

Résumé

L'objectif de cette étude est d'élucider les mécanismes mis en jeu lors de l'action d'un champ magnétique non uniforme sur la combustion. Nous nous sommes intéressés au type des flammes de diffusion et nous avons considéré une configuration d'une flamme laminaire produite par la combustion d'un jet rond de propane injecté verticalement dans l'air ambiant. Les propriétés de ce type de flamme dépendent essentiellement de la qualité du mélange diffusif entre les réactifs. Pour une flamme ayant un nombre de Froude de l'ordre de l'unité, le mélange des réactifs est piloté par la convection gravitaire. Pour être en mesure d'identifier le rôle joué par le gradient de champ magnétique, nous avons choisi un gradient magnétique de direction vertical. Due à la différence de susceptibilité magnétique entre l'air (paramagnétique) et la flamme (diamagnétique), un gradient magnétique vertical induit dans la flamme une convection magnéto-gravitaire similaire à la convection gravitaire. Il est alors plus simple de caractériser la convection magnéto-gravitaire induite dans la flamme par une gravité apparente g^* , mesurée relativement à la gravité terrestre g par le coefficient $G=g^*/g$. Dans notre étude de l'effet de G sur une flamme de diffusion, nous avons montré expérimentalement et numériquement qu'avec un champ magnétique on dispose d'un moyen de créer des conditions de gravité apparente qu'on ne peut pas atteindre par d'autres moyens : deux nouvelles gammes de G sont accessibles ici : $0 < G < 1$ correspondant à une gravité réduite et $G < 0$ correspondant à l'antigravité. En gravité élevée, $G > 1$, les phénomènes que manifestent les flammes examinées dans cette étude sont similaires et s'expliquent par les mêmes mécanismes que ceux observés en gravité élevée dans des centrifugeuses. Dans cette gamme, la longueur de la flamme suit parfaitement la loi $L_f \propto G^{-0,08}$, en accord avec la loi issue des expériences réalisées dans les centrifugeuses. Une loi mesurant l'évolution de la longueur de la flamme en fonction de G dans la gamme de $0 < G < 1$ est proposée $L_f \propto G^{-1/3}$. En apesanteur, $G \approx 0$, la flamme adopte une forme hémisphérique et une couleur bleue, typiques des flammes de diffusion en microgravité observées dans les tours de chute libre ou dans les vols paraboliques.

Mots clefs : flamme de diffusion laminaire, convection magnéto-gravitaire, gravité apparente, apesanteur, gravité réduite, gravité élevée.

Abstract

The goal of the present study is to understand the mechanism of the action of a non-uniform magnetic field on combustion. We have interested to diffusion flames type and have concerned vertical gas jet laminar flames burning propane in quiescent air. The properties of this type of flames depend upon the quality of the diffusive mixing of reactants. For flame having a Froude number of an order of unity, the mixing of reactants is governing by gravity convection. To identify the role playing by the magnetic field gradient, we have chosen a magnetic gradient with a vertical direction. Due to the magnetic susceptibility difference between air (paramagnetic) and flame (diamagnetic), a vertical magnetic gradient induces within flame magneto-gravity convection similar to gravity convection. Thus, it's simpler to characterise magneto-gravity convection induced within flame by an apparent gravity g^* , measured relatively to earth gravity g by the coefficient $G = g^*/g$. In our study of the effect of G on diffusion flames, we have shown experimentally and numerically that with magnetic field we have a new way to create apparent gravity conditions inaccessible by others ways; two new ranges of G are accessible here: $0 < G < 1$ corresponding to reduced gravity and $G < 0$ corresponding to antigravity. At elevated gravity, $G > 1$, the phenomena exhibited by the flames examined in this study are similar and are explained by the same mechanisms than those for flames at elevated gravity in centrifuges. In this range, flame length follows the law $L \propto G^{-0,08}$, in agreement with the law obtained from experiences conducted in centrifuges. A law measuring flame length evolution in the range $0 < G < 1$ is suggested $L \propto G^{-1/3}$. At weightlessness, $G \approx 0$, flame has hemispherical shape and blue colour, shape and colour typical of flames in microgravity in drop towers and in parabolic flights.

Key words: laminar diffusion flame, magneto-gravity convection, apparent gravity, weightlessness, reduced gravity, elevated gravity.

Fouad KHALDI

Flammes de diffusion laminaires dans un gradient magnétique vertical

2004

THESE

pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'INPG

Spécialité : Energétique Physique

Préparée au laboratoire d'Elaborations par Procédés Magnétiques (E. P. M.)

Dans le cadre de l'école doctorale Mécanique et Energétique

présentée et soutenue publiquement

par

Fouad KHALDI

Le 13/07/2004

Titre :

Flammes de diffusion laminaires dans un gradient magnétique vertical

Directeur de thèse : Pascale GILLON

Jury

**Mme. Danièle ESCUDIE
Mme. Françoise BAILLOT
M. Brahim SARH
Mme. Pascale GILLON
M. Yves FAUTRELLE**

**, Président
, Rapporteur
, Rapporteur
, Directeur de thèse
, Examineur**