



**HAL**  
open science

## Etude numérique et expérimentale de la propagation de fumées entre deux locaux

Kamal Ben Miloud, Philippe Bournot, Olivier Vauquelin, Amor Bouhdjar,  
Salah Larbi

► **To cite this version:**

Kamal Ben Miloud, Philippe Bournot, Olivier Vauquelin, Amor Bouhdjar, Salah Larbi. Etude numérique et expérimentale de la propagation de fumées entre deux locaux. JITH 2007, Aug 2007, Albi, France. 5p. hal-00166312

**HAL Id: hal-00166312**

**<https://hal.science/hal-00166312v1>**

Submitted on 29 Aug 2007

**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.

# ETUDE NUMERIQUE ET EXPERIMENTALE DE LA PROPAGATION DE FUMÉES ENTRE DEUX LOCAUX

Kamal BEN MILOUD<sup>1</sup>, Philippe BOURNOT<sup>2</sup>, Olivier VAUQUELIN<sup>2</sup>, Amor BOUHDJAR<sup>1</sup>,  
Salah LARBI<sup>1</sup>

1 : Ecole Nationale Polytechnique d'Alger, Algérie

2 : IM2/UNIMECA, Université de la méditerranée, France

*benmiloud\_kamal@yahoo.fr*

**Résumé :** Cette étude est relative à la compréhension et à la description du phénomène de propagation dans une structure confinée et ventilée mécaniquement. Ceci est réalisé en utilisant deux maquettes à échelle réduite au 1/5, d'un dispositif composé de deux compartiments communiquant par une ouverture verticale. Des simulations numériques ont été menées sur deux codes afin de juger leurs performances vis-à-vis de ce problème.

**Mots clés :** Propagation, fumées, compartiments, modélisation

## 1. INTRODUCTION

Les installations industrielles sont exposées chaque année à des risques (inondations, séismes, incendies...) et sont donc amenées à polluer l'environnement. Le milieu industriel est sensiblement lié aux problèmes d'incendies. Ce milieu est souvent composé d'espaces confinés qui font l'objet de cibles potentielles. La parfaite maîtrise des incendies dans de tels scénarios est plus que nécessaire. Le coût élevé des essais à grande échelle et le manque des modèles numériques pour les calculs CFD, font que les chercheurs en matière d'incendie utilisent souvent des modèles à échelle réduite permettant ainsi de réduire les coûts et les temps de préparation d'essais.

Cette étude a été réalisée et financée par le laboratoire de recherche en Mécanique des fluides et thermique (IMFT) de l'institut UNIMECA de l'université de la méditerranée à Marseille.

## 2. DESCRIPTION DU PROBLÈME

Le problème étudié est relatif à la propagation de fumée entre deux compartiments de même dimensions (longueur : 5m, largeur : 6 m, hauteur : 3.95 m), dont l'un est ventilé. La source du foyer est disposée dans le local «source» qui communique avec le local «cible» (ventilé mécaniquement) à travers une ouverture verticale.

La ventilation mécanique est réalisée à l'aide de deux gaines liées au plafond du local cible, l'une pour l'injection d'air frais (haute ou basse) et l'autre pour l'aspiration des fumées (haute).

L'objectif principal de cette étude est de donner des éléments permettant de comprendre et de décrire la propagation des fumées entre les locaux «source» et «cible», en se basant sur des reproductions à petite échelle (maquettes au 1/5). Sur la première maquette, dite «maquette thermique», les fumées sont générées par la combustion d'un hydrocarbure contenu dans un bac. Sur la deuxième maquette, dite «maquette densimétrique», les fumées sont simulées par l'injection d'un gaz isotherme de faible densité. Des simulations

numériques ont été réalisées sur deux codes (FDS et FLUENT) pour mettre en évidence leurs performances vis-à-vis de ce problème.

