



**Laboratoire de
Mécanique
Physique et
Géosciences
EA 2255**

**Amélioration de l'extinction
des feux en espaces semi-confinés**

Michel LEBEY

Eloi LAMBERT

Programme de recherche:

Contrôle des écoulements de fumée et d'air dans les incendies en espaces semi-confinés

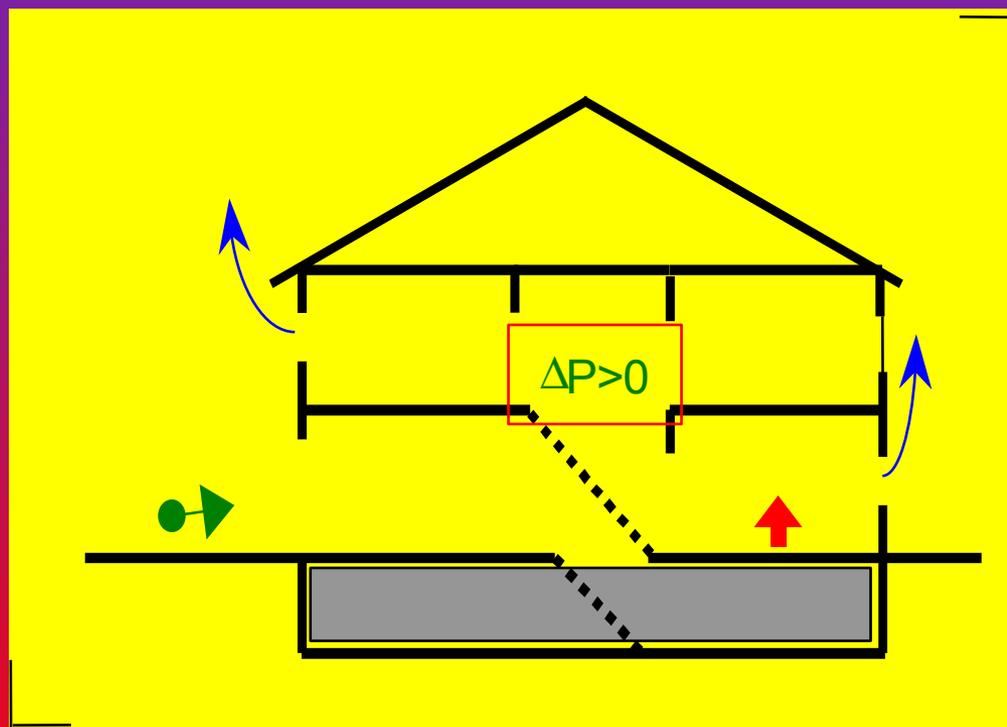
« Ventilation dans les incendies »

**Contrat de Plan Etat/Région Haute-Normandie
Pôle Maîtrise des risques industriels
Domaine : Incendie/Explosion**

Michel LEBEY (Responsable), Eloi LAMBERT
Laboratoire de Mécanique, Physique et Géosciences
Université du Havre

Contrôle des mouvements d'air et de fumées dans les incendies en espaces semi-confinés

Principe de base :



Contrôle des écoulements de fumée et d 'air dans les incendies en espaces semi-confinés : « *La ventilation dans les incendies* »

1 - Incendie en espace semi-confiné :

Combustion non contrôlée dans des volumes de configuration complexe.

2 - Obstacle majeur : les fumées

- transportent la chaleur => propagent la combustion,
- toxiques => provoquent des asphyxies,
- opaques => empêchent les interventions.

3 - Une solution : contrôler les écoulements des fumées pour les diriger vers l'extérieur, le plus rapidement possible

4 - Méthode :

Ventilation, par surpression ou dépression, réalisée à l'aide de jets libres d 'air

5 - Intérêt :

Contrôler les mouvements des fumées, c 'est en partie contrôler la combustion

6 -Peuvent être simultanément contrôlées :

- l'évolution de la combustion par le contrôle du transfert de chaleur véhiculée par les fumées
- la propagation de la combustion par le choix des cheminements des fumées.

Contrôle des écoulements de fumée et d 'air dans les incendies en espaces semi-confinés :

Etude des stratégies de « *ventilation dans les incendies* » dans les feux en espaces semi-confinés

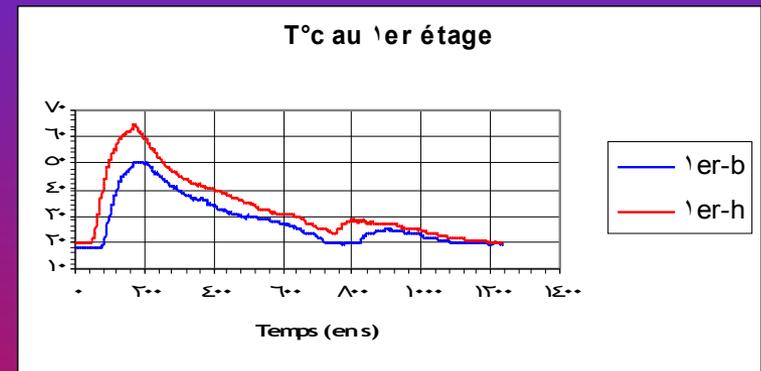
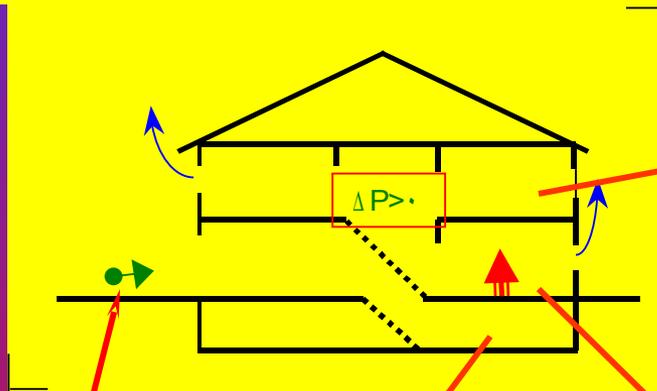
Partie I

- Principe classique - Feux de maison
- Feux de cave
- Feux d 'entrepôts : deux cas.
- Feu d'escalier : renversement du flux de gaz
- Feu de sous-sol de configuration complexe de grandes dimensions : le métro
- Feux de tunnels
- Etc ...

Contrôle des mouvements de fumées dans un incendie se développant en espace semi-confiné :

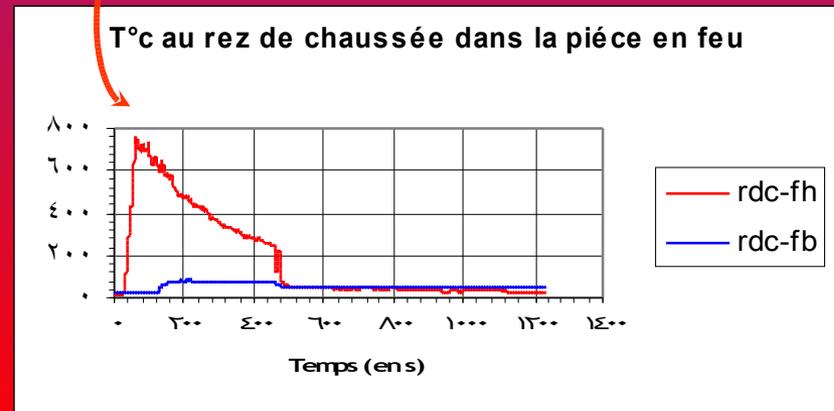
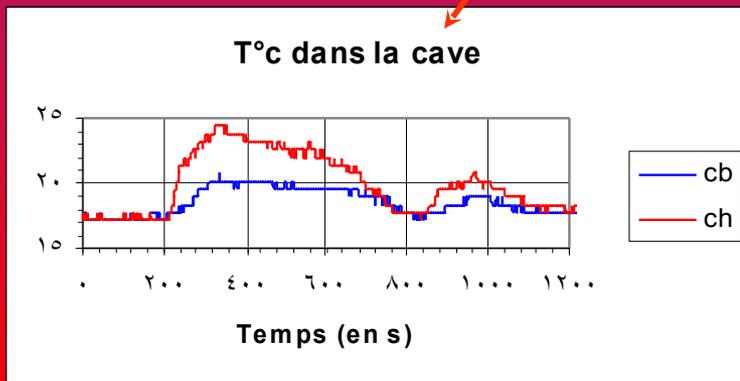
Exemple : ventilation par surpression dans un feu de maison

(M. Lebey & H. Besnard ; SDIS 76 - Lt Col Villeval – St Valéry en Caux – Octobre 2000)



Ventilateur

Mise en marche ventilation



Test in a hospital : room at the second floor

(BSPP / BEG - Col Garrigues / Lt Jourdan – Paris

M. Lebey E. Lambert Univ le Havre - Mai 2003)

Essai dans une chambre d'hôpital au second étage



Thermocouples

- ← Sous plafond
- ← À mi-hauteur
- ← Au dessus du sol

Sortie du panache de flammes

Vers le 3^{ème}

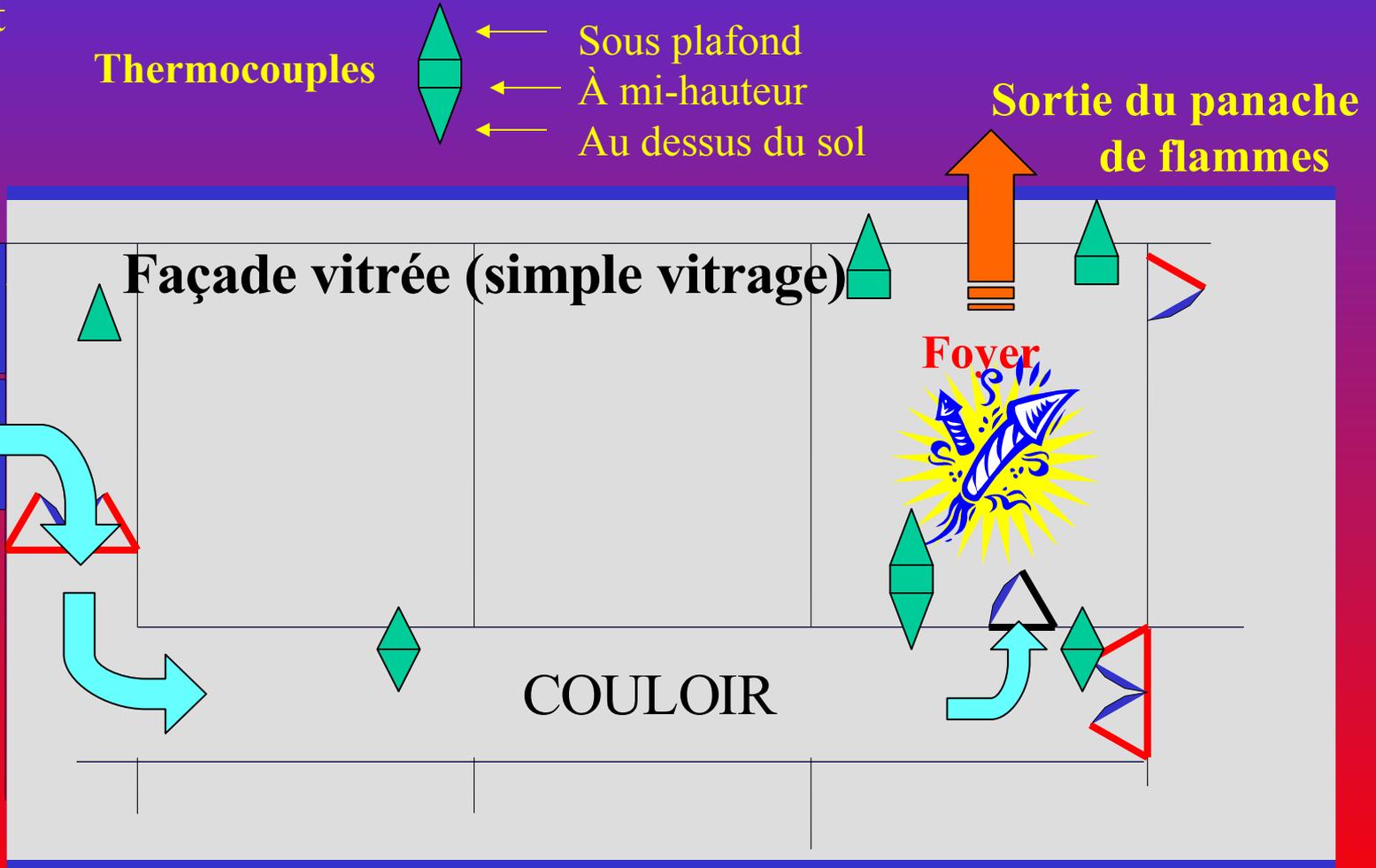
Vers le 1^{er}

Façade vitrée (simple vitrage)

