

Propriétés Hydrogène

Limites d'explosivité	4–75 Vol.-%
Énergie minimale d'inflammation	0.02 mJ
Température d'auto-inflammation	585 °C
Densité relative (par rapport à l'air)	0.07
Classement ISO/CEI DIS 80079-20-1 pour les gaz et vapeurs	II C

Production d'hydrogène

- L'hydrogène n'existe pas à l'état de ressource naturelle directement exploitable
- Il est produit principalement par deux méthodes : l'électrolyse de l'eau ou le reformage du méthane

Stockage

L'hydrogène est stocké principalement sous trois formes :

- Gaz sous pression (200 à 900 bar)
- Gaz liquéfié à très basse température (–253 °C) : 1 litre d'hydrogène liquide donne 844 litres de gaz à 15 °C et 1013 mbar
- Solide (hydrures métalliques, qui réagissent violemment avec l'eau et s'enflamment spontanément au contact de l'air)

Principaux risques

- Liés à l'hydrogène : incendie/explosion, incompatibilité avec certains matériaux
- Liés à ses applications : pression, froid, électricité

Principales mesures de prévention et de protection dans l'emploi de l'hydrogène

Mesures techniques

- Éléments du système en matériaux résistants à l'hydrogène
- Canalisations protégées des à-coups de pression et des chocs, raccords soudés
- Mise à la terre des installations
- Mise en place d'une ventilation permanente
- Détecteurs de gaz (surveillance de l'atmosphère, détection des fuites...) couplés à des mesures de mise en sécurité de l'installation (10 % de la LIE : arrêt de l'installation ; 25 % de la LIE : mise en sécurité et purge de l'installation, évacuation)





- Système de purge et d'inertage à l'azote des canalisations
- Systèmes de lutte contre l'incendie (manuels ou automatiques) : extincteurs, lances à incendie, rideaux d'eau ...
- Dispositif central d'arrêt d'urgence (accessible facilement depuis un emplacement sûr)

Mesures de conception des lieux de travail

- Zone dédiée, séparée des autres installations/équipements, ouvertures en partie haute pour l'extraction
- Implantation des réservoirs de stockage sous pression à l'extérieur

Mesures organisationnelles

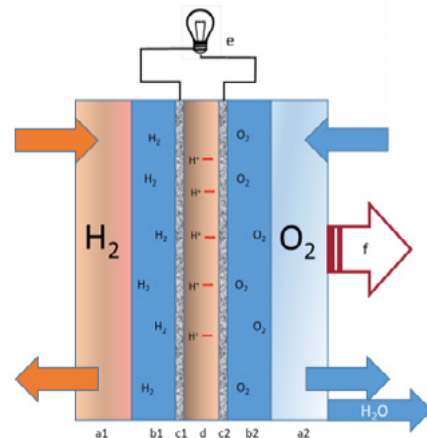
- Étiquetage (installation, canalisations ...) et marquage de sécurité
- Zonage ATEX
- Interventions sur l'installation :
 - (1) Procédure d'autorisation et de validation métrologique
 - (2) Séparation des flux de matières et des énergies, sécurisation (par consignation, par exemple)
 - (3) Règles applicables aux travaux par points chauds
- Formation des salariés

Piles à combustible

Les piles à combustible, en particulier les piles à hydrogène, sont souvent présentées comme une alternative intéressante aux méthodes classiques de production d'électricité. Leurs applications se multiplient et sont de plus en plus présentes sur le marché, que ce soit comme solution provisoire ou comme source permanente d'énergie pour les chariots automoteurs, véhicules, installations de chauffage, etc. Les centrales électriques conventionnelles envisagent elles aussi d'utiliser l'hydrogène pour stocker de l'énergie.

Comment ça marche ?

Les piles à combustible sont constituées de deux électrodes, dont l'une est en contact avec l'hydrogène (H_2) et l'autre avec l'oxygène (de l'air ; O_2). La réaction électrochimique produit de l'eau, de la chaleur et de l'électricité (voir le schéma).



- a1 Alimentation en gaz (H_2)
- a2 Alimentation en gaz (O_2)
- b1,b2 Zone de diffusion
- c1 Electrode (Anode)
- d Membrane d'échange de protons
- c2 Electrode (Cathode)
- e Dispositif électrique utilisateur
- f Dégagement de chaleur

Mesures de prévention et de protection spécifiques aux différentes étapes du process

Centrale électrique (production et/ou stockage) et réseau électrique

- À distance suffisante du poste de distribution
- Protection incendie des bâtiments et installations environnantes

Poste de distribution

- À distance suffisante de la centrale électrique
- Organes de commande nécessitant une action maintenue lors du remplissage
- Après le remplissage, purge à l'azote du réseau de canalisations (entre la centrale de stockage et le poste de distribution)
- Dispositif d'arrêt d'urgence pouvant être actionné depuis un emplacement sûr



Pile à combustible (sur un véhicule, etc.)

- Réservoir protégé des à-coups de pression et des chocs
- Présence d'une atmosphère explosive chaque fois que de l'hydrogène est utilisé pour débarrasser la membrane de la pile de l'eau formée (en particulier dans la technologie des piles à combustible à membrane d'échange de protons); une attention particulière devra être accordée au dispositif d'évacuation de l'eau, notamment à son positionnement
- Surveillance (pression, température, niveau de l'eau)

Pour aller plus loin

- Mise en œuvre de la réglementation relative aux atmosphères explosives (ATEX). Guide méthodologique, ED 945, INRS (2011) <http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%20945>
- Pile à combustible stationnaire : contexte réglementaire et normatif international et national. Risques potentiels, Ineris (2017) <https://www.ineris.fr/fr/pile-combustible-stationnaire-contexte-reglementaire-normatif-international-national-risques>

Éditeur

IVSS Sektion Chemie
Kurfürsten-Anlage 62
D-69115 Heidelberg
Allemagne

IVSS Sektion Maschinen-
und Systemsicherheit
Dynamostraße 7–11
D-68165 Mannheim
Allemagne