

Étude expérimentale de l'injection de fluides à haute pression (supercritique) pour une application de type moteurs-fusées.

La suggestion d'utiliser des fluides supercritiques remonte à un siècle, mais les principaux progrès dans la recherche et l'utilisation de ces derniers se sont produits principalement au cours des 30 dernières années. Ils ont été utilisés comme solvants dans des milieux réactionnels ou comme fluides pour la propulsion. Dans ce dernier cas, la tendance est à l'augmentation de la pression dans la chambre de combustion afin d'accroître l'efficacité des moteurs à réaction lors de l'utilisation du kérosène de nouvelle génération et ainsi réduire considérablement les émissions de CO₂ et la production de NO_x. Par voie de conséquence, le carburant liquide peut être injecté dans des conditions supercritiques (ou de liquide compressé). De nombreux systèmes énergétiques impliquent une transition thermodynamique d'un état sous-critique à un état supercritique. Le projet INSIDE a pour objectif d'étudier l'impact du comportement des phases (sous-critique et supercritique) sur le mélange par le biais de diagnostics innovants couplés à des simulations numériques. Le laboratoire CORIA et le CMAP de l'École Polytechnique sont associés dans ce projet.

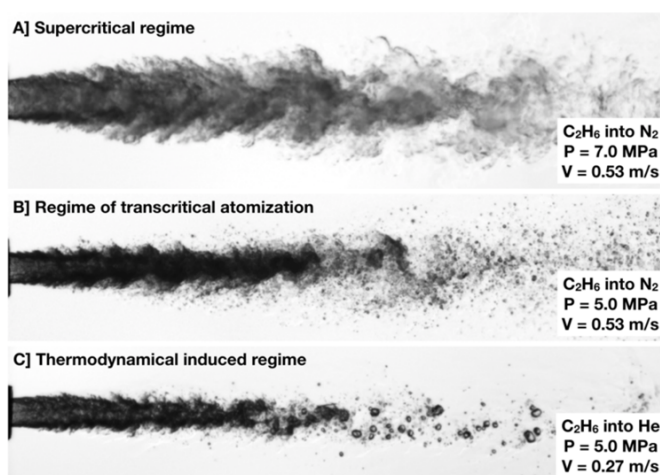


Fig. 1: Injection d'éthane dans l'Hélium ou l'Azote (ANR REFINE – CORIA Lab.).

Les données expérimentales pour ce type de régime d'injection restent peu nombreuses et/ou mal documentées. L'ANR REFINE (<http://www.coria-cfd.fr/index.php/REFINE>), achevée en 2018, avait pour objectif de palier ce déficit de connaissance par l'étude expérimentale et numérique de l'injection en régimes sub, trans et supercritique d'un jet d'éthane non assisté dans l'hélium dans une enceinte à pression et température variables. L'ensemble de ces résultats est disponible dans la thèse de N. Vallée soutenue au CORIA en

2018. Au cours du projet REFINE il s'est avéré que la mise en place de diagnostics à haute pression était un challenge qui nécessitait de plus amples investigations.

La thèse CORIA proposée ici est la continuation de l'ANR REFINE. L'objectif est de réaliser une série de mesures quantitatives (densité, vitesse) d'un jet supercritique. Il s'agit d'un véritable challenge car la mise au point d'une expérience véritablement contrôlée en pression et température est délicate. De plus, des diagnostics innovants seront pour la première fois utilisés dans le cadre des fluides supercritiques : Spontaneous Raman scattering et femtosecond double-pulse imaging. La mise au point de ces derniers sera un point clé du projet. Cette étude est donc essentielle dans la compréhension de la désintégration des jets supercritiques et permettra aussi de mettre à disposition de la communauté scientifique une base de données expérimentale exploitable pour la validation des codes de calculs. Un injecteur de type coaxial est ici envisagé afin d'avoir un meilleur control de l'écoulement et de se rapprocher de l'application finale des injecteurs de moteurs-fusées. Des codes de post-traitement faisant appel à l'intelligence artificielle (IA), de thermodynamique et/ou de mécanique des fluides pourront être utiliser dans le but d'approfondir la connaissance de ces écoulements si particuliers.

