

# Quantification du risque de fuite sur des organes hydrogène haute pression

Christophe Proust<sup>1,2</sup>, Sylvaine Pique<sup>2</sup>, Albin Tarrisse<sup>2</sup>

Affiliation 1 : Laboratoire TIMR, UTC/ESCOM, Sorbonne Universités, Centre de recherche ALATA, 60200 Compiègne.

Affiliation 2 : INERIS, Parc Technologique ALATA, 60550 Verneuil-en-Halatte

## Contexte

Depuis une vingtaine d'année, les pays développés explorent la possibilité de développer l'usage de l'hydrogène comme alternative aux énergies fossiles (Brandon et Kurban, 2017). L'hydrogène est peu disponible à l'état naturel, comme l'électricité, et doit alors être considéré plutôt comme un « vecteur d'énergie ». En plus de fournir une alternative à l'électricité, l'hydrogène s'avère être une solution de stockage. Cela ouvre la possibilité de nouveaux usages comme dans le domaine de la mobilité. De nombreux projets existent dans ce secteur notamment pour la mobilité « lourde » (Piriano et al., 2021). Cependant, les acteurs de la filière bien conscients du caractère explosif des mélanges hydrogène-air, s'inquiètent des risques d'accidents graves qui, s'ils se produisaient, pourraient réduire à néant les efforts de développement de la filière. De ce fait, d'importants travaux de recherche sont consacrés à la maîtrise du risque « hydrogène ». On expose dans ce qui suit des travaux consacrés à la production de données de base pour la conduite d'analyse des risques d'installations « hydrogène-énergie », dans des stations-services, positionnées à proximité du grand public.

## Résumé des travaux

Le processus d'analyse des risques requiert d'une part l'identification des scénarios d'accidents et d'autre part la quantification des fréquences et des conséquences de ces scénarios. Sur cette base, et à l'aide d'une métrique adaptée (Proust, 2019), des modifications peuvent être apportées au procédé (par exemple en superposant des mesures de réduction du risques) si le risque est jugé non acceptable. Dans le cas d'une station-service hydrogène, les scénarios redoutés sont principalement des fuites d'hydrogène qui peuvent produire des explosions et des incendies violents. Or, si les travaux de recherche conduits au cours des deux dernières décennies ont permis de progresser très significativement dans la modélisation des explosions et des feux d'hydrogène, les données disponibles concernant l'estimation des fréquences et des débits de fuite semblent mal adaptées aux configurations étudiées (provenant par exemple de la pétrochimie) ou à ce type d'analyse (Duclos, 2019). En premier lieu, on propose un état des lieux des bases de données existantes permettant de déterminer la probabilité de fuites dans une borne de distribution d'hydrogène gazeux sous pression (Figure 1 gauche). Trois limites à cette approche apparaissent. On constate d'abord que pour une même fuite et un même expert, l'usage de différentes bases de données peut se traduire par une incertitude s'étalant sur deux ordres de grandeur. En outre, les fréquences de fuites sont volontiers associées à une taille de brèche traduite en % de la pleine section de la tuyauterie sur laquelle les organes qui peuvent fuir sont installés. Ce n'est guère réaliste car ne tient alors pas compte de la diversité des organes installés (vannes, instrumentations...) Enfin, cette approche ne permet guère d'établir un lien avec le mode d'usage et la géométrie des organes et donc de choisir les mesures appropriées. Ces inconsistances et insuffisances viennent notamment du fait que le retour d'expérience sur les technologies propres à l'hydrogène, notamment gazeux sous très haute pression, est très fragmentaires. Pour tenter de lever ces limites, une méthode est proposée qui prend comme point de départ chaque composant. Pour chaque composant, les caractéristiques physiques et les conditions d'usages sont détaillées. A partir d'une modélisation mathématique du comportement

physique du composant et de l'analyse des défaillances retenues telles que la fatigue, la corrosion ou le défaut d'assemblage, une fréquence d'occurrence de fuite et une « taille de brèche » associée peuvent être estimées (Figure 1 droite). Il est proposé de présenter la méthode et quelques éléments de confrontation à la réalité issues principalement de données de terrain.

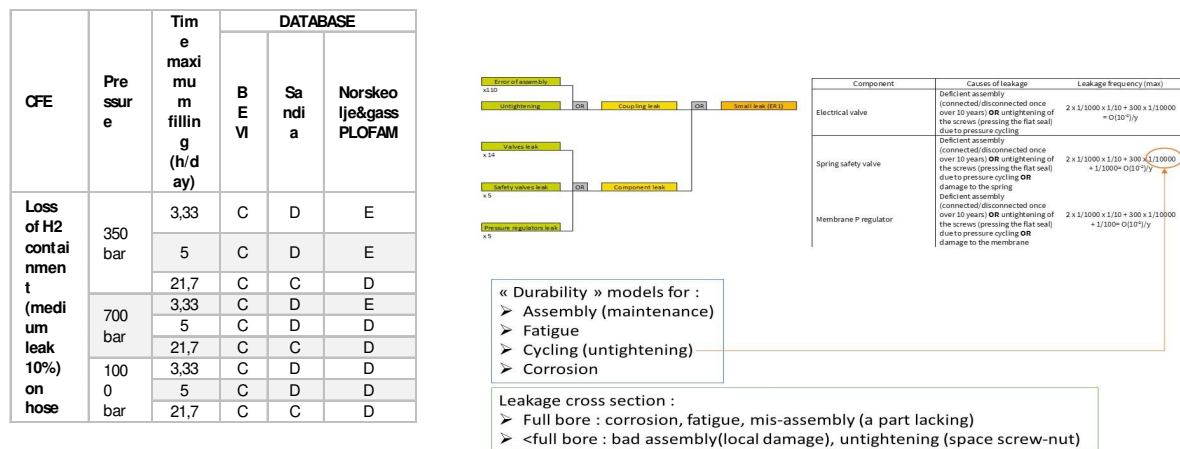


Figure 1 : exemple de fréquences d'un type de fuite selon la base de données d'entrée et nouvelle méthode

## Conclusion

Ce travail est consacré à la prédiction des fréquences et débits de fuites d'hydrogène sur des bornes de distribution d'hydrogène gazeux sous pression pour les véhicules. On expose tout d'abord les limites des bases de données existantes (donnant probabilités et débit de fuite) qui s'avèrent peu opérantes presque par construction. Puis, une nouvelle méthode est exposée qui prend pour point d'appuis les particularités de chaque composant dans son contexte d'utilisation et déroule une technique d'arbre des défaillances. Il reste à la mettre au point et à la valider, mais elle offre de nombreuses perspectives pour compléter les données de bases préexistantes, offrir un moyen de traitement de données de terrain (aider à les paramétrer/contextualiser) ou proposer une première évaluation des risques de fuite sur des composants/installations toutes nouvelles et sans retour d'expérience quantifié.

## Références bibliographiques

Brandon, N.P.; Kurban, Z., Clean Energy and the Hydrogen Economy, *Phil. Trans. R. Soc.*, 2017, A375, 20160400.

Duclos, A., Développement de modèles phénoménologiques et de maîtrise des risques d'explosion pour la filière émergente hydrogène-énergie, Thèse de doctorat de l'Université de Technologie de Compiègne, soutenue le 29 octobre 2019.

Piriano, F.; Genovese, M.; Fragiaco, P., Towards a new mobility concept for regional trains and hydrogen infrastructure, *Energy Conversion and Management*, 2021, 228, 113650.

Proust, C., Les métriques du risques, Congrès de la SFGP, 2019, Nantes, France.

## Remerciements

Ces travaux sont conduits dans le cadre du projet Européen (financement par « Fuel Cells and Hydrogen 2 Joint Undertaking » sous la référence de contrat No 101006794)