Foyer

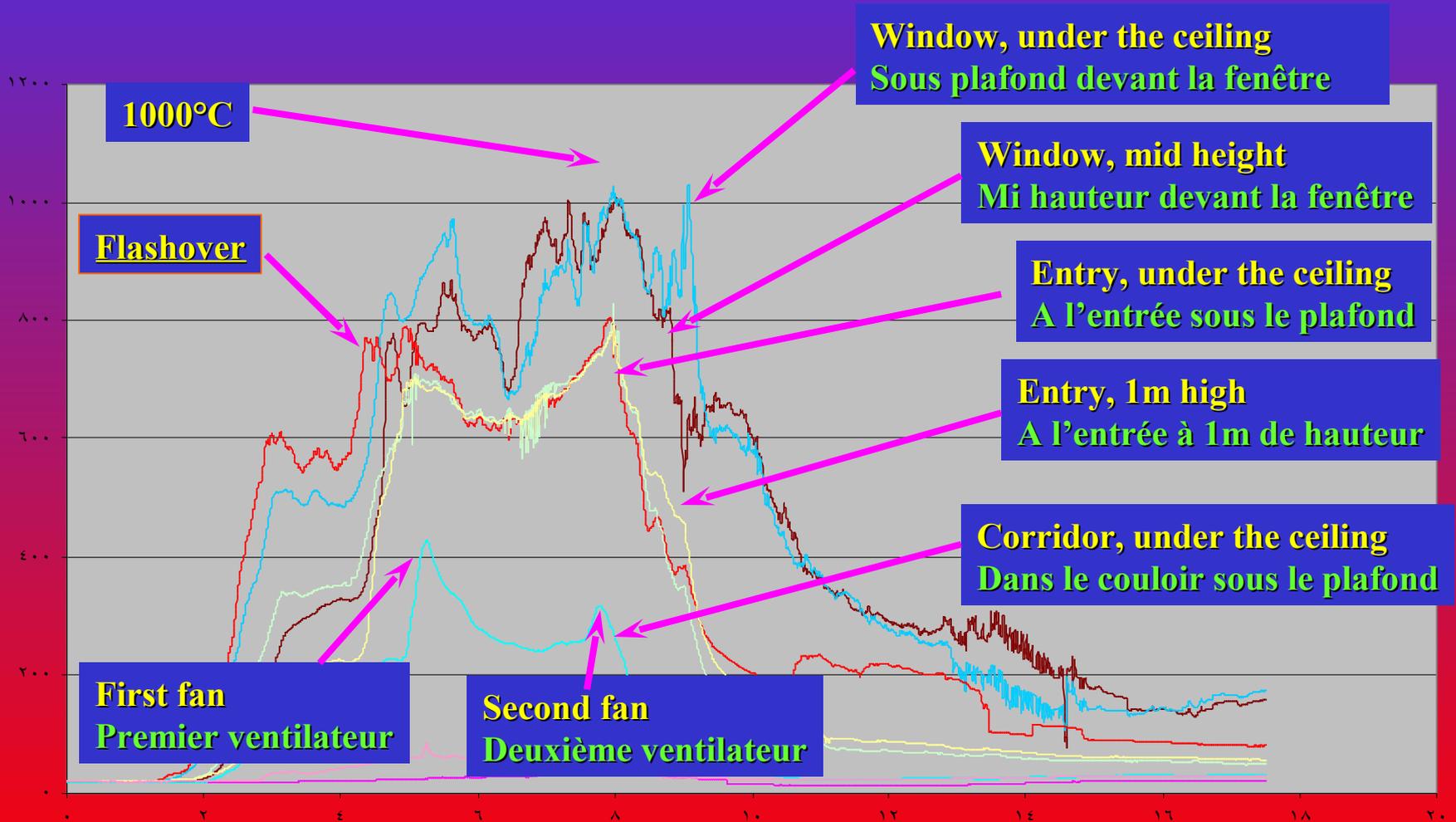
Circuit de Ventilation

COULOIR



Test in a hospital, room at the second floor : temperatures

Essai dans une chambre d'hôpital au second étage :
évolution des températures



Test in a hospital : room at the second floor

(BSPP / BEG - Col Garrigues / Lt Jourdan – Paris

M. Lebey E. Lambert Univ le Havre - Mai 2003)

Essai dans une chambre d'hôpital au second étage



An example of PPV strategy in a two floored building

SDIS 74 – Annecy – Octobre 2002

Exemple de stratégie de VSP (=PPV) dans un immeuble de deux étages

A



B



C



D



E



F



An example of PPV strategy in a two floored building

Exemple de stratégie de VSP dans un immeuble de deux étages

C



The fire is set in a room on the first floor
Le feu se trouve dans une pièce au premier étage

C : First a fireman breaks only the upper part of the window of the room on fire from outside

C : depuis l 'extérieur, un pompier brise la partie supérieure de la fenêtre de la pièce en feu

D



D : Before any action we let most of heavy smoke come out

Avant toute action on laisse sortir la majeure partie de la fumée dense

An example of PPV strategy in a two floored building

Exemple de stratégie de VSP dans un immeuble de deux étages

E



E 1 - The fan is started in front of the door through which firemen will go in and out

1 - le ventilateur est mis en marche devant la porte par laquelle les pompiers vont aller et venir.

2 - Firemen immediately go to the room on fire and reduce the fire with a water hoze

2 - Les pompiers vont immédiatement dans la pièce en feu pour rabattre le feu avec une lance.

3 - They close the door of the room on fire

3 - Ils referment la porte de la pièce en feu.

4 - They explore all the other rooms to find victims and they close all the doors inside

4 - Ils font les reconnaissances dans les autres pièces et referment toutes les portes.

F



F At the end they finish the extinction.

Water vapor is getting out

A la fin ils terminent l'extinction. De la vapeur d'eau sort

An example of PPV strategy in a two floored building

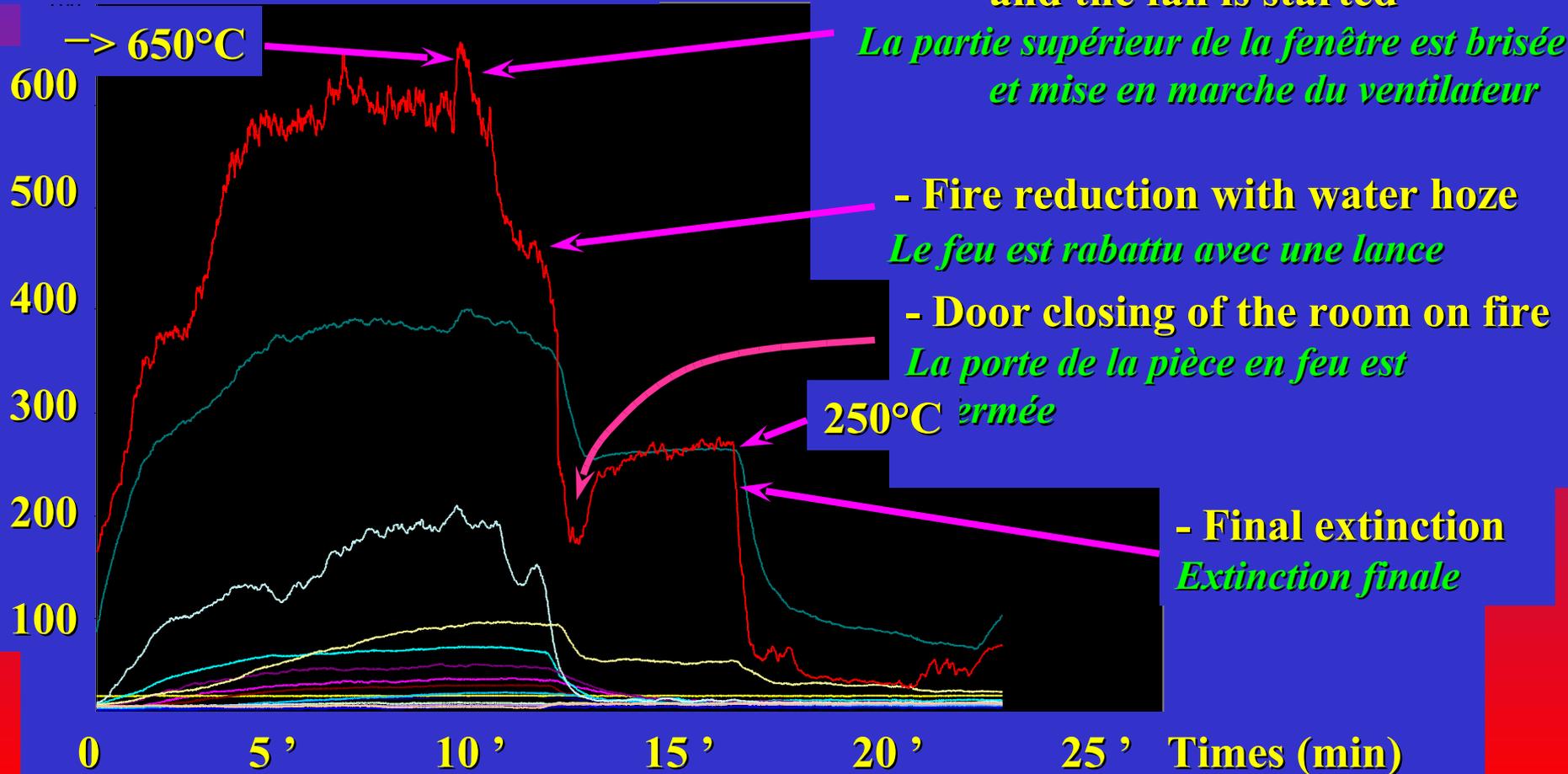
Exemple de stratégie de VSP dans un immeuble de deux étages

Temperatures analysis

Analyse des températures

Temperature in the room on fire

Temperature dans la pièce en feu



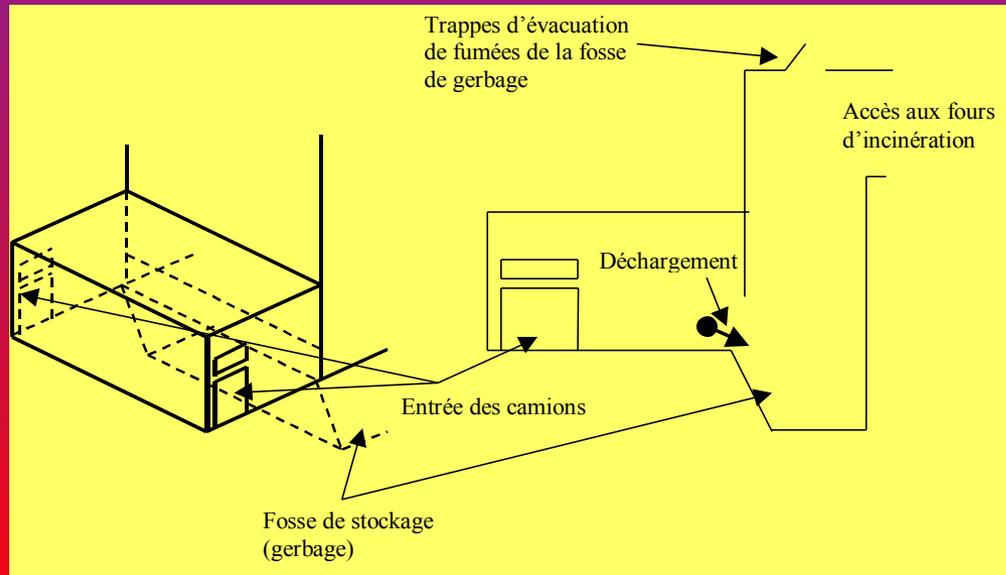
Contrôle des mouvements de fumées dans un hall de réception de camions dans une usine d'incinération de déchets

1 - Problème et schéma de principe de ventilation

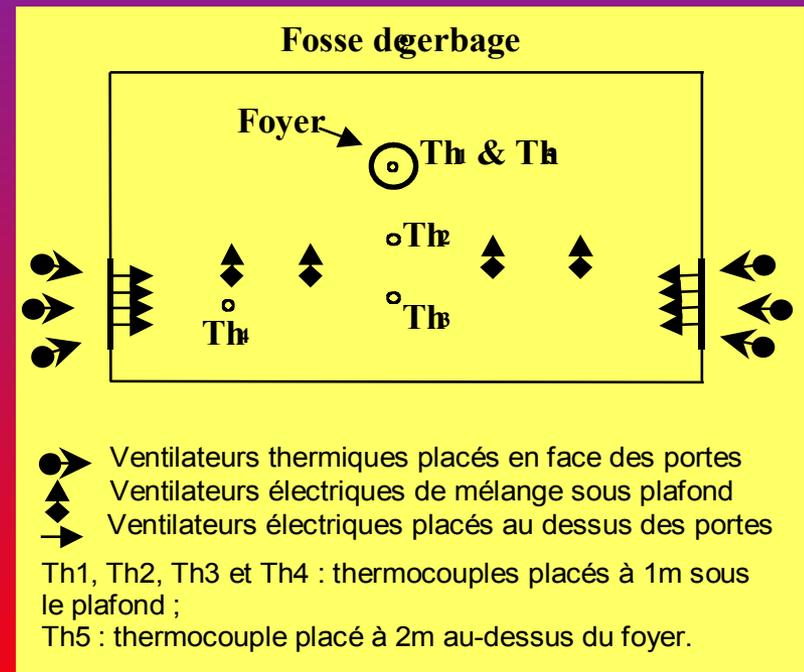
Lebey, Vidor, Lt Merlier (SDIS76) / Elyos / Groupe Leader (1998)

Problèmes :

