



HAL
open science

Mouvement instationnaire d'une interface de combustion (Actes)

Françoise Baillot, Daniel Durox, Roger Prud'Homme

► **To cite this version:**

Françoise Baillot, Daniel Durox, Roger Prud'Homme. Mouvement instationnaire d'une interface de combustion (Actes). Annales de Physique, 1988, Coll. n° 2, suppl. n° 3, pp. 173 174. hal-02270477

HAL Id: hal-02270477

<https://hal.science/hal-02270477v1>

Submitted on 24 Aug 2020

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.

MOUVEMENT INSTATIONNAIRE D'UNE INTERFACE DE COMBUSTION ¹

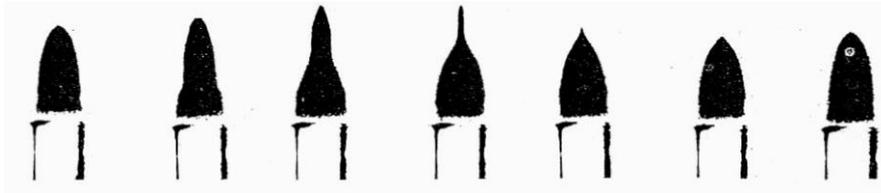
F. BAILLOT, D. DUROX et R. PRUD'HOMME

Laboratoire d'Aérothermique du CNRS.
4 ter, route des Gardes. P-92190 Meudon, France

Les flammes peuvent sous certaines conditions être assimilées à des interfaces. L'interface de combustion considérée ici est la surface d'une flamme mince de prémélange dont le mouvement est engendré par un champ de vitesse donné des gaz frais. Ce champ de vitesse provient de l'écoulement issu d'un brûleur au fond duquel est disposé un haut-parleur [1]. Le brûleur, de type Bunsen, muni d'un convergent, permet d'obtenir, en régime permanent, un profil de vitesse v_0 quasi-uniforme dans le plan de sortie. En régime instationnaire, la composante verticale de la vitesse des gaz frais est fonction du temps et de la distance z comptée verticalement à partir de la sortie du brûleur :

$$v_z = v_0 \{1 + a \sin[2\pi f_0 t + \varphi(z)]\}$$

Les expériences effectuées avec un mélange air-méthane ont donné lieu à des mesures de vitesse et de forme de flamme, par vélocimétrie laser Doppler et par tomographie laser avec photographie et stroboscopie. La séquence présentée ici correspond à une fréquence f_0 de 70,4 Hz [1].



La modélisation théorique non linéarisée [2] a été effectuée en admettant essentiellement que la vitesse normale locale de combustion était constante et égale à celle de la flamme plane stationnaire et adiabatique $v_l = v_0 \sin \alpha$. La méthode des caractéristiques a été utilisée pour résoudre analytiquement le système d'équations où l'inconnue principale est le profil instationnaire de flamme. Dans le cas où le champ de vitesse imposé ne dépend que du temps suivant une fonction sinusoïdale ($\varphi(z) = 0$), on obtient les résultats sous forme paramétrique:

¹ Cet article des Annales de Physique, Colloque n°2, supplément au n°3, vol. 13, juin 1988, pp 173-174, a fait l'objet d'une présentation poster aux Journées d'Etudes "Thermodynamique des interfaces fluide-fluide", CNRS/Univ. P.M. Curie, Paris 6, Meudon, 7-8 décembre 1987.

$$x = R + \frac{v_0 \sin \alpha}{1 + a \sin(2\pi f_0 t_0)} \sqrt{[1 + a \sin(2\pi f_0 t_0)]^2 - \sin^2 \alpha (t_0 - t)}$$

$$z = v_0 \left[1 - \frac{\sin^2 \alpha}{1 + a \sin(2\pi f_0 t_0)} \right] (t - t_0) + \frac{a v_0}{2\pi f_0} [\cos(2\pi f_0 t_0) - \cos(2\pi f_0 t)]$$

z étant l'ordonnée d'un point de la surface de flamme, x étant la distance à l'axe dans le cas de la symétrie cylindrique ou l'abscisse dans le cas d'un écoulement plan, t_0 étant le paramètre définissant chaque caractéristique, R étant le rayon de sortie du brûleur ou sa demi-épaisseur.

Suivant l'amplitude a de la perturbation sinusoïdale par rapport à l'écoulement de référence uniforme, on obtient numériquement des profils de flamme ondulés et réguliers ou alors des profils présentant des singularités, mais l'interface se déforme toujours périodiquement au cours du temps suivant une fréquence égale à celle de l'écoulement gazeux f_0 , ce qui correspond aux résultats d'expérience. On trouve le même nombre de noeuds et de ventres pour les battements périodiques calculés ou observés, mais le calcul conduit à une sous-estimation de l'amplitude des ventres à amplitude de perturbation a comparable (on trouve $d = 0,27$ mm pour $a = 0,1$ avec la théorie et $d = 1,4$ mm pour $a = 0,07$ dans les expériences). Des languettes apparaissent pour une amplitude a supérieure à 0,6, ce qui est irréaliste sur le plan expérimental. La théorie met en évidence une valeur limite de a , exprimant la remontée de la flamme dans le brûleur, mais cette valeur est trop optimiste.

Les profils de vitesse verticale du front de flamme au sommet de celle-ci w_S ont été observés, Notons que la vitesse du front de flamme en un point quelconque s'écrit :

$$w = v_0 \sin \alpha \left(\frac{1 + a \sin(2\pi f_0 t)}{1 + a \sin(2\pi f_0 t_0)} - 1 \right)$$

L'allure des profils obtenus montre une distorsion des valeurs w_S en faveur des célérités positives et une distorsion temporelle marquée, par rapport à une courbe qui serait sinusoïdale. Les valeurs théoriques de w_S sont inférieures aux valeurs observées à amplitude de perturbation comparable.

Cette étude cinétique au cas où la vitesse incidente ne dépend que du temps, est riche d'enseignements pour l'interprétation des résultats d'expérience. Elle est toutefois insuffisante puisqu'elle ne correspond pas exactement au cas expérimental. Une étude plus complète est en cours.

La présence de singularités pour certaines valeurs de l'amplitude, dues au caractère strictement non linéaire de l'équation d'évolution, implique un traitement interfacial prenant en compte les taux d'étirement, ce qui conduira à d'autres modélisations.

Bibliographie

- [1] F. Baillot, D. Durox et R. Prud'homme - Influence d'une perturbation sinusoïdale sur une flamme prémélangée de type Bunsen. Rapport du laboratoire d'Aérothermique du CNRS n° 87-2, mars 1987.
- [2] F. Baillot, R. Prud'homme et D. Durox - Un modèle théorique de front de flamme perturbé par un champ de vitesses sinusoïdal, Rapport du laboratoire d'Aérothermique du CNRS n° 87-7, septembre 1987.