## 2.1. Maquette densimétrique :

Sur la maquette densimétrique, les fumées sont générées en utilisant un mélange d'air et d'hélium représentant un foyer d'une certaine puissance [1]. Le dispositif est schématisé sur la figure 1. La source d'injection ( $\Phi=60$  mm) est entourée d'une fuite circulaire ( $\Phi=100$  mm) pour réduire les montées de pression dans le dispositif. Des visualisations par tomographie Laser ont été menées dans les deux locaux. Des mesures de vitesses au niveau de l'ouverture ont été également réalisées par vélocimétrie Laser. Les débits retenus pour les essais sont de 50 l/min, 150 l/min et 450 l/min (correspondant à des puissances totales réelles approximatives de 80, 200 et 700 kW).

## 2.2. Maquette thermique :

Sur la maquette thermique (figure 2), les fumées sont générées par la combustion d'un bac d'hydrocarbure (Tétra Propylène Hydrogéné ( $C_{12}H_{26}$  ou bien TPH)). Des mesures de températures, de perte de masse et de flux de chaleur sont réalisées afin de décrire les différents phénomènes présents. Aucun régime de ventilation n'est imposé. Le local cible communique avec l'environnement à travers son extrémité ouverte. La série d'essais a été réalisée en utilisant des bacs de diamètres de 72, 100 et 130 mm.

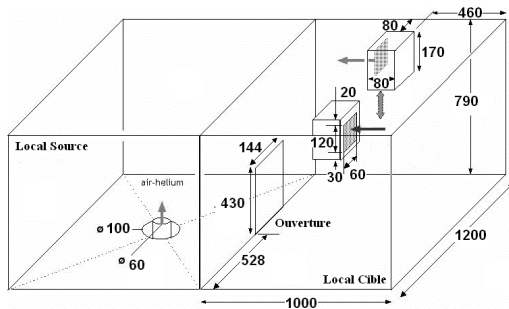


Figure 1 : Dispositif de la maquette densimétrique

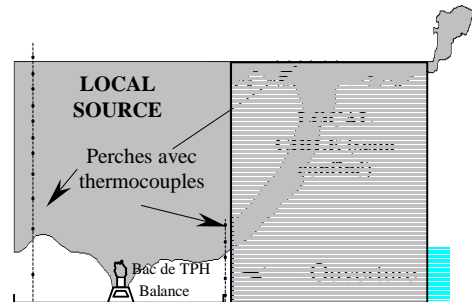


Figure 2 : Dispositif de la maquette thermique

## 2.3. Simulations numériques :

### 2.3.1. Modélisation de la maquette densimétrique

FDS (Fire Dynamic Simulator) est un logiciel de simulation des feux. Pour notre problème, le modèle LES (Large Eddy Simulation) est utilisé avec un maillage de  $120 \times 80 \times 80$  (pour les deux maquettes). La durée de simulation est fixée à 120 s, durée moyenne des essais expérimentaux.

Sur FLUENT, un maillage non structuré est retenu, plusieurs configurations de conditions aux limites ont été testées. Le choix conservé est relatif à imposer une condition du type VELOCITY INLET, au niveau des deux gaines et de la source d'injection. Pour la fuite et les parois, les conditions PRESSURE OUTLET et WALL, sont assignées respectivement. Le modèle de turbulence choisi est le modèle k- $\epsilon$ . Ses modèles dérivés (k- $\epsilon$  Standard, k- $\epsilon$  RNG et k- $\epsilon$  Realizable) ont été testés et ont donné des résultats très proches.

### 2.3.2. Modélisation de la maquette thermique

Sur FDS, la modélisation de la maquette thermique repose sur l'utilisation du modèle de combustion intégré dans ce code. Dans ce cas, la durée de simulation est de 200 s, qui est bien inférieur à la durée des essais [2]. La commande THCP est utilisée pour le suivi de l'évolution de la température dans le dispositif.

Sur FLUENT, la modélisation de la maquette thermique a été entreprise avec les modèles PDF (Probability Density Function). Le combustible considéré est l'heptane au lieu du TPH ( $C_{12}H_{26}$ ) et ceci pour la raison que ce dernier est délicat à introduire dans la base de données du code. Le modèle de rayonnement P1 est utilisé.

