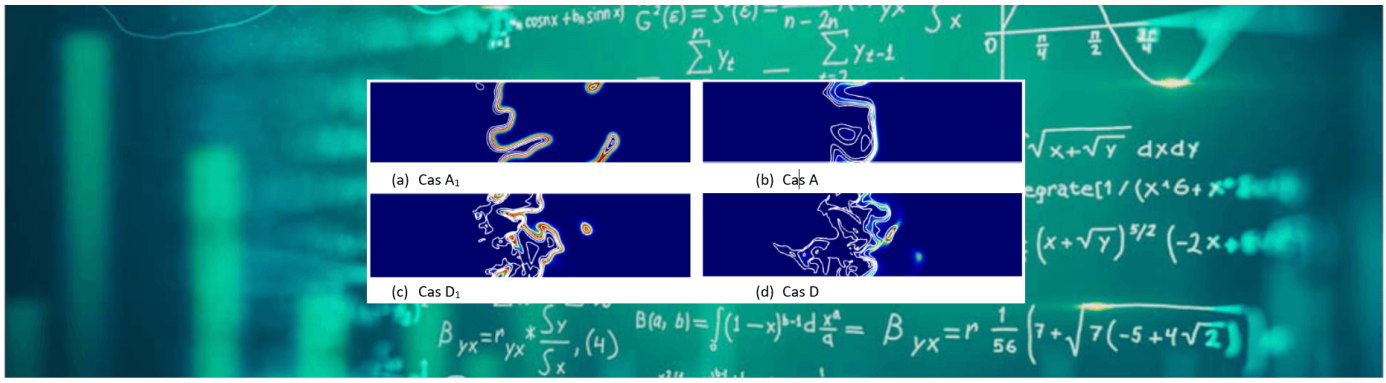


Rédigé le 25 mai 2021

3 minutes de lecture

Actualités

Recherche fondamentale

Mobilité durable

Motorisations thermiques

Edouard Suillaud, doctorant à IFPEN, a travaillé à mieux décrire la combustion dans les régimes à nombres de Karlovitz[1] élevés présents dans les nouvelles chambres de combustion des moteurs à allumage commandé, description jusqu'ici limitée par des modèles non conçus pour de tels régimes. L'extension du modèle de flamme cohérente (CFM) au régime de « zone de réaction mince » (TRZ) a donné des résultats encourageants.

D'un régime à un autre, des modèles de combustion non adaptés

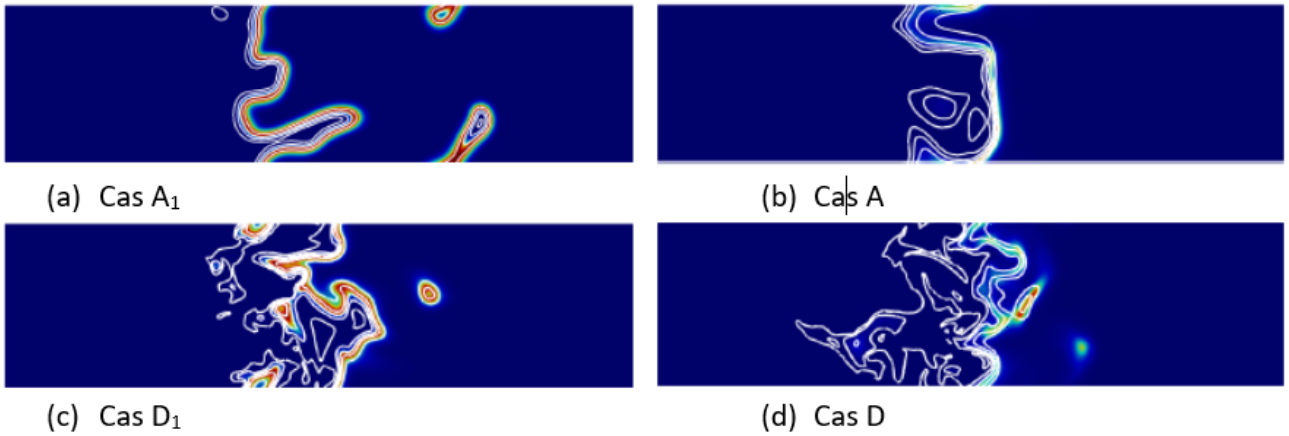
Aujourd'hui, les constructeurs automobiles s'appuient sur les outils de CFD[2] pour concevoir et optimiser les moteurs à allumage commandé. Cependant, les modèles actuels de combustion turbulente **perdent leur prédictivité lorsqu'ils simulent une combustion très diluée ou très pauvre** impliquant des intensités turbulentes élevées.