Ce projet s'inscrit pleinement dans la thématique de la propulsion spatiale, mais aussi en lien avec la combustion propre (de l'hydrogène à haute pression ou au moyen de l'eau supercritique) ou la formation de nano-particules.

Résultats attendus :

- Mise en place d'un banc haute-pression ;
- Mise en place de diagnostics de type Raman et Femtoseconde ;
- Réalisation d'une base de données expérimentale ;
- Mise en place d'une procédure d'identification des différents régimes d'écoulements, i.e. sous-critique et supercritique.

Références bibliographiques en lien avec l'étude :

1. Blaisot J.B., Yon J., Entropy based image analysis for the near field of direct injection Diesel jet, ILASS-04, Nottingham (UK), Sept. 2004
2. Dumouchel C., On the experimental investigation on primary atomization of liquid streams, Exp. Fluids, 45: 371-422 (2008).
3. Petit X., Ribert G., Domingo P. and Lartigue, G., Large-eddy simulation of supercritical fluid injection, *J. Supercritical. Fluids*, **(84)**: 61-73 (2013).
4. N. Vallée, G. Ribert, J.-B. Blaisot, Characterization of ethane jet from sub-critical to super-critical conditions through visible light and X-ray imaging. 14th ICLASS, Chicago (USA), 2018.
5. N. Vallée, G. Ribert, J.-B. Blaisot, D. Lisiecki, Experimental investigation of Ethane and Propane injection under sub- and super-critical conditions. 28th Conference ILASS-Europe, Valencia (Spain), 2017.
6. Vallée, N. (Thèse de Doctorat INSA de Rouen, 2014-2018) Caractérisation des jets à hautes-pressions : étude expérimentale d'injections continues sub-, trans- et super-critiques.
7. Yon J., Blaisot J.B., Morphological analysis of the diesel jet at the nozzle outlet, ICLASS-2003, Sorrento (Italy), Jul. 2003.

Expériences souhaitées :

Le(La) candidat(e) aura un diplôme de niveau Master 2 (École d'Ingénieurs ou Université) en mécanique des fluides, énergétique, aéronautique ou génie chimique. Une expérience en diagnostique, expérimental, IA, et en codage (Fortran/Python) est appréciée ainsi que des

connaissances sur la modélisation de la thermodynamique ou de l'atomisation/spray. Excellentes compétences en communication verbale et écrite en anglais et en français. Rigueur et autonomie sont aussi appréciées.

Administratif :

Cette thèse sera dirigée par Guillaume Ribert (<https://www.coria-cfd.fr/index.php/User:Ribert>) et co-encadrée par Jean-Bernard Blaisot et Benoît Barviau.

La prise de poste se fera entre septembre et décembre 2021.

Une rémunération mensuelle de 1768€ brut est proposée. Un complément de salaire via des vacations de cours pourra venir s'ajouter sous conditions.

Candidater :

Pour candidater, merci d'envoyer par email à Guillaume Ribert (guillaume.ribert@insa-rouen.fr), les documents suivants :

- Nationalité européenne uniquement ;
- CV ;
- Lettre de motivation ;
- Scan de la CI ou Passeport ;
- Lettre de recommandation, datée et signée, du Directeur de Master (ou équivalent) ;
- Lettre de recommandation, datée et signée, qui pourrait accroître l'acceptation du dossier ;
- Copie du baccalauréat ;
- Copie du diplôme d'ingénieur / master / équivalent avec mention ou classement obtenu, ou certificat de scolarité de dernière année ;
- Relevé de notes de L1, L2, L3, M1 et M2

Date limite :

L'offre de thèse restera valable jusqu'au **01 Septembre 2021**.

Lieux : CORIA – INSA de Rouen Normandie, Rouen

Financement : ANR