- 1 - Contrôler la température de la couche de fumées sous plafond
- 2 - Diriger les fumées vers l'extérieur par un exutoire en partie basse

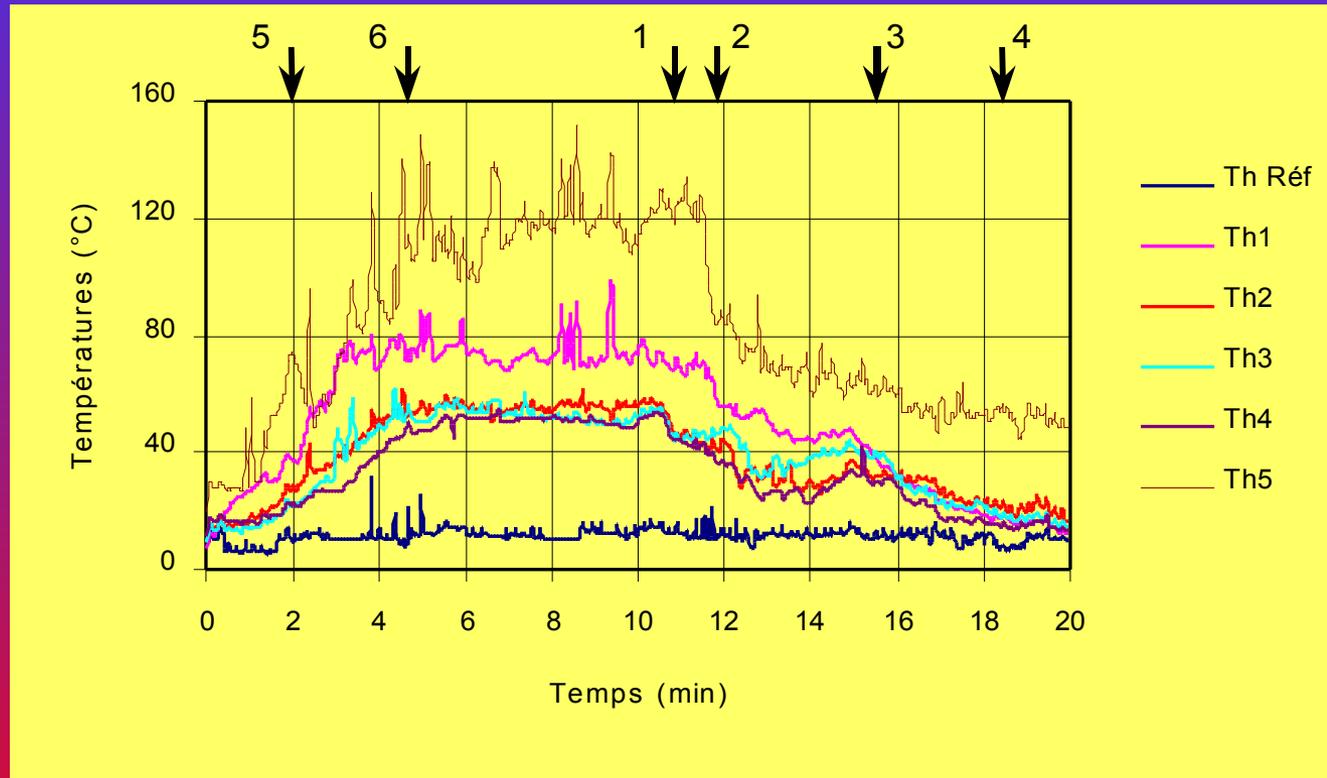


Stratégie de ventilation et position des thermocouples



Contrôle des mouvements de fumées dans un hall de réception de camions dans une usine d'incinération de déchets

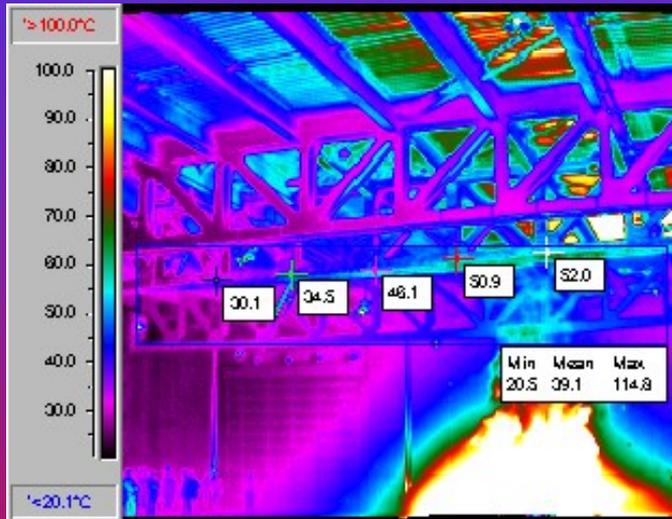
2 - Evolution des températures et analyse des résultats



Flèche 1 : lancement des ventilateurs électriques en paroi au-dessus des portes et de ceux sous plafond à l'intérieur, sans ouverture des portes. Flèche 2 : lancement des ventilateurs thermiques avec ouverture des portes à 2,5m au-dessus du sol. Flèche 3 : début de l'extinction du foyer avec des lances à mousse. Flèche 4 : feu éteint. Flèche 5 : fin de la phase d'allumage. Flèche 6 : début de la phase de plateau. Les fluctuations importantes des températures sur ces courbes sont dues à la fréquence élevée d'acquisition.

Contrôle des mouvements de fumées dans un hall de réception de camions dans une usine d'incinération

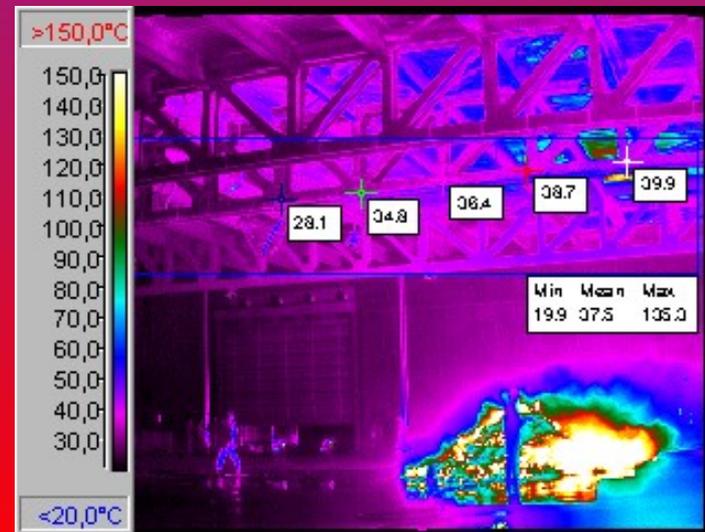
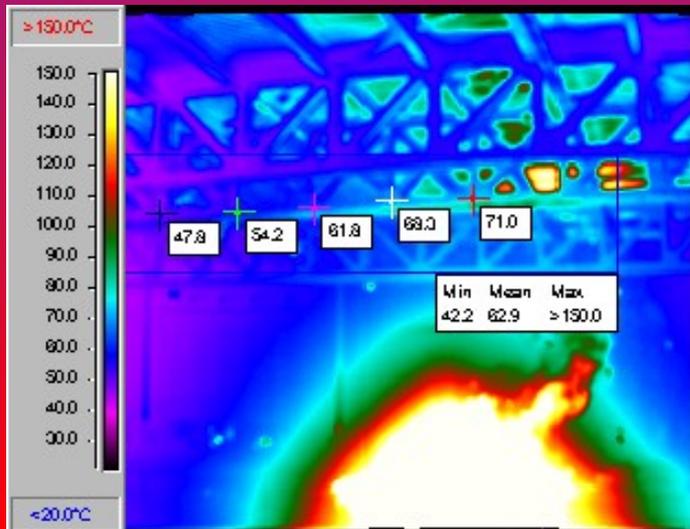
3 - Visualisation par caméra thermique infra-rouge



1 min après l'allumage du feu

Au moment de la mise en marche de la ventilation après 11 min de combustion

1 min30 après la mise en marche de la ventilation



Comparison between jet action on small size door and jet action on large size door

Comparaison de l'effet d'un jet sur une petite ouverture
et sur une grande ouverture

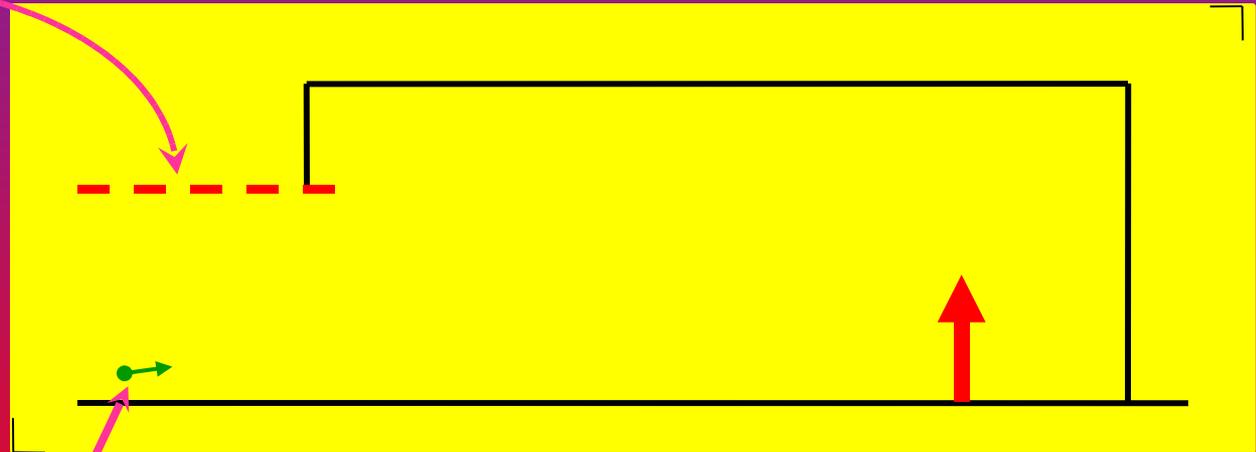
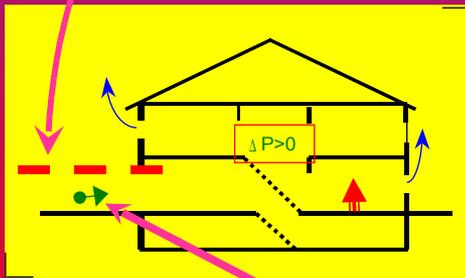
House : small size door

Maison Porte de petite taille

Warehouse : Large size door

Entrepôt Porte de grande taille

Door size
*Dimension
de la porte*



Jet produced by fan
Jet généré par un ventilateur

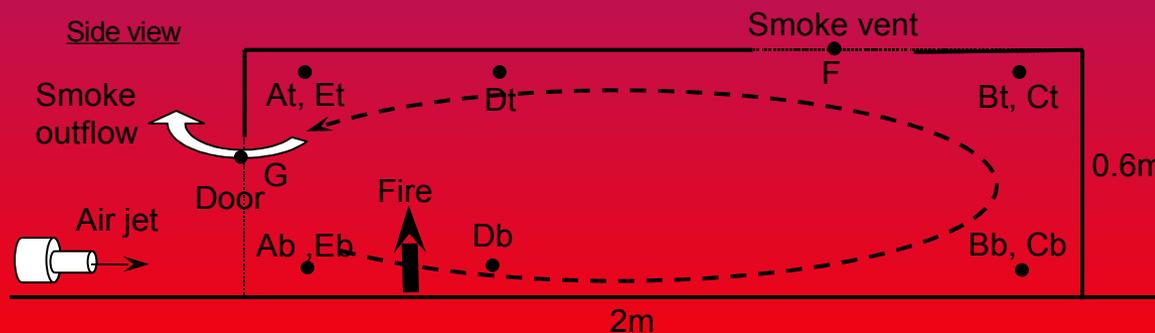
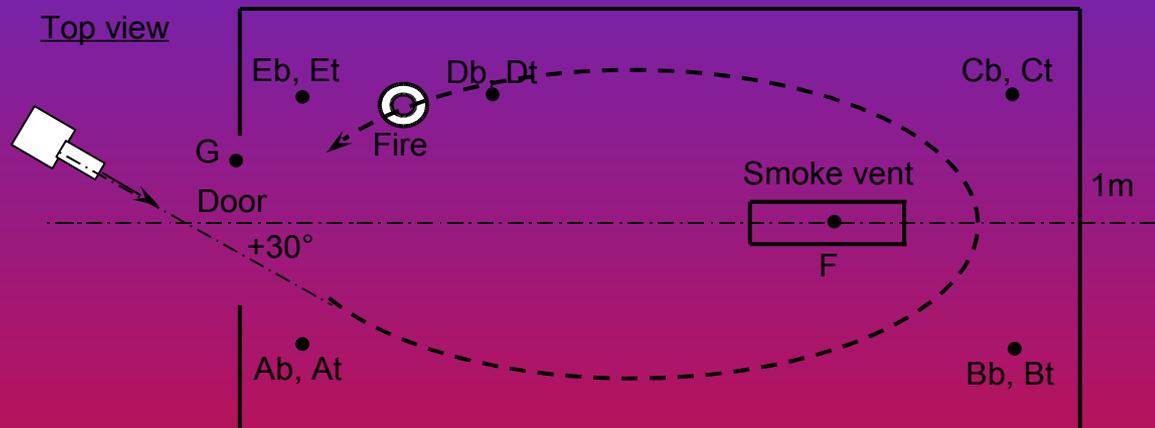
Smoke movement control in a warehouse

