

PROPOSITION DE STAGE EN COURS D'ETUDES

Référence : **DMPE-2025-05**
 (à rappeler dans toute correspondance)

Lieu : Palaiseau

Département/Dir./Serv. : DMPE/MPF

Tél. : 01 80 38 60 54

Responsables du stage :
 D. Davidenko, T. Gaillard

Email : dmitry.davidenko@onera.fr
 thomas.gaillard@onera.fr

DESCRIPTION DU STAGE

Thématique(s) : Ecoulements réactifs

Type de stage Fin d'études bac+5 Master 2 recherche Bac+2 à bac+4

Intitulé : Contribution à la conception d'une maquette de chambre à détonation rotative et à la modélisation de son fonctionnement

Sujet : L'utilisation de la détonation comme processus de combustion dans un cycle moteur permet théoriquement d'augmenter son rendement thermodynamique. Parmi les différents modes de propulsion par détonation, on s'intéresse à la détonation rotative pour la propulsion fusée.

La chambre d'un moteur à détonation rotative est représentée en Figure 1 par un canal annulaire dans lequel on injecte des ergols (combustible et oxydant) (1). Les ergols se mélangent près du fond de la chambre (2) en formant une couche de mélange frais dans laquelle une onde de détonation peut se propager. Après l'initiation, une ou plusieurs ondes de détonation (3) s'installent dans la chambre en se propageant dans le sens azimutal. La couche de mélange (4) consommée par la combustion est restaurée durant la période entre les passages des détonations successives grâce à l'injection continue. Les ondes de détonation entraînent des chocs obliques (5) dans les produits de combustion se détendant vers la sortie de la chambre (6). Par rapport au cycle conventionnel, le gain de rendement thermique est obtenu grâce à la compression du gaz par les ondes de détonation.

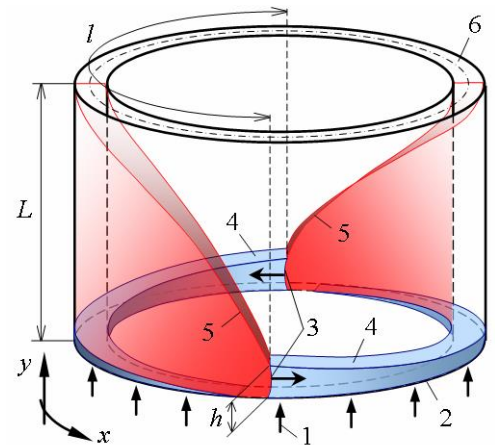


Figure 1: Fonctionnement d'un moteur à détonation rotative (RDE)

Les études effectuées à l'ONERA [1,2] ont permis de proposer un principe d'injection innovant en formant un prémélange partiel d'ergols en sortie de l'injecteur. Ce principe a ensuite été réalisé dans le cadre d'une thèse de doctorat, ce qui a permis de démontrer son avantage par rapport à d'autres concepts d'injecteur. Les résultats numériques produits à l'ONERA par simulation avec le code CEDRE et les résultats expérimentaux obtenus sur une maquette de chambre à détonation au banc GAP de l'Institut Pprime (voir Figure 2) ont montré un bon accord entre ces deux approches scientifiques [3].

La collaboration entre l'ONERA et Pprime continuera avec un soutien du CNES qui considère l'application du moteur à détonation rotative à la propulsion de futurs lanceurs spatiaux. Une nouvelle thèse sera proposée en 2025 afin d'identifier les facteurs importants pour les performances du moteur à détonation et d'améliorer le fonctionnement de sa chambre. De nouveaux éléments de la maquette expérimentale seront testés afin de trouver la meilleure configuration en termes de performances et de stabilité de fonctionnement.

Le travail de stage portera sur le dimensionnement et la conception des nouveaux éléments de la maquette et sur la validation des nouvelles configurations de la chambre par simulation numérique avec le code CEDRE. Le stagiaire réalisera d'abord une recherche bibliographique concernant les chambres à détonation rotative. On s'intéressera à la fois à différentes réalisations de l'injecteur et aux formes internes de la chambre, ainsi qu'aux résultats expérimentaux ou numériques associés à ces réalisations. Cela doit permettre au stagiaire de comprendre la problématique et de voir les différentes réalisations d'une chambre à détonation et les techniques utilisées pour caractériser son fonctionnement. À l'aide des outils

informatiques, le stagiaire travaillera sur la conception d'un nouvel injecteur et des pièces formant le canal de la chambre (corps central et paroi extérieure) pour la maquette expérimentale. Les conceptions considérées seront validées par simulation pour obtenir une prévision de leur effet sur les caractéristiques du fonctionnement de la maquette dans les conditions prévues pour les essais. Ce travail sera accompagné par des spécialistes de l'ONERA et de Pprime. Les conceptions sélectionnées seront utilisées pour la réalisation des nouvelles pièces.

