



Programme européen de formation des formateurs pour les intervenants

Cours 1

Les dégagements d'hydrogène non enflammés à l'air libre et leur atténuation

Niveau I

Pompier

Les informations contenues dans ce cours sont destinées au niveau **pompier** et plus.

Ce sujet est également disponible pour le niveau IV (Officier spécialisé)

Ce cours fait partie d'un ensemble de documents de formation comprenant des supports de niveaux I à IV :

Commandant d'équipe, commandant d'incidents et officier spécialisé. Veuillez consulter l'introduction du cours concernant les compétences et les attentes relatives aux prérequis.

Remarque : Ces supports sont la propriété du Consortium HyResponder et doivent être mentionnés en conséquence. Les résultats de HyResponse ont été utilisés comme base



Clause de non-responsabilité

Malgré le soin apporté à la préparation de ce document, la clause de non-responsabilité suivante s'applique : les informations contenues dans ce document sont fournies telles quelles et aucune garantie n'est donnée quant à leur adéquation à un usage particulier. L'utilisateur utilise ces informations à ses seuls risques et périls.

Le document ne reflète que le point de vue de ses auteurs. La FCH JU et l'Union européenne ne sont pas responsables de l'usage qui pourrait être fait des informations qu'il contient.

Remerciements

Le projet a reçu un financement de Fuel Cells and Hydrogen 2 Joint Undertaking (JU) dans le cadre de la convention de subvention n° 875089. Le JU bénéficie du soutien du programme de recherche et d'innovation Horizon 2020 de l'Union européenne et des pays suivants : Royaume-Uni, France, Autriche, Belgique, Espagne, Allemagne, Italie, République tchèque, Suisse, Norvège.

Résumé

Les rejets involontaires d'hydrogène dans l'air conduisent à la formation d'un mélange inflammable, établissant ainsi les conditions initiales des risques d'incendie et d'explosion. Les rejets sans inflammation dans les systèmes et infrastructures de PCH (pile à combustible et hydrogène) impliquent la fuite d'hydrogène gazeux comprimé stocké à haute pression.

Mots clés

Rejet non enflammé, détection

Table des matières

Résumé.....	3
Mots clés.....	3
1. Public visé.....	5
1.1 Description du rôle : Pompier	5
1.2 Niveau de compétence : Pompier.....	5
1.3 Prérequis : Pompier	5
2. Fuites d'hydrogène comprimé.....	6
3. Purge d'un réservoir de stockage d'hydrogène comprimé	7
4. Détection des fuites d'hydrogène	7
Reconnaissance	8
Références	8

1. Public visé

Les informations contenues dans ce cours sont destinées au NIVEAU 1 : Pompier. Des cours sont également disponibles aux niveaux II, III et IV : commandant d'équipe, commandant d'intervention et officier spécialisé.

La description du rôle, le niveau de compétence et les attentes en matière d'apprentissage supposés au niveau du commandant d'équipage sont décrits ci-dessous.

1.1 Description du rôle : Pompier

Un pompier est responsable et doit être capable d'effectuer des opérations en toute sécurité avec des équipements de protection individuel, y compris un appareil respiratoire, en utilisant l'équipement fourni, comme des véhicules, des échelles, des lances à incendie, des extincteurs, des outils de communication et de sauvetage, dans toutes les conditions climatiques dans des zones et dans des situations d'urgence dont on peut raisonnablement prévoir qu'elles nécessitent une intervention.

1.2 Niveau de compétence : Pompier

Formés à l'utilisation sûre et correcte des EPI, des ARI et des autres équipements qu'ils sont censés utiliser, les premiers intervenants doivent être soutenus par des connaissances et des pratiques appropriées. Les comportements qui assureront leur sécurité et celle de leurs collègues doivent être décrits dans des procédures opérationnelles normalisées (PON). La capacité pratique d'évaluer et d'adapter rapidement son comportement face aux risques pour sa propre sécurité et celle des autres est requise.

1.3 Prérequis : Pompier

CEC¹ de niveau 2 : Connaissance factuelle de base d'un domaine de travail ou d'étude. Compétences cognitives et pratiques de base requises pour utiliser les informations pertinentes afin d'effectuer des tâches et de résoudre des problèmes courants en utilisant des règles et des outils simples : travailler ou étudier sous supervision avec une certaine autonomie.