The study and the experiment

Contrôle des mouvements de fumées dans un entrepôt

Etude et dispositif expérimental

(Thèse O. Cité - Dir thèse M. Lebey - Université du Havre , Région Haute-Normandie)



Inclinaison nulle



Experimental set-up / Ensemble expérimental

Thèse O. Cité, Université du Havre, Région Haute-Normandie (Dir. thèse M. Lebey)



The warehouse
with the large door
Hangar avec une
large porte

Device which reproduces the fan jet
Dispositif de reproduction du jet de ventilateur

Acquisition set-up
Ensemble d'acquisition

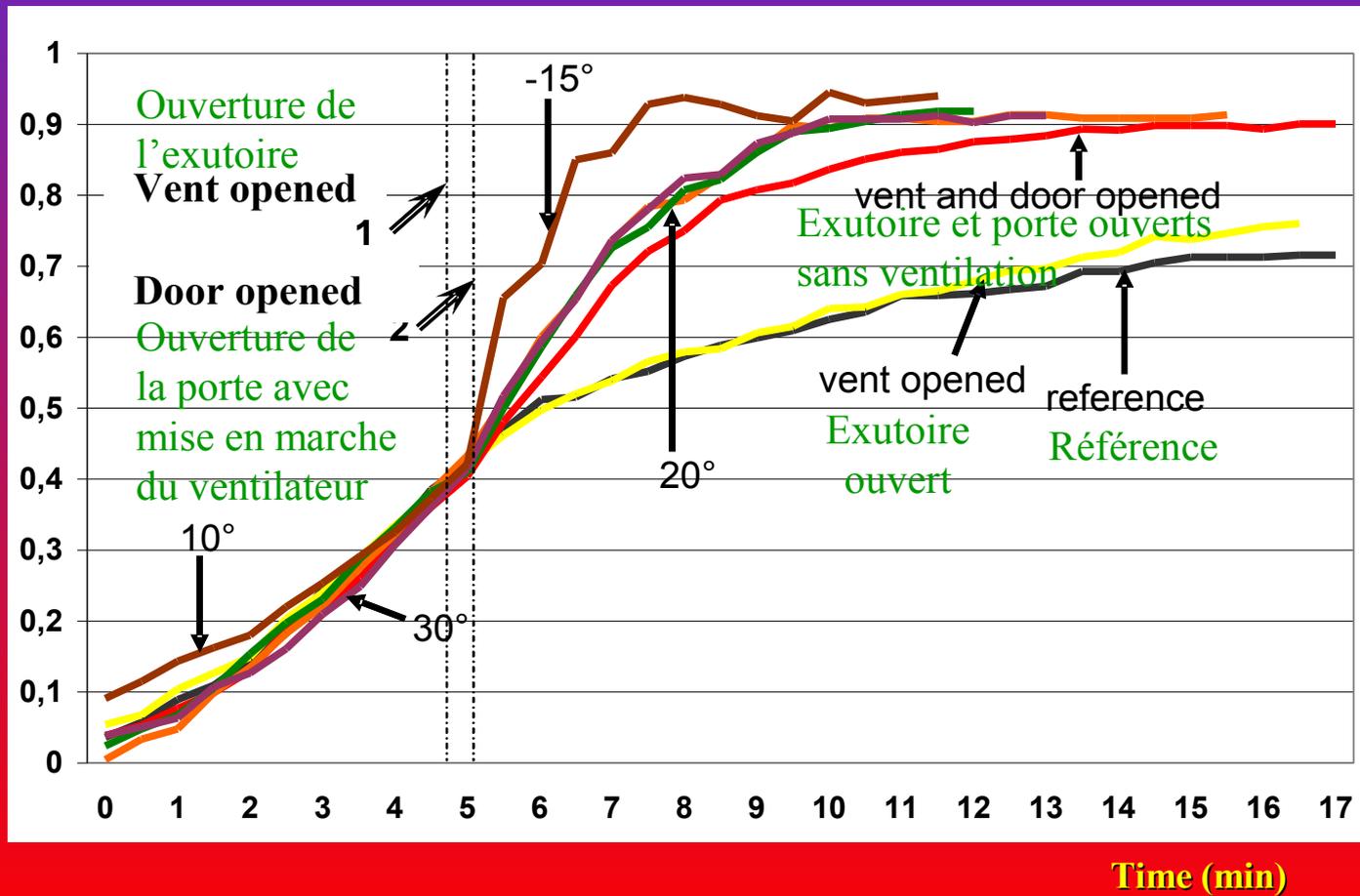


Effect of the vent, the door and the jet on the evolution in time of the burnt mass

Influence de l'exutoire, de la porte et du jet sur l'évolution la masse brûlée

Thèse O. Cité, Université du Havre, Région Haute-Normandie (Dir. thèse M. Lebey)

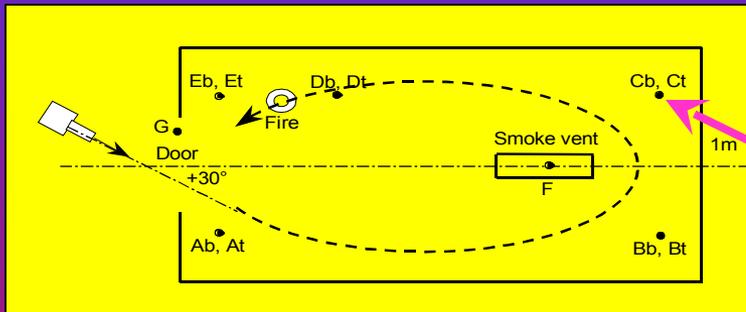
Burnt mass / Initial mass / Masse brûlée/Masse initiale



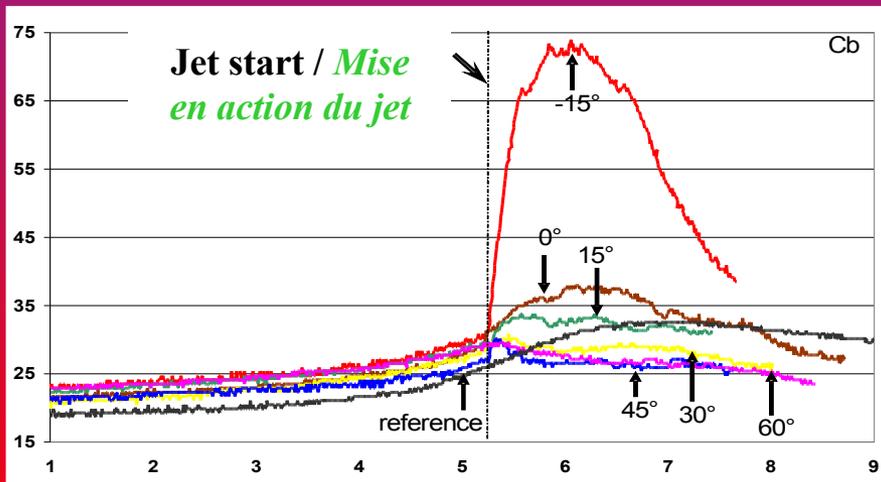
Effect of the jet incidence on temperatures at the end of the compartment and at the same side of the fire

Effet de l'incidence du jet sur les températures au fond du hangar du même côté que le foyer

Thèse O. Cité, Université du Havre, Région Haute-Normandie (Dir. thèse M. Lebey)

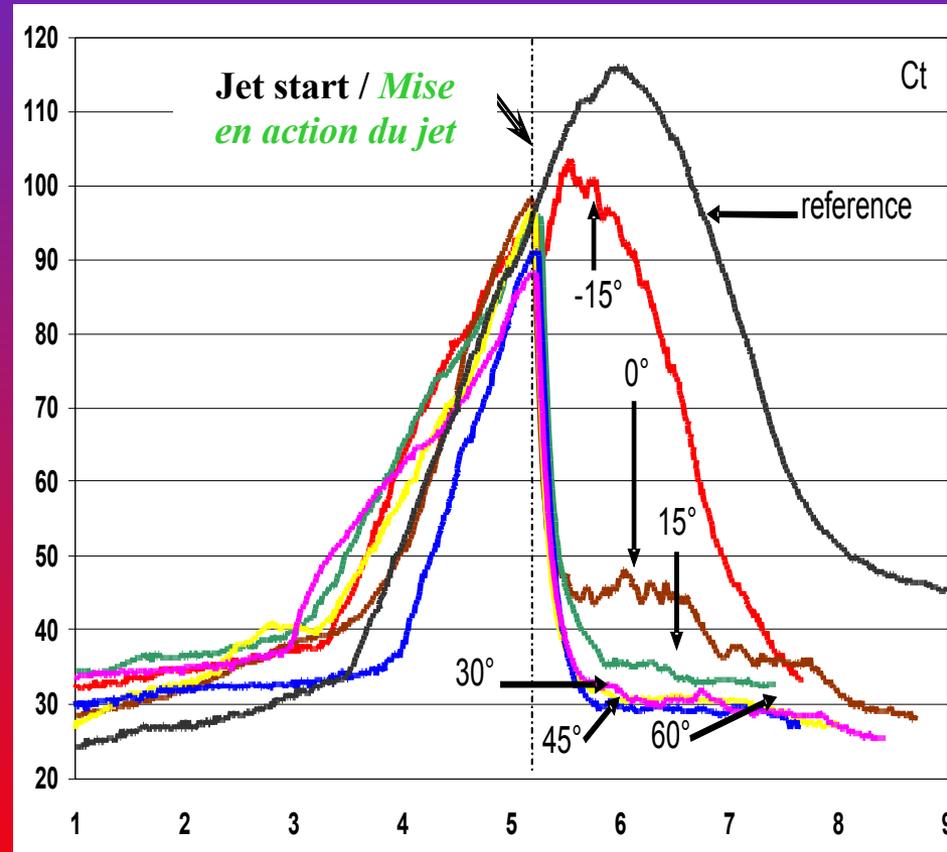


Temperatures (°C)



Time (min)

Temperatures (°C)

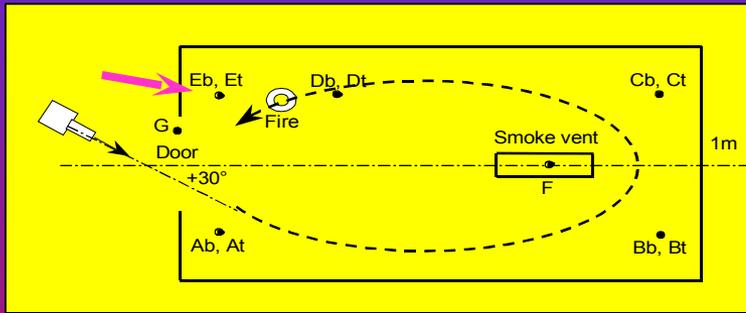


Time (min)

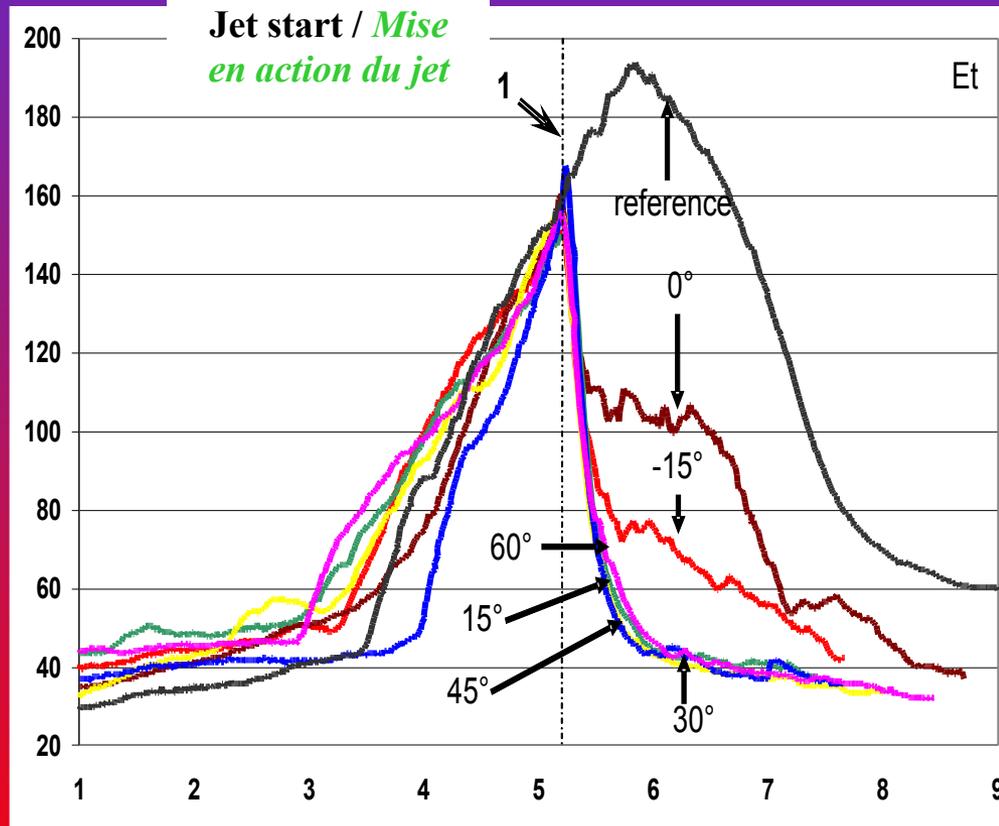
Effect of the jet incidence on temperatures between the fire and the door