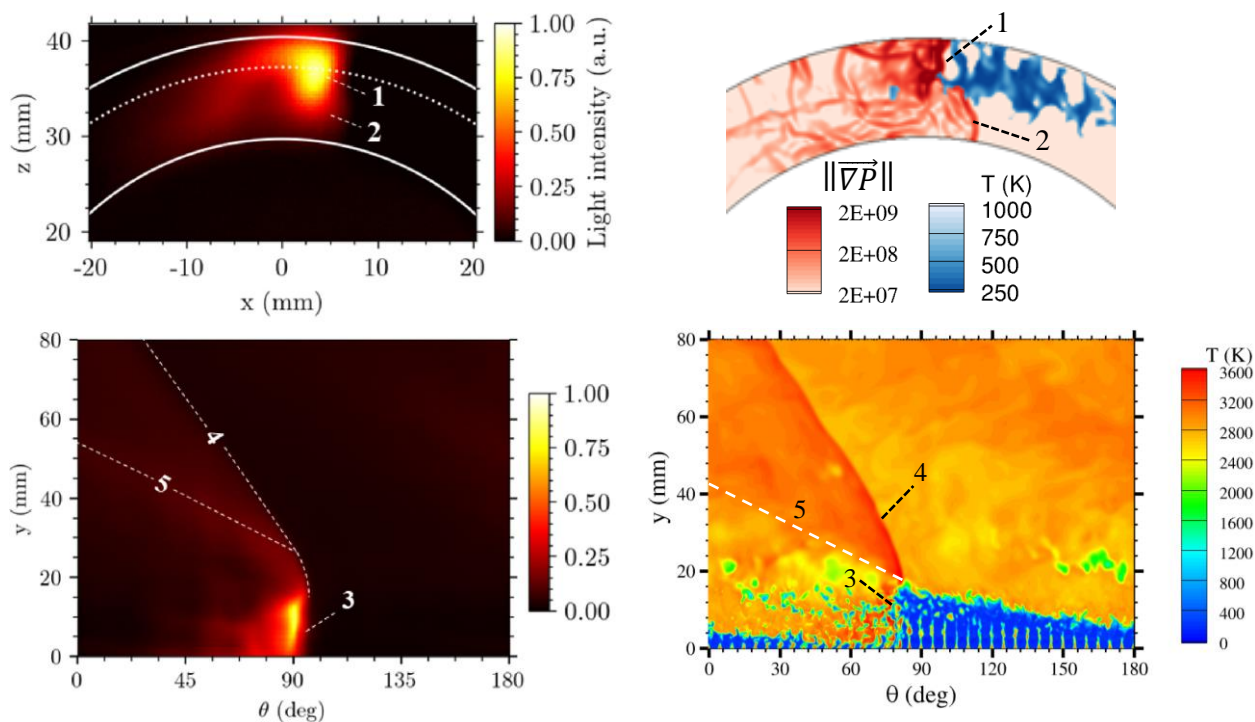


Figure 2 : Résultats expérimentaux et numériques pour la détonation rotative dans la maquette de chambre alimentée en méthane/oxygène. À gauche, visualisation de la chimiluminescence induite par la détonation rotative : vue depuis la sortie de la chambre (en haut) et vue de côté (en bas). À droite, champs instantanés de température et de gradient de pression à 12 mm du fond d'injection (en haut) et champ de température au rayon médian de l'injecteur (en bas) obtenus par simulation. Éléments numérotés : 1 et 3 - front de détonation ; 2 et 4 - chocs dans les gaz chauds induits par la détonation ; 5 – ligne de contact des gaz générés par la détonation affichée et la détonation précédente.

Références :

[1] : Gaillard, T. (2017). Étude numérique du fonctionnement d'un moteur à détonation rotative (Thèse de doctorat, Université Paris-Saclay).
 [2] : Gaillard, T., Davidenko, D., & Dupoirieux, F. (2017). Numerical simulation of a rotating detonation with a realistic injector designed for separate supply of gaseous hydrogen and oxygen. *Acta Astronautica*, 141, 64-78.
 [3] : Hellard, P., Gaillard, T., Davidenko, D., Berterretche, P., Zitoun, R., & Vidal, P. (2024). Quasi-CJ rotating detonation with partially premixed methane-oxygen injection: Numerical simulation and experimental validation. *Applications in Energy and Combustion Science*, 19, 100278.

Est-il possible d'envisager un travail en binôme ? Non

Méthodes à mettre en œuvre :

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Recherche théorique | <input checked="" type="checkbox"/> Travail de synthèse |
| <input checked="" type="checkbox"/> Recherche appliquée | <input checked="" type="checkbox"/> Travail de documentation |
| <input type="checkbox"/> Recherche expérimentale | <input checked="" type="checkbox"/> Participation à une réalisation |

Possibilité de prolongation en thèse : Oui

Durée du stage : Minimum : 5 mois Maximum : 5 mois

Période souhaitée : de février à septembre 2025

PROFIL DU STAGIAIRE

Connaissances et niveau requis :
Mécaniques des fluides, combustion,
détonation, simulation numérique, analyse de
données, conception mécanique

Ecoles ou établissements souhaités :
Université ou école d'ingénieurs

GEN-F218-3