## 3. RESULTATS ET INTERPRETATIONS

### 3.1. Résultats expérimentaux sur les deux maquettes densimétrique et thermique :

Après l'injection du mélange gazeux dans le local source, les fumées s'élèvent verticalement et s'écoulent contre le plafond pour redescendre dès leur rencontre avec les parois du local (figure 3). Les fumées se stratifient sous la forme de couches superposées qui descendent verticalement. Au bord supérieur de l'ouverture, les fumées s'échappent vers le local cible 20 secondes après le début de l'essai, pour un débit d'hélium de 150 l/min.

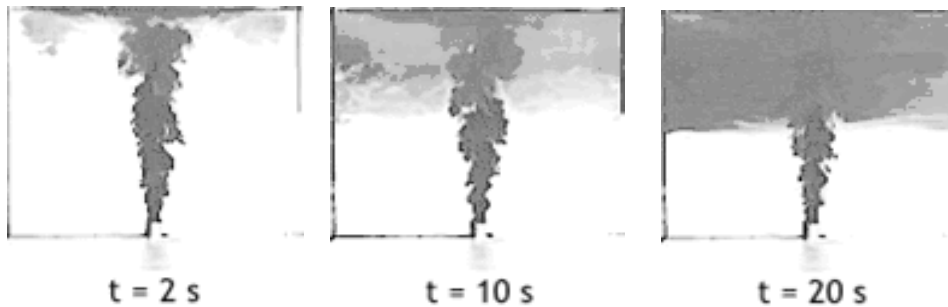


Figure 3 : Visualisations dans le local source

La mesure de vitesses au niveau de l'ouverture par PIV montre que l'augmentation du débit d'injection influe sur la vitesse de fumées à leur sortie du local source. Les fumées décrivent un profil symétrique de vitesse horizontale avec des valeurs maximales atteintes près des extrémités de l'ouverture (1.4 m/s pour un débit d'injection de 400 l/min) (figure 4).

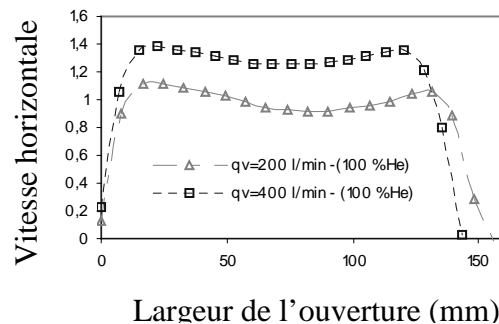


Figure 4 : Profil de vitesse horizontale au niveau de l'ouverture ( $q_v$  : Débit d'injection)

Au niveau de la maquette thermique, l'allumage du bac de combustible génère des fumées au front de la flamme, qui montent verticalement en effectuant un remplissage similaire à celui visualisé sur la maquette densimétrique. Les fumées stratifiées décrivent des niveaux de température variés selon la hauteur du local, on atteint une température de 120 °C au niveau du plafond du local (figure 5).

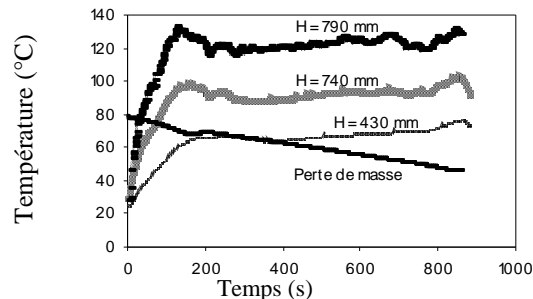


Figure 5 : Évolution temporelle de la température et de la perte de masse dans le local source (Puissance du feu=1.4 kW (Diamètre du bac=72 mm))

A travers ces profils, on constate la présence de trois régimes de combustion : un régime de développement du feu (augmentation de la température jusqu'à 135 °C en 200 s), un régime quasi stationnaire et un régime d'extinction.

### 3.2. Résultats numériques :

Pour le cas de la maquette densimétrique, FDS donne un profil de vitesse relativement similaire au profil obtenu expérimentalement (figure 6). FLUENT (k-ε standard) donne une bonne estimation du plan neutre, mais prédit des valeurs de vitesse inférieures aux valeurs expérimentales.