Effet de l'incidence du jet sur les températures entre le foyer et la porte

Thèse O. Cité, Université du Havre, Région Haute-Normandie (Dir. thèse M. Lebey)

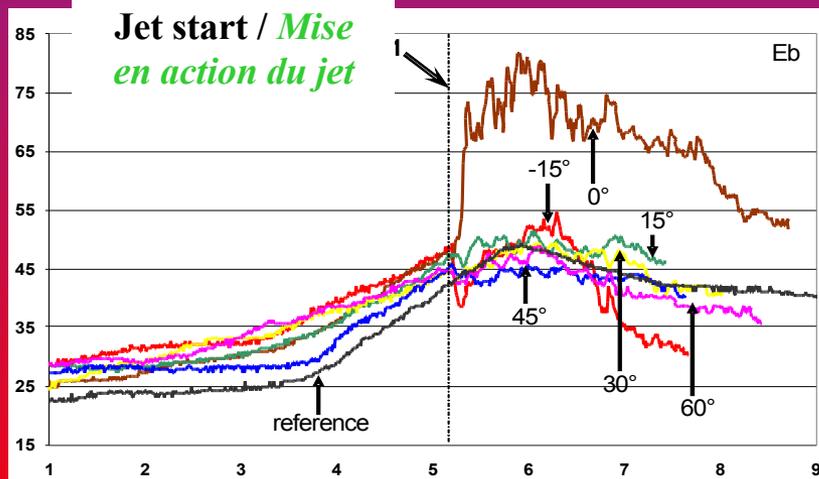


Temperatures (°C)



Time (min)

Temperatures (°C)

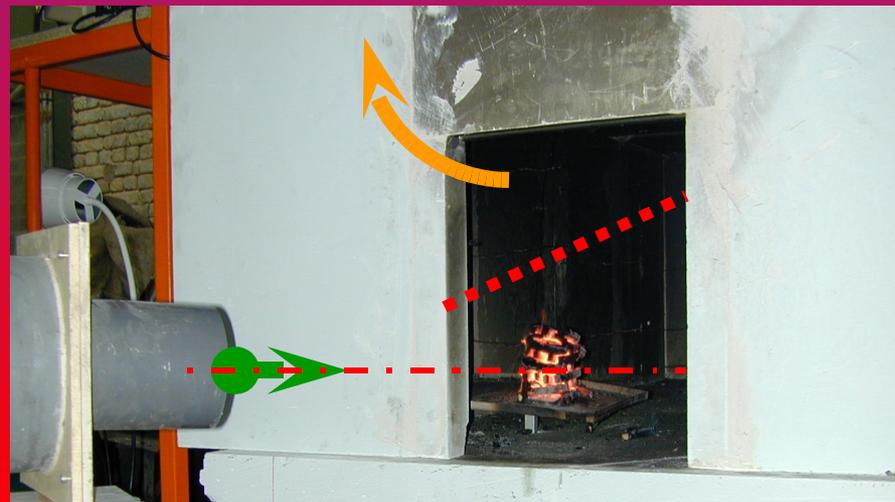
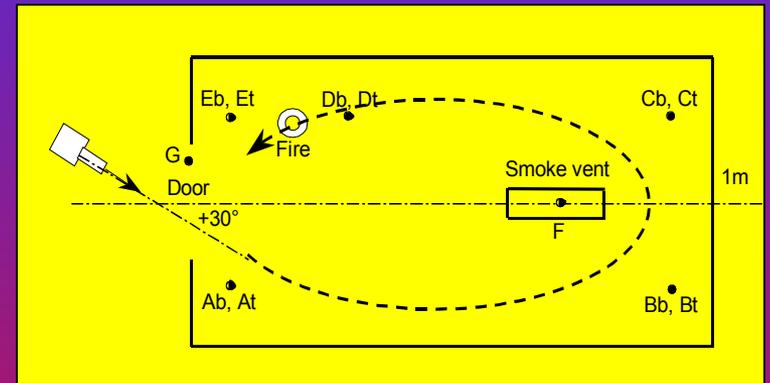
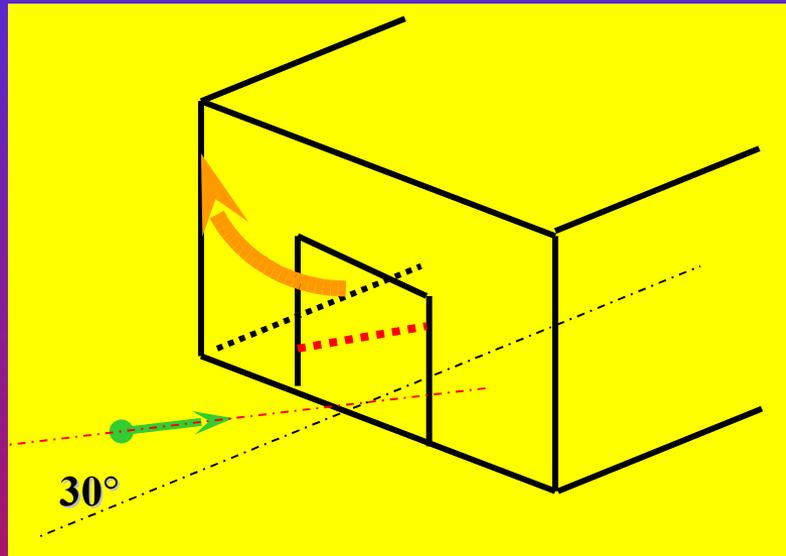


Time (min)

Explanation of the eddy effect

Explication de l'effet de la recirculation

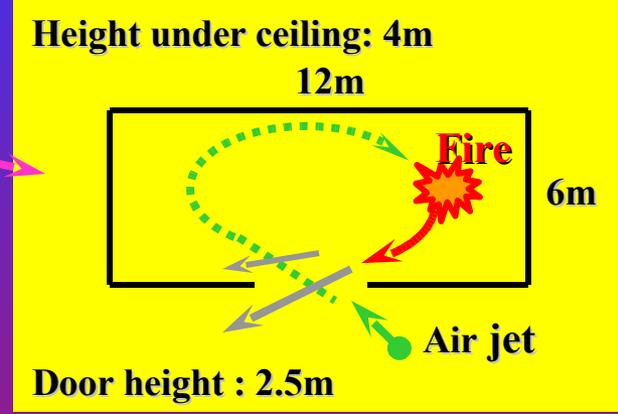
Thèse O. Cité, Université du Havre, Région Haute-Normandie (Dir. thèse M. Lebey)



Comparison with experiment in almost real conditions

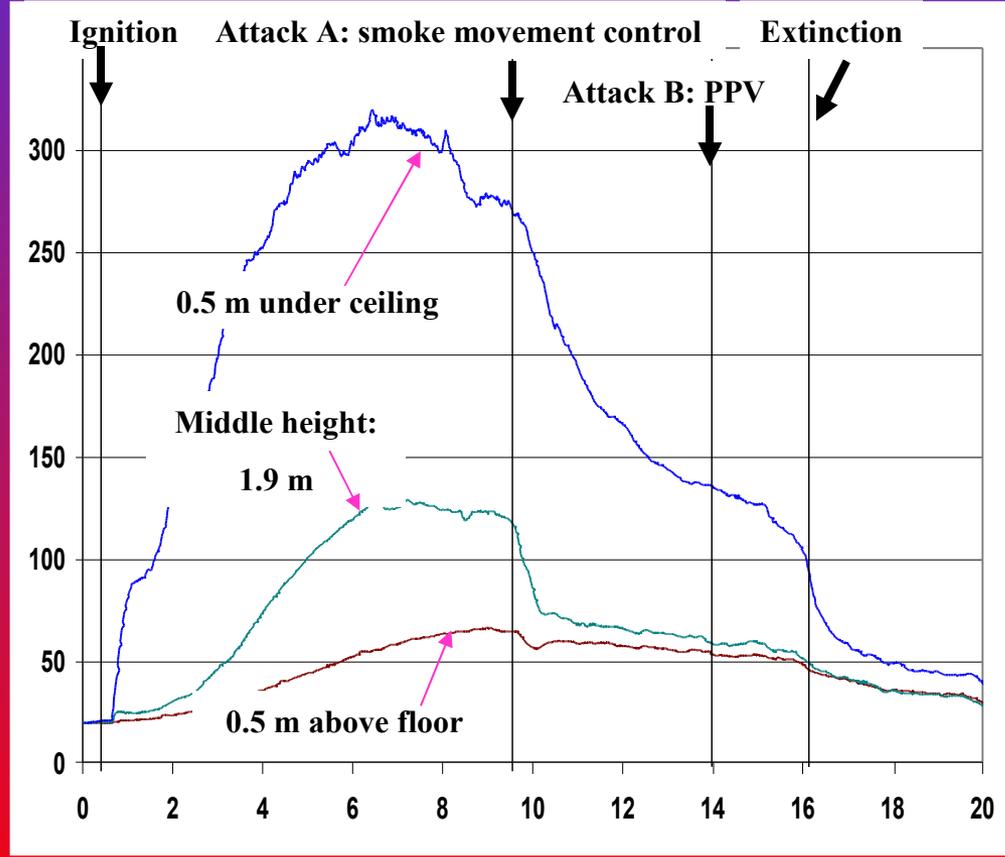
Comparaison avec un essai dans des conditions proche de la réalité

Real conditions / Conditions réelles



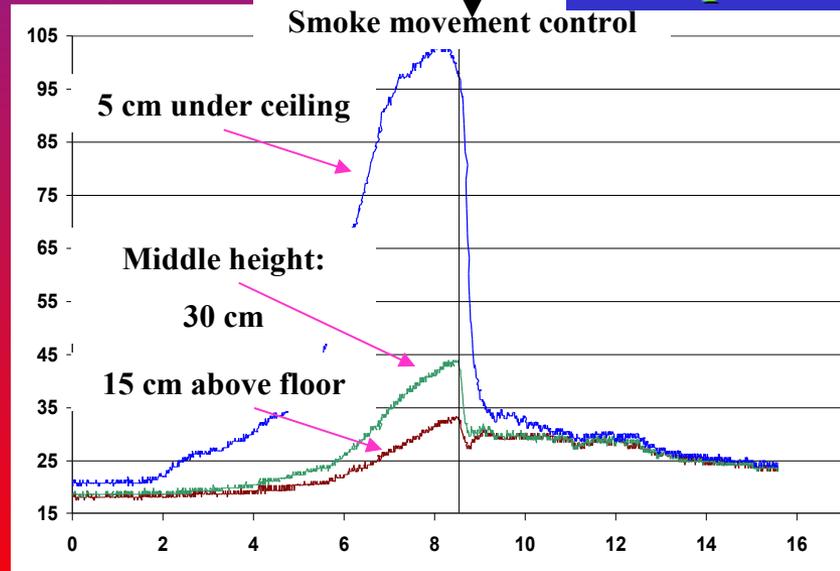
Small scale Maquette

Temperatures (°C)



Temps (min)