¹ Cadre Européen des Certifications (CEC), ou European Qualifications Framework (EQF)

2. Fuites d'hydrogène comprimé

Comme on l'a déjà vu dans les cours précédents, les véhicules à pile à combustible sont équipés de réservoirs de stockage d'hydrogène embarqués, pressurisés jusqu'à 70 MPa, et une infrastructure de ravitaillement fonctionne à des pressions allant jusqu'à 100 MPa [1]. En raison de la petite taille de sa molécule, l'hydrogène est sujet à des fuites. Les rejets/fuites d'hydrogène proviennent principalement des vannes et des raccords [2], qui peuvent se produire à l'intérieur comme à l'extérieur. Les rejets peuvent être non enflammés (c'est-à-dire ne pas réagir) ou enflammés (c'est-à-dire réagir). Bien que la rupture totale d'une conduite ou d'une cuve soit un événement rare, elle doit être considérée comme un scénario catastrophe crédible. Des efforts particuliers doivent être faits pour empêcher les rejets d'hydrogène indésirables. Un rejet d'hydrogène, que ce soit par un dispositif de décompression (PRD- Pressure relief device) ou par la rupture d'une conduite, entraînera un jet à haute pression.

Le Tableau 1 résume les types de fuites et les équipements ou composants générant des fuites d'hydrogène [3].

Tableau 1 Sources de fuites et scénarios développés par l'EIGA (2007) [3]

Equipments/composants	Type de fuites
Tuyauterie	Trous d'épingle, fissures dans les tuyaux
Brides	Défaillance du joint, mouvement thermique, fluage du matériau
Connexion à souder	Fissure de soudure
Raccord à souder	Fissure de soudure, fusion de la soudure
Raccord union	Mouvement thermique, fuite
Raccord à vis	Fuite, défaillance du joint, fluage, fissure du matériau
Raccordement de tuyau	Fuite du joint, fissure du matériau, erreur humaine
Vannes	Fuite de la tige, fuite du joint, fente du capot/boîtier ouverte par un impact
Tuyaux	Perforation fendue
Instruments	Rupture de l'élément
Régulateurs	Rupture de la membrane, fuite du joint, rupture en aval (surpression)
Electrovannes	Fuite de joint
Pompes	Perforation, fuite d'étanchéité
Cylindres	Perforation, rupture, fuite par perméation

3. Purge d'un réservoir de stockage d'hydrogène comprimé

Une étude CFD² réalisée par Li et al. [4] a démontré que :

- Pour des rejets d'hydrogène non enflammés provenant de réservoirs de stockage pressurisés à 35 MPa et 70 MPa, les distances de danger les plus longues se produisent dans les 10 s suivant l'ouverture du TPRD et la durée des dangers associés au rejet d'hydrogène est inférieure à 2 min,
- Les distances de danger déterministes pour les rejets d'hydrogène non enflammé d'un TPRD, orienté verticalement vers le bas sous une voiture à pile à combustible, sont nettement plus courtes que celles des jets libres,
- Pour les membres du grand public et les intervenants qui ne sont pas équipés de vêtements de protection thermique, la distance maximale de danger d'un rejet non enflammé est de 8 à 12 m selon la pression de stockage,
- Pour garantir que la concentration d'hydrogène est toujours inférieure à la LII (4 vol. %) à l'emplacement de l'entrée d'air des bâtiments, la distance de danger doit être d'au moins 11 m pour les rejets de 35 MPa et de 13 m pour les rejets de 70 MPa.

4. Détection des fuites d'hydrogène

Il est également important de savoir que dans les technologies de sécurité de l'hydrogène, les capteurs ne fournissent pas une stratégie de détection complète en raison de la flottabilité et de la diffusivité de l'hydrogène. Par exemple, un capteur d'hydrogène sera peu utile dans une grande enceinte ou à l'extérieur. L'emplacement des capteurs doit être soigneusement étudié et des outils tels que la CFD peuvent être utilisés pour simuler des scénarios de fuite afin de donner un aperçu du positionnement des capteurs. Les moniteurs à emplacement fixe et les moniteurs personnels/portés à la main sont nécessaires pour la protection du personnel et des installations.

