



**HAL**  
open science

## Vers une caractérisation de l'effet sur la sécurité de la décarbonation d'un système industriel de production d'énergie

Guillaume Lecocq, C. Proust, Emmanuel Leprette, Jérôme Daubech, Pierre Montagne, Eric Impellizzeri, Pierrick Patula, Alexandre Auvray

### ► To cite this version:

Guillaume Lecocq, C. Proust, Emmanuel Leprette, Jérôme Daubech, Pierre Montagne, et al.. Vers une caractérisation de l'effet sur la sécurité de la décarbonation d'un système industriel de production d'énergie. 18. Congrès de la Société Française de Génie des Procédés (SFGP 2022), Nov 2022, Toulouse, France. ineris-03975884

**HAL Id: ineris-03975884**

**<https://hal-ineris.archives-ouvertes.fr/ineris-03975884>**

Submitted on 17 Apr 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Vers une caractérisation de l'effet sur la sécurité de la décarbonation d'un système industriel de production d'énergie

Guillaume LECOQ<sup>1</sup>, Christophe PROUST<sup>1,2</sup>, Emmanuel LEPRETTE<sup>1</sup>, Jérôme DAUBECH<sup>1</sup>, Pierre MONTAGNE<sup>3</sup>, Eric IMPELLIZZERI<sup>3</sup>, Pierre BIEHLER<sup>3</sup>, Pierrick PATULA<sup>3</sup>, Alexandre AUVRAY<sup>3</sup>

Affiliation 1 : INERIS, Parc Alata BP 2, 60550 Verneuil-en-Halatte

Affiliation 2 : UTC, Alliance Sorbonne Univ., lab. TIMR, Centre Pierre Guillaumat, 60200 Compiègne

Affiliation 3 : GE Energy Product-Europe, 20 avenue de Maréchal Juin, BP 379, 90007 Belfort

## Contexte

La société General Electric (GE) conçoit des turbines à gaz pour la production d'énergie. Ces turbines utilisent habituellement le gaz naturel comme carburant. Dans un contexte global de décarbonation de l'industrie, GE vise à exploiter dans de futurs projets un carburant mélangeant hydrogène et gaz naturel. Dans un souci de protection des personnes et des biens dans l'environnement du procédé notamment, il est nécessaire d'évaluer les scénarios dangereux afin de prendre en considération une conception adaptée à l'utilisation d'un tel mélange combustible.

Les scénarios pouvant conduire à des phénomènes dangereux lors de certaines phases d'exploitation de la turbine ont été recensés. Le cas typique est la formation d'une atmosphère inflammable combustible-air, celle-ci pouvant par exemple se produire dans la tubulure d'alimentation des chambres de combustion ou en aval de celles-ci dans la zone d'échappement. L'enrichissement du carburant en hydrogène est a priori susceptible d'augmenter l'étendue des volumes inflammables et la violence des explosions en cas de présence d'une source d'inflammation au sein de ceux-ci.

L'INERIS a réalisé un premier accompagnement de General Electric sur ce problème de sécurité et le présent document en expose certains éléments, plus spécifiquement liés aux canalisations d'alimentation en combustible.

## Etendue de l'étude

La Figure 1 montre quatre circuits d'alimentation en carburant des chambres de combustion. Les lignes sont longues de quelques dizaines de mètres et présentent des courbures, coudes et restriction de section. Le diamètre caractéristique est de l'ordre de la centaine de millimètres. La température de gaz est de quelques centaines de degrés et la pression varie de la pression atmosphérique à quelques dizaines de bar.

L'étude a porté sur les propriétés d'inflammabilité des mélanges considérés (variation de la teneur en hydrogène, conditions de pression et température représentatives des points de fonctionnement), les caractéristiques des volumes inflammables susceptibles d'être formés en fonction des scénarios identifiés par GE, les mécanismes d'amorçage possibles, et enfin les mécanismes d'accélération des flammes associées.

## Quelques résultats

Des calculs de Mécanique de Fluides Numérique (ou CFD en anglais) ont mis en avant que dans une situation où le carburant présent en canalisation entre en contact avec de l'air, une augmentation de la teneur du carburant en hydrogène conduit à une augmentation du volume inflammable pouvant

être formé en canalisation. Une distribution hétérogène est notable dans le volume inflammable avec une fraction de nuage importante pauvre en carburant et une autre fraction présentant un gradient plus important. D'après ces calculs pour ce point de fonctionnement et en fonction de la teneur en hydrogène, une flamme peut s'accélérer sur une longueur comprise entre 5 et 10 m environ.

Une analyse bibliographique adaptée (Proust, 2022) identifie le risque d'inflammation des mélanges du fait d'une diminution de l'énergie minimum d'inflammation, de la température d'inflammation par surface chaude et une augmentation de la sensibilité aux décharges électrostatiques et aux frottements mécaniques.

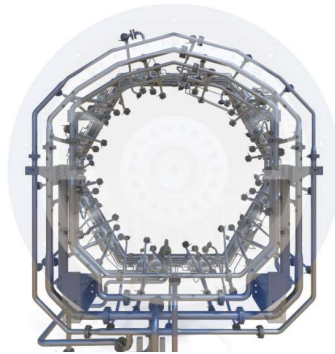


Figure 1 : Vue des canalisations d'alimentation des chambres de combustion du système GE

Le phénomène d'accélération des flammes en tube reste un sujet de recherche (Cicarelli, 2008) et dépend de la géométrie du tube, de sa rugosité interne et des propriétés du mélange.

Les ressources bibliographiques mettent assez peu en avant des résultats expérimentaux pour des propagation de flamme combinant toutes les spécificités de la problématique. Les modèles algébriques disponibles (Silvestrini, 2008) dans la littérature semblent limités au panel d'expériences à partir desquels ils ont été élaborés.

Une approche CFD (Lecocq, 2022) a été testée pour le calcul de flammes méthane/air et hydrogène/air en tube métallique long (24 m) et ouvert d'un côté. Les propriétés principales des explosions sont correctement simulées mais il reste actuellement difficile d'extrapoler ce modèle à d'autres conditions thermodynamiques initiales.

Une thèse lancée en 2022, associant l'INERIS, GE et d'autres industriels vise à produire des données expérimentales représentatives des conditions d'exploitations de leurs installations et à identifier les phénomènes d'accélération de flamme spécifiques.

### Références bibliographiques

Proust C., Ignition likelihood of sudden hydrogen releases, ISFEH 2022.

Cicarelli G., Dorofeev S., Flame acceleration and transition to detonation in ducts, *Progress in Energy and Combustion Science*, 2008, 34, 499-550

Silvestrini M., Flame acceleration and DDT run-up distances for smooth and obstacle filled tubes, *J. Loss. Prev.*, 2008, 21, 555-562

Lecocq G., Daubech J., Leprette E., Experimental and numerical study of the fuel effect on flame propagation in long open ducts, ISHPMIE 2022.