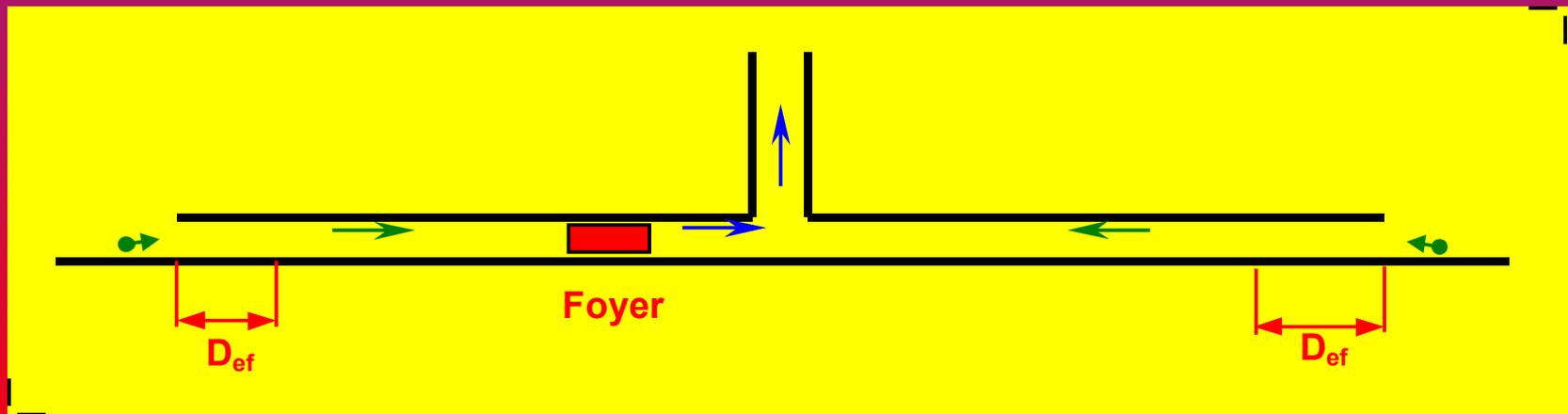
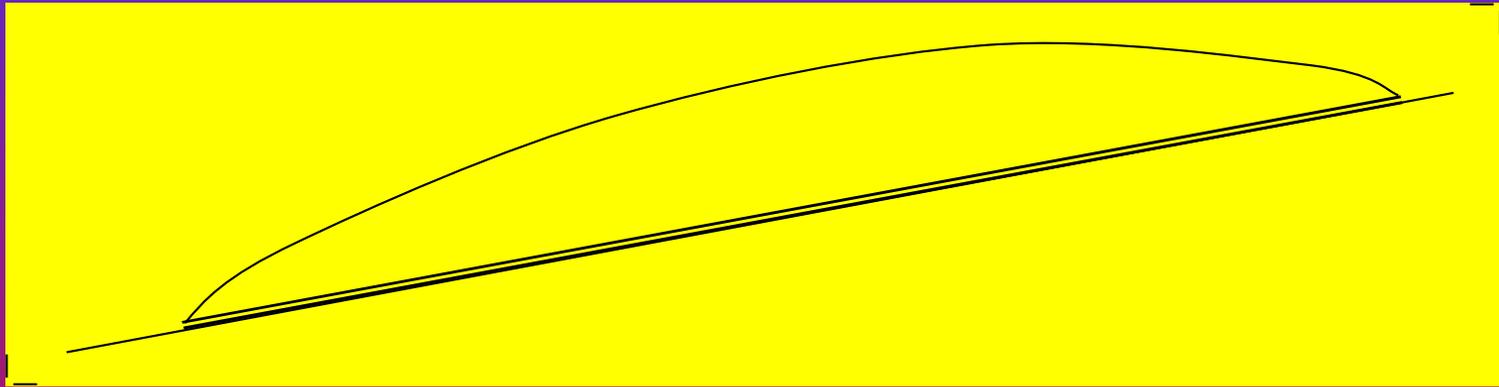
Temperatures (°C)



Temps (min)

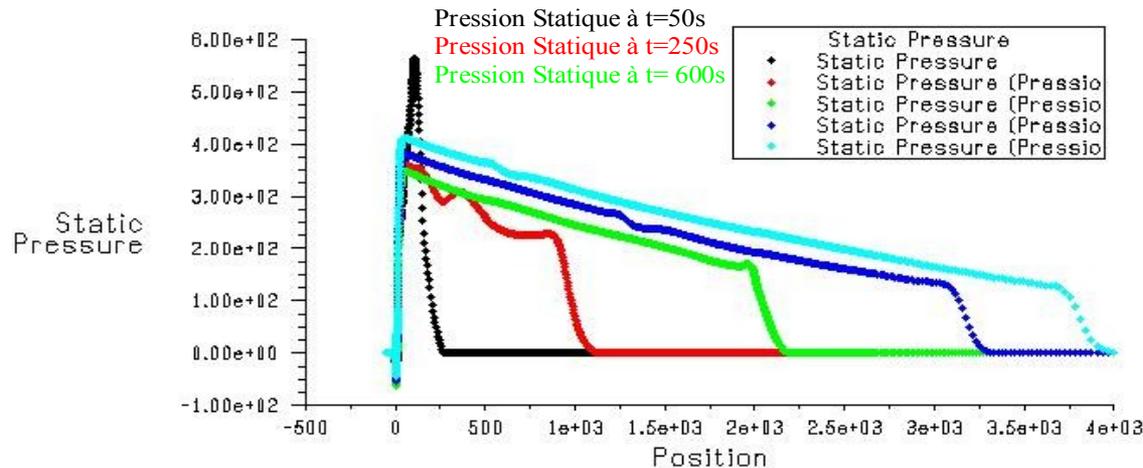
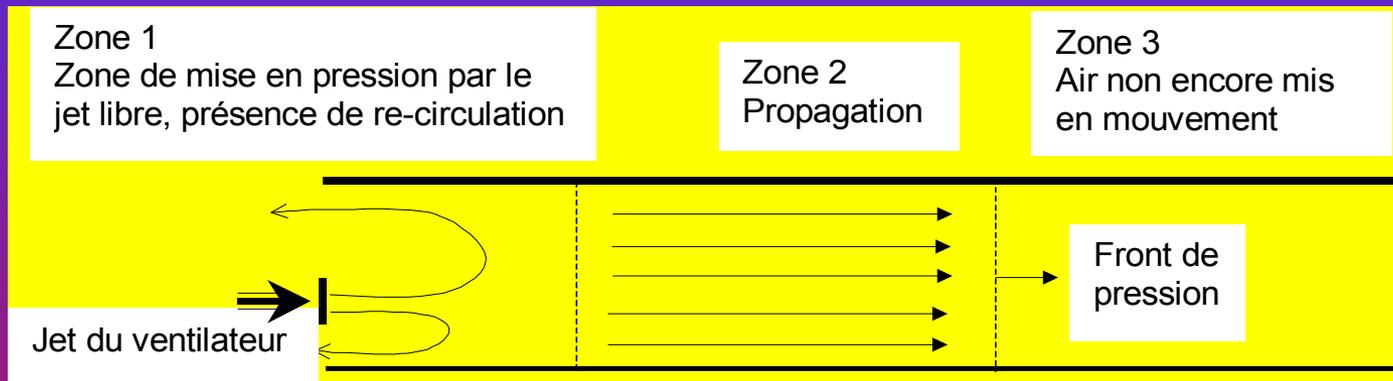
Contrôle des fumées dans les feux de tunnel

J. Maquet & P. Paranthoen (CORIA, UMR 6614, Univ Rouen/INSA



Problème du contrôle par ventilateur à jet libre des écoulements dans les tunnels.

J. Maquet & P. Paranthoen (CORIA, UMR 6614, Univ Rouen/INSA)



Static Pressure (Time=1.0000e+03)

FLUENT 6.0 (2d, coupled imp, ske, unsteady) Apr 19, 2002

Problème :
Pour un tunnel de 3 à 4 km, il faut environ 15 à 20 min pour établir l'écoulement sans combustion => Avec combustion ... ???

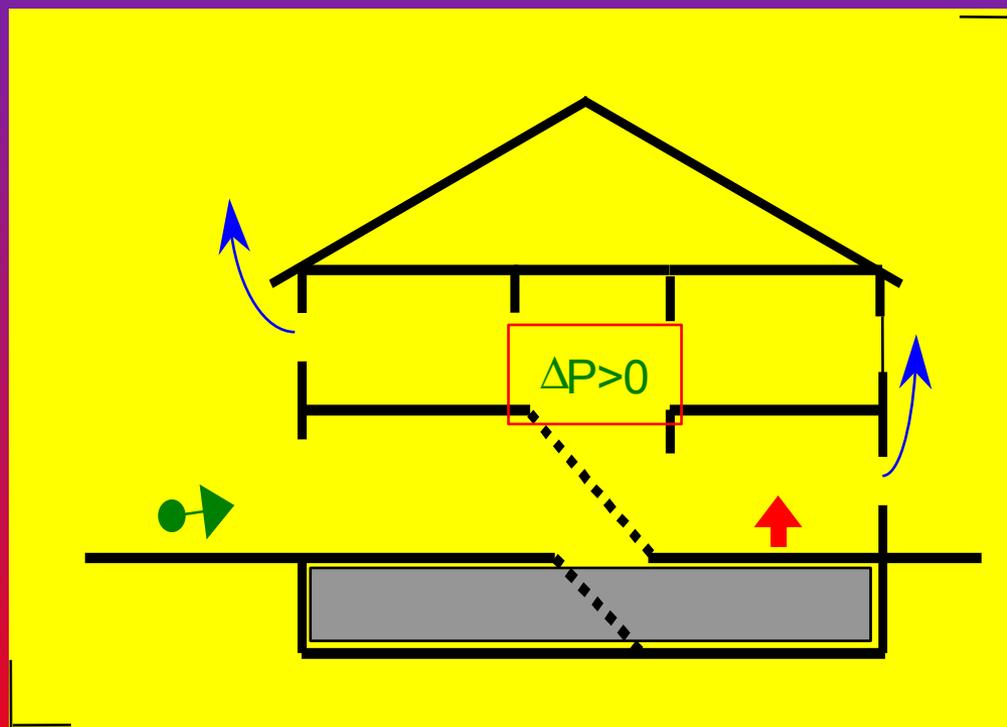
Contrôle des écoulements de fumée et d 'air dans les incendies en espaces semi-confinés :

Partie II : Etude des ventilateurs à jet libre

- Constitution des appareils et schéma de principe du jet.
- Développement du jet entre l 'appareil et l 'ouverture d 'attaque
- Courbes caractéristiques d 'efficacité des appareils.

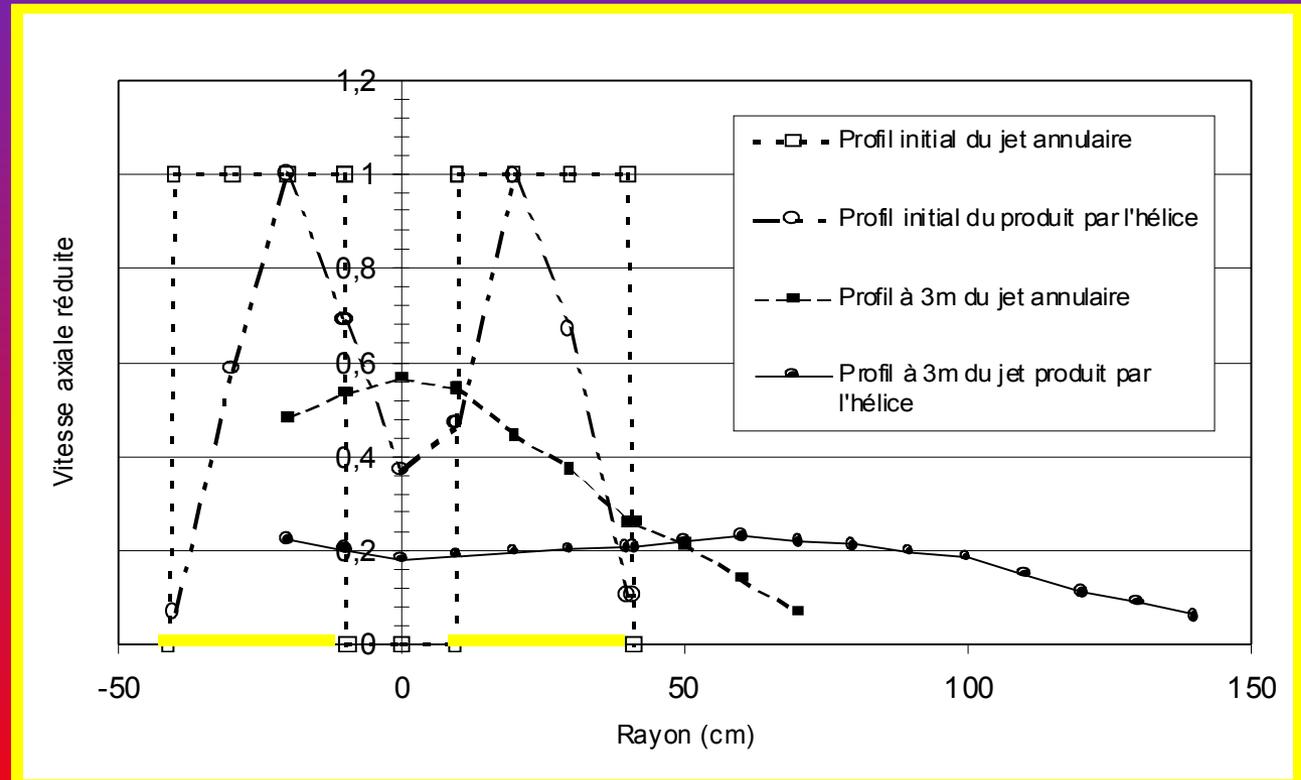
Contrôle des mouvements d'air et de fumées dans les incendies en espaces semi-confinés

Principe de base :