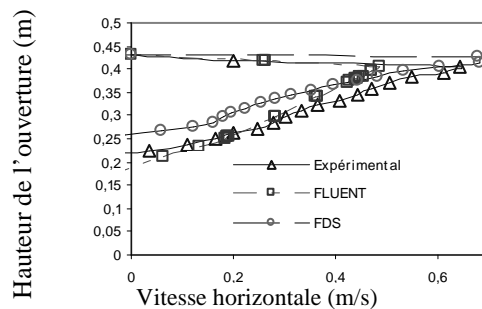


Figure 6 : Profil de vitesse horizontale moyenne au niveau de l'ouverture

Concernant la maquette thermique, les profils de température schématisée sur la figure 7 montre que FDS est le plus proche des résultats expérimentaux. Le modèle PDF utilisé dans FLUENT donne des températures supérieures à celles obtenues expérimentalement. Ceci est principalement dû au combustible utilisé (l'heptane au lieu du TPH). Pour les profils de vitesse au niveau de l'ouverture (figure 8), les valeurs sont qualitativement semblables pour les deux codes. FLUENT donne une valeur de la vitesse maximale atteinte très proche de la valeur obtenue expérimentalement.

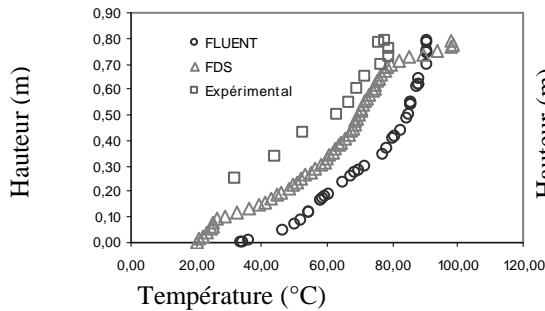


Figure 7 : Profils de température dans le local source

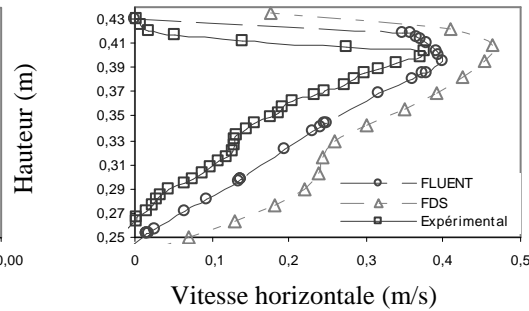


Figure 8 : Profil de vitesse horizontale au niveau de l'ouverture

## CONCLUSION

L'utilisation des deux maquettes thermiques et densimétriques a permis de comprendre le comportement des fumées entre les locaux source et cible. Ces dernières se stratifient dans le local source, jusqu'à atteindre le bord de l'ouverture, pour s'échapper ensuite vers le local cible. Ces résultats montrent l'efficacité des maquettes à échelle réduite dans l'étude de problèmes liés à la propagation de fumées.

La simulation numérique sur les codes FDS et FLUENT a permis de mettre en évidence leurs performances. Dans le cas de la maquette densimétrique, FLUENT donne des valeurs relativement faibles par rapport à celles obtenues expérimentalement. Dans le cas de la maquette thermique, les deux codes donnent des profils de températures supérieurs au profil expérimental. Sur FLUENT, cette anomalie revient principalement aux conditions aux limites choisies ainsi qu'au combustible utilisé dans la simulation (Heptane).

## Références

- [1] K. Ben Miloud, C. Abdellaoui, Ph. Bournot, O. Vauquelin, J. Stefanini, A. Bouhdjar, G. Lepalec, Étude des transferts de masse et de fumées dans une enceinte complexe confinée avec circulation d'air interne, *Journées internationales de thermique de Tanger*, vol. 2005.
- [2] K. Ben Miloud, Étude expérimentale et numérique de la propagation des fumées entre deux locaux avec ventilation interne, *Mémoire de Magistère*, École Nationale Polytechnique d'Alger, 2007.
- [3] J.D. Posner, C.R. Buchanan, D. Dunn-Rankin, Measurement and prediction of indoor air flow in a model room, *Energy and buildings*, volume 52, 2002.
- [4] F.W. Mowrer, Enclosure Smoke revisited, *Fire Safety Journal*, volume 33, pp 93-114, 1999.