Ils ont en effet été construits sur la base des hypothèses du régime de flammelette. Or, la combustion dans un moteur à allumage commandé dilué ou pauvre s'éloigne du **régime de flammelette** pour tendre **vers le régime de zone de réaction mince (TRZ[3])**.

Etendre le modèle CFM au régime TRZ

L'objectif principal de la thèse d'Edouard Suillaud était de **fournir une meilleure description de la combustion dans les régimes à nombres de Karlovitz élevés**, tels que ceux rencontrés dans les nouvelles chambres de combustion des moteurs à allumage commandé. En particulier, cette thèse s'est attachée à **étendre aux régimes TRZ le modèle de flamme cohérente (CFM[4])** basé sur le concept de densité de surface de flamme (FSD[5]).

Des DNS (Simulations numériques directes) de flammes turbulentes pré-mélangées, statistiquement planes se propageant dans une turbulence forcée, ont été réalisées et analysées pour **étudier la validité du concept de FSD dans le régime TRZ** à travers les analyses de la surface de flamme, de sa structure interne, des caractéristiques de l'étirement de la flamme et de la vitesse de déplacement, qui sont considérées comme autant de facteurs clés dans la modélisation des flammes à haut nombre de Karlovitz[1]. Un exemple de résultat de calcul pour différents régimes de combustion est illustré sur la figure suivante.



Coupes 2D extraites des simulations 3D représentant le taux de dégagement de chaleur et les iso-surfaces de température
Cas « A » : régime de flamelette ; cas « D » : régime TRZ.
Cas à nombres de Lewis unitaires (a) et (c) ; cas à nombres de Lewis non unitaires (b) et (d).

Le nombre de Lewis est un nombre sans dimension comparant la diffusivité thermique et la diffusivité moléculaire d'une espèce

Une extension qui a montré son potentiel

Ces résultats ont permis une extension du modèle CFM au régime TRZ par **la définition d'une nouvelle variable de progrès** et par **la modélisation appropriée d'une équation de transport de la densité de surface de flamme**. L'approche CFM-HK développée permet de lever les deux limitations principales des modèles de flamelette pour le régime TRZ :

- Elle prend en compte, en particulier au travers d'une vitesse de déplacement adaptée, le fait que la structure de flamme est perturbée par la turbulence et qu'elle ne peut plus être assimilée à une structure de flamme laminaire;

- Elle prend en compte l'effet de diffusion différentielle du carburant, qui devient un facteur clé dans l'estimation de la vitesse de flamme turbulente en régime TRZ.

Les résultats encourageants de la validation *a priori* et *a posteriori* ont montré le potentiel de l'extension du modèle CFM proposée dans cette thèse et ont fait l'objet d'un papier soumis au journal Combustion & Flame.

Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet ANR-15-CE22-0014 MACDIL partiellement financé par par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) et coordonné par IFPEN.

L'accès aux ressources de calcul a été obtenu *via* les supercalculateurs nationaux du GENCI (CINES) et européens du consortium PRACE (JSC, Allemagne), ainsi que via le supercalculateur de IFPEN.

[1] Edouard Suillaud, Karine Truffin, Olivier Colin, Denis Veynante, *Direct Numerical Simulations of high Karlovitz number premixed flames for the analysis and modeling of the displacement speed.,* Combustion and Flame, Volume 236, 2022, 111770, ISSN 0010-2180, https://doi.org/10.1016/j.combustflame.2021.111770

Cette thèse a été soutenue le 12 mars 2021 devant un jury composé de :
Nilanjan CHAKRABORTY (Rapporteur, Professeur à l'Université de Newcastle, UK)
Pascale DOMINGO (Rapportrice, Directeur de recherche CNRS/CORIA, France)
Andreas KEMPF (Examinateur, Professeur Université Duisburg-Essen, Allemagne)
Benoît FIORINA (Président, Professeur CentraleSupelec, France)
Frédéric RAVET (Examinateur, Ingénieur et expert en combustion, Renault)

Cette recherche a été réalisée à IFP Energies nouvelles en collaboration avec CentraleSupelec, sous la direction de :
Denis Veynante (Co-Directeur, Professeur CNRS/EM2C, France)
Olivier Colin (Directeur et co-promoteur, Ingénieur de recherche, IFPEN, France)
Karine Truffin (Promoteur, Ingénieure de recherche, IFPEN, France)

[1] Le nombre de Karlovitz est un nombre sans dimension utilisé en mécanique des fluides pour traiter des problèmes de combustion turbulente. Il mesure le rapport entre un temps caractéristique de la chimie et un temps de rotation des plus petits tourbillons dans un écoulement turbulent
[2] CFD (Computational Fluid Dynamics)
[3] Thin reaction zone
[4] Coherent flame model
[5] Flame surface density

Lien vers la page web :