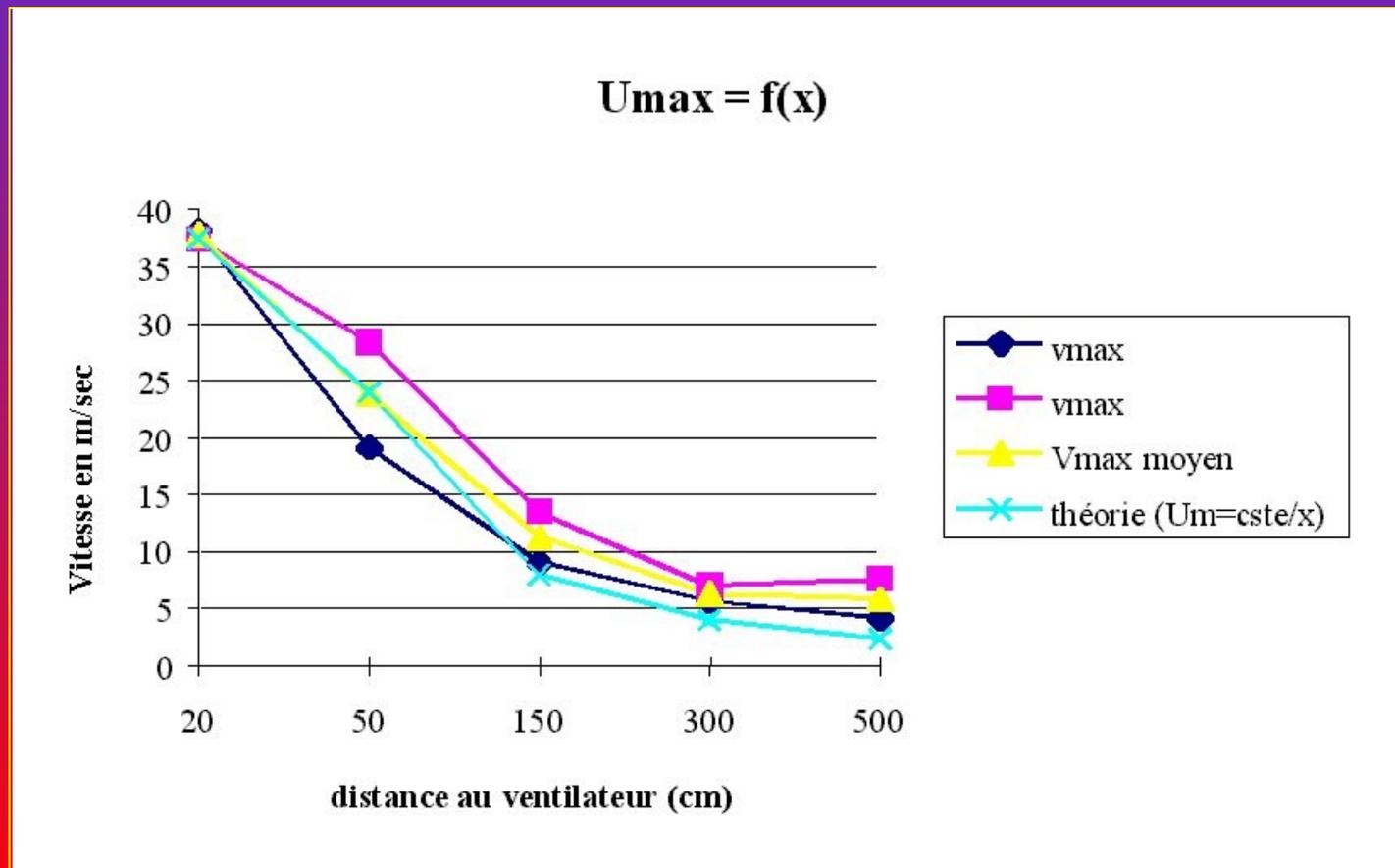
Constitution et schéma de base des jets : Développement du jet en fonction de la distance par rapport à l'appareil

(Thèse R. Vidor - Université du Havre / Groupe Leader / Haute-Normandie)



Principe de fonctionnement des ventilateurs à jet d'air libre : Diminution de la vitesse au centre du jet en fonction de l'éloignement par rapport au ventilateur

(Thèse R. Vidor - Université du Havre / Groupe Leader / Haute-Normandie)



Influence du sol sur le développement du jet

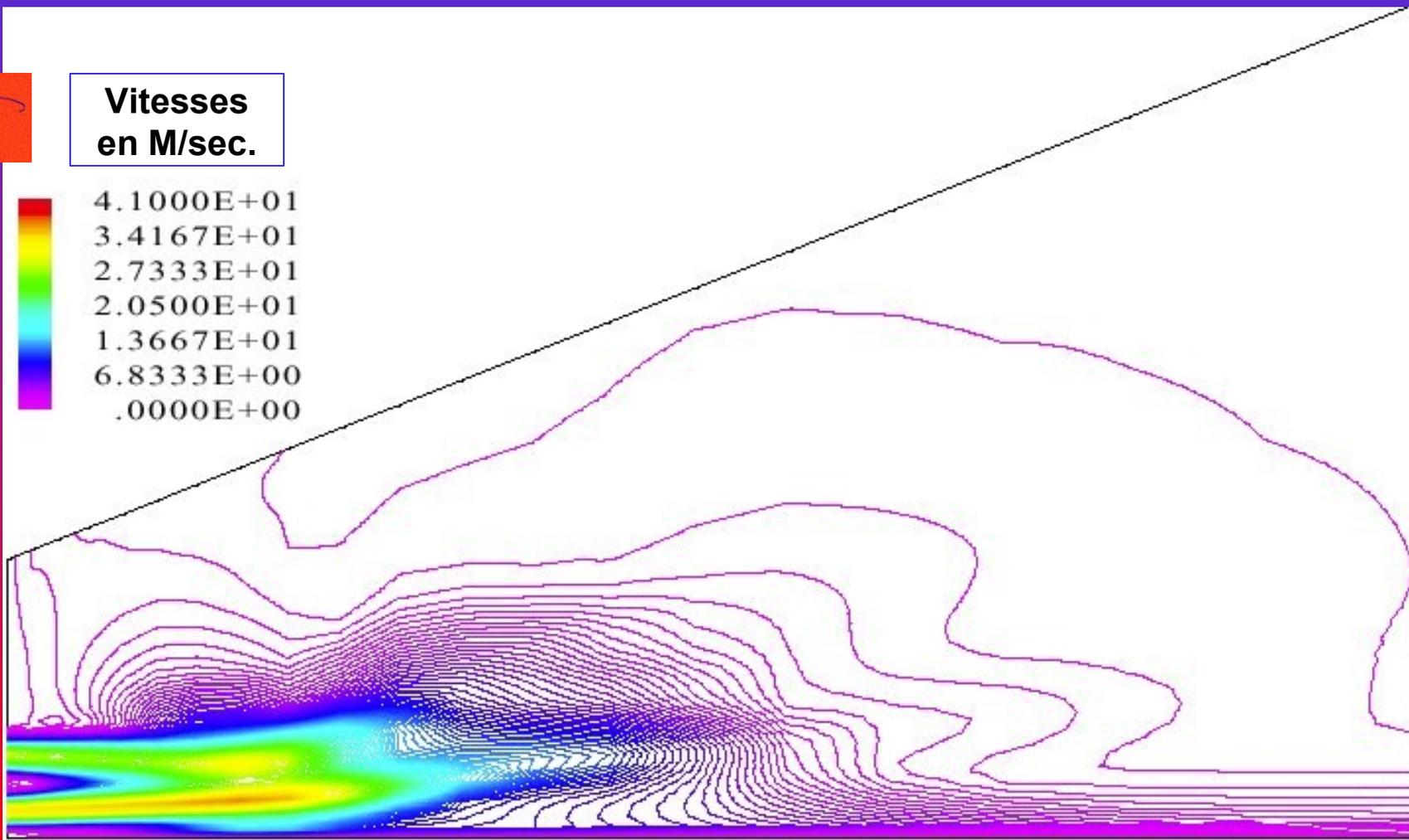
(Thèse R. Vidor - Université du Havre / Groupe Leader / Haute-Normandie)



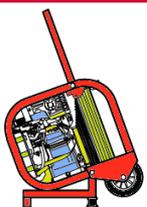
Vitesses
en M/sec.



4.1000E+01
3.4167E+01
2.7333E+01
2.0500E+01
1.3667E+01
6.8333E+00
.0000E+00



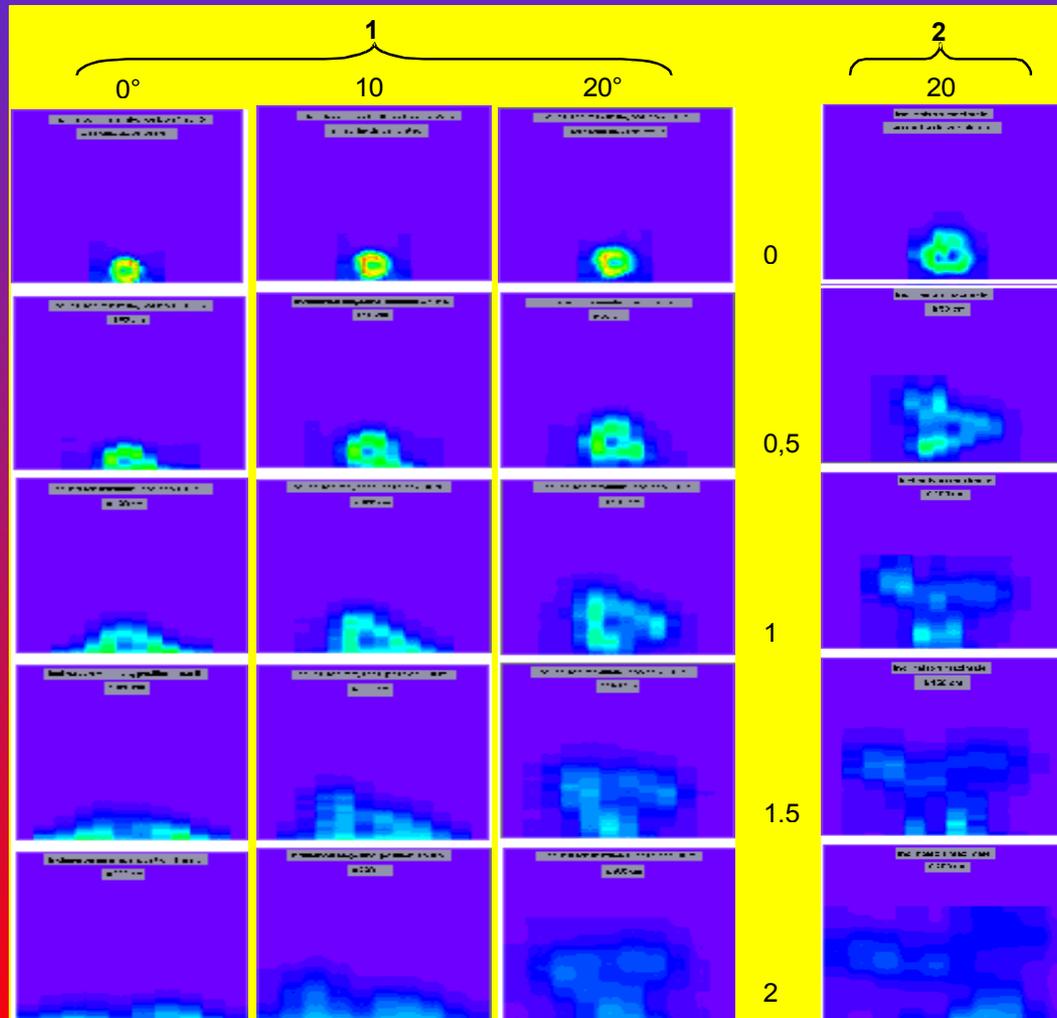
6 HP



15 mètres

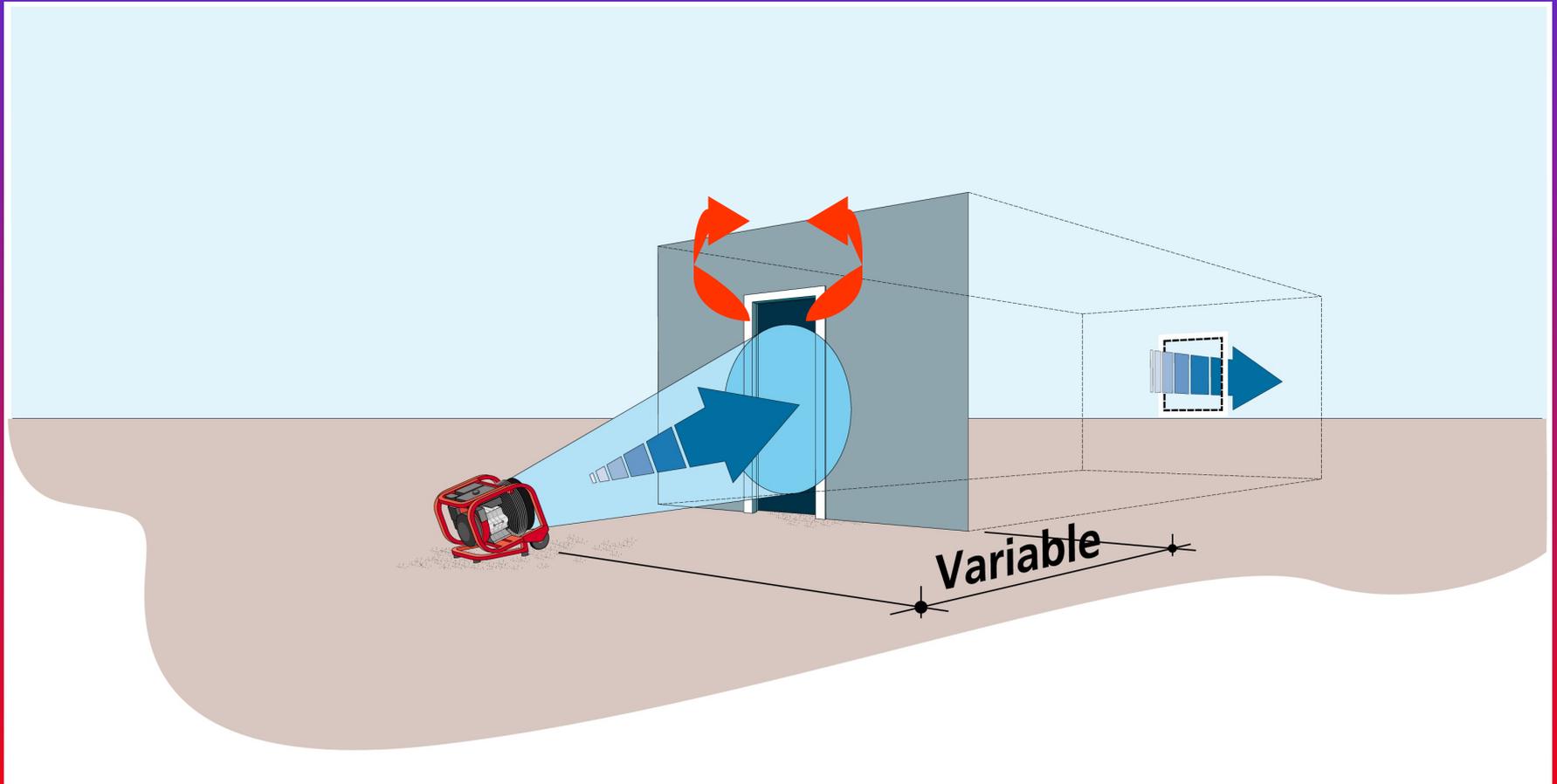
Développement des jets produits par les ventilateurs en fonction de l'inclinaison et du type d'appareil