Le positionnement suggéré des capteurs d'hydrogène est détaillé ci-dessous :

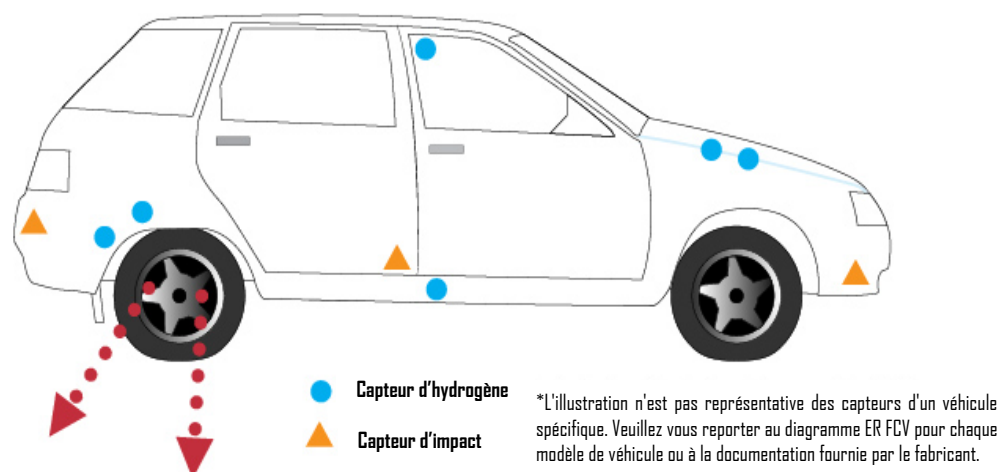
- Aux endroits où des fuites ou des déversements d'hydrogène sont possibles,
- Au niveau des raccords d'hydrogène qui sont régulièrement démontés et remontés (par exemple, les ports de ravitaillement en hydrogène),
- Dans les endroits où l'hydrogène pourrait s'accumuler
- Dans les conduits d'admission d'air du bâtiment, si de l'hydrogène pourrait être transporté dans le bâtiment,
- Dans les conduits d'évacuation du bâtiment, si de l'hydrogène pourrait être libéré à l'intérieur du bâtiment.

Il est également obligatoire d'installer des capteurs d'hydrogène sur les véhicules à pile à combustible pour signaler les fuites potentielles. Les emplacements des détecteurs d'hydrogène

² CDF : Acronyme de Computational fluid dynamics (Calcul de dynamique des fluides en français)

pour les véhicules électriques à piles à combustible (en anglais : Fuel Cell Electric Vehicle - FCEV) sont indiqués par des points bleus sur la Figure 1 et comprennent [5] :

- Tuyau d'échappement (contrôle procédé),
- Habitacle (sécurité),
- Moteur (sécurité),
- Pile à combustible (sécurité).



Les capteurs d'hydrogène détectent les fuites d'hydrogène dans l'habitacle et dans le véhicule. Il est très peu probable que le système de carburant fuit, mais si les capteurs détectent une fuite, un solénoïde se ferme et isole l'hydrogène dans le réservoir. En outre, des relais électriques s'ouvrent pour arrêter le véhicule et isoler le système haute tension.



Les capteurs d'impact détectent la collision, tout comme le fait un capteur d'airbag. Cela isole également l'hydrogène dans le réservoir et isole le système haute tension. (Les bus n'ont pas ce type de capteur)

Figure 1 Localisation possible des capteurs d'hydrogène dans un véhicule électrique à pile à combustible [5]

Reconnaissance

Le projet HyResponse est reconnu car les supports présentés ici sont étendus sur la base des cours HyResponse originaux.

Références

- [1] Molkov, V (2012). Fundamentals of hydrogen safety engineering, Part I and Part II. Available from: www.bookboon.com, free download e-book
- [2] HyFacts Project. Chapter R. Hydrogen releases and dispersion. Available from: <https://www.h2euro.org/hyfacts/category/education-training/> [accessed on 12.11.20].
- [3] EIGA, European Industrial Gases Association (2007). Determination of safety distances. IGC Doc 75/07/E.



- [4] Li, Z, Makarov, D, Keenan, J, Molkov, V (2015). CFD study of the unignited and ignited hydrogen releases from TPRD under a fuel cell car. 6th International Conference on Hydrogen Safety, 19-21 October 2015, Yokohama, Japan.
- [5] CFCP, California Fuel Cells Partnership, 2014. Available from: <http://cafcp.org/> [accessed on 12.11.20].