(Thèse R. Vidor - Dir thèse M. Lebey - Université du Havre / Groupe Leader / Haute-Normandie)



Jet efficiency in "PPV"

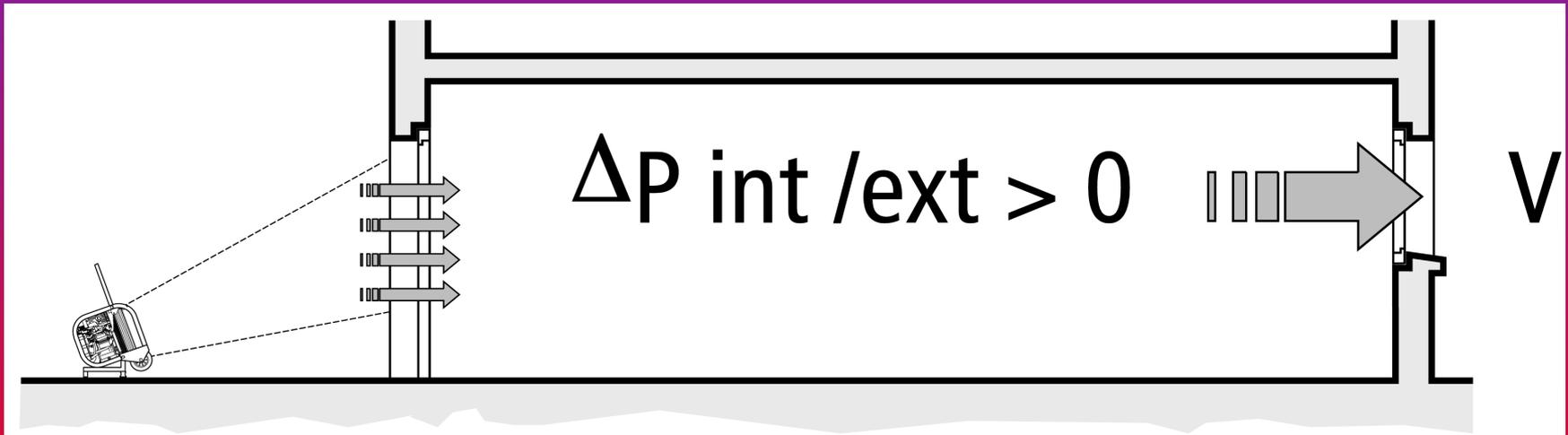
Efficacité du jet en ventilation par surpression



Mesures de débit local en surpression

(Thèse R. Vidor - Dir thèse M. Lebey - Université du Havre / Groupe Leader / Haute-Normandie)

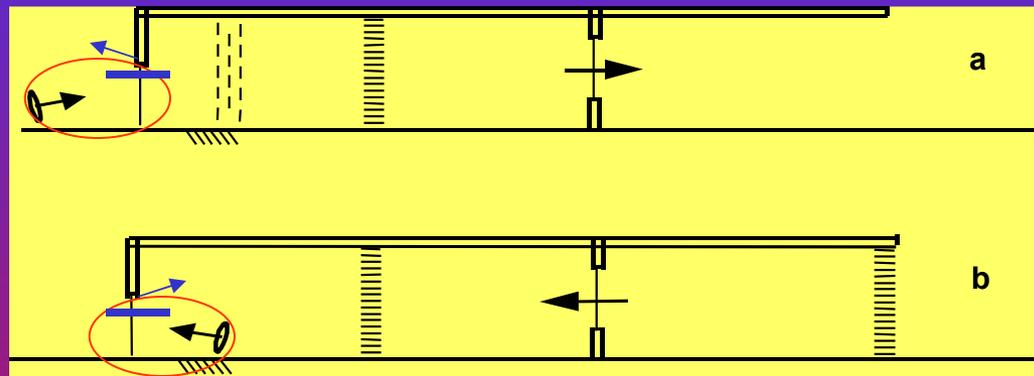
« *Ventilation par Pression Positive* »
=> Ventilation par surpression



Principe de fonctionnement des ventilateurs à jet d'air libre :

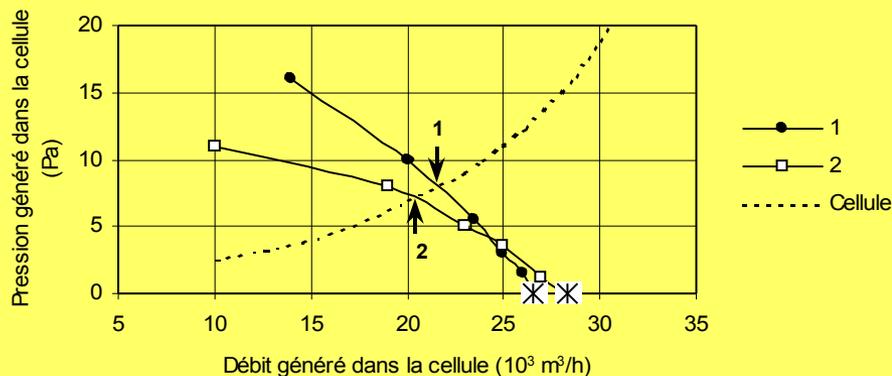
Courbes caractéristiques et méthode de test (LMUH95)

(Thèse R. Vidor - Dir thèse M. Lebey - Université du Havre / Groupe Leader / Haute-Normandie)

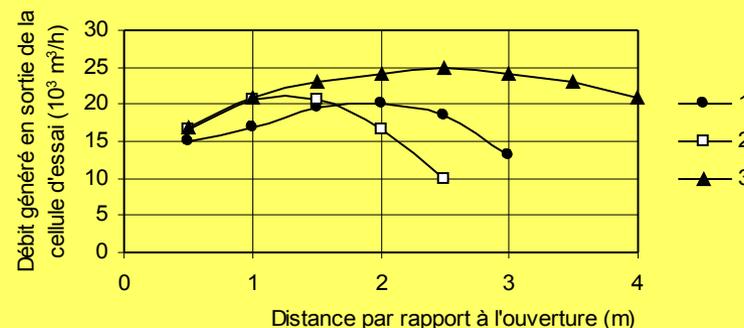


a) ventilation par surpression

b) ventilation par dépression



Courbes débit / pression



Courbes débit / distance

Contrôle des écoulements de fumée et d 'air dans les incendies en espaces semi-confinés :

Partie III

Les dangers de « *La ventilation dans les incendies* » en espaces semi-confinés

- Définition d 'un mode dégradés
- Le backdraught et le flashover
- La panne de l'appreil.
- L 'excès de confiance produit par la ventilation => pénétration trop profonde => retour difficile en cas de panne du ventilateur
-

Contrôle des écoulements de fumée et d 'air dans les incendies en espaces semi-confinés :

Les dangers de « *La ventilation dans les incendies* » en espaces semi-confinés

Le flashover ou embrasement généralisé

Deux cas

- 1) Inflammation de toutes les surfaces en pyrolyse
- 2) Inflammation d 'une couche de fumée sous plafond

Le backdraught ou explosion de fumée :

Explosion de gaz ou de fumées ==> blast ou onde de pression

==> Les modes dégradés :

Etude des modes dégradés

Définition d'un mode dégradé : Conséquence de la perte de contrôle de l'intervention

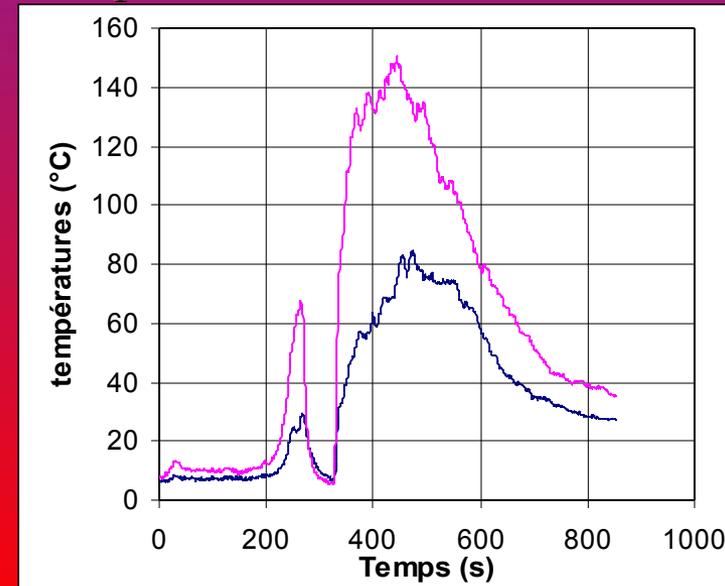
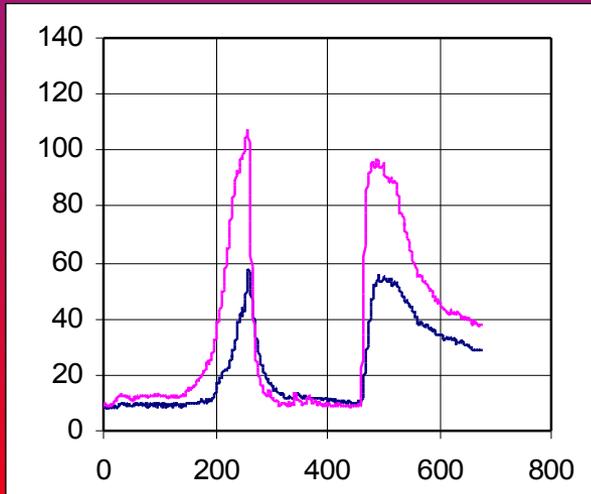
Danger des modes dégradés :

Retomber dans une situation plus critique que la situation initiale

=> Prise de contrôle d'un mode dégradé.

=> Approche des modes dégradés

Exemple : panne d'un ventilateur dans un feu en espace semi-confiné.



=> Travailler avec deux ventilateurs

Groupe de Recherche **SODAFESC**

Stratégies et Outils D 'Attaque des Feux en Espaces Semi-Confinés

- Laboratoire de Mécanique, Université du Havre (Pilote du projet)
- Laboratoire de Mathématiques Appliquées, Université du Havre
- CORIA, CNRS, Université de Rouen
- Laboratoire de Combustion et de Détonique, CNRS, ENSMA Poitiers,
- Laboratoire d 'Aérodynamique, ENSAM, CER Paris

- INESC, - DDSC, - BSPP, SDIS 76, 74, 83, 73, 42, 33

- CNPP - Groupe Leader

Contrat de plan Etat / Région 2000-2006 : Amélioration de l'extinction des incendies se développant en espaces semi-confinés par une meilleure maîtrise de la ventilation opérationnelle.

Groupe SODAFESC

Analyse des situations d'incendies réels se développant en espace semi-confiné

J.M. Villeval (Cdt GR Ouest SDIS 76), BSPP, M. Lebey & E. Lambert (LMUH)

Etudes sur maquettes : (P. Paranthoen (Coria, Rouen) ; M Gonzalez (Coria, Rouen), M. Lebey (UH), ...), E. Lambert (LMUH), R. Rajaona(LMUH) O. Cité (LMUH) ? .

1 - Feux de hangar a) maquettes 1/100, 2D puis 3D (simulation par gaz chauds, mesure de champs de températures et de vitesses (PIV, fil chaud)), b) maquette au 1/30 (utilisation de feux réels, mesure des champs de vitesses et de températures),

2 - Feux d'escalier : éch. 1/4 avec feux réels

Evolutions des incendies, modélisation : (P. Joulain (LCD), Y. Wang (LCD), ...)

Etude pulvérisation et brumisation associées à la ventilation (J.P. Vantelon (LCD, Poitiers), M. Lebey (UH), ...)

Etude des tunnels (J.P. Vantelon (LCD), J. Maquet (Coria), M. Lebey (UH), ...)

Reconstitution d'évolution (Aziz-Alaoui (Labo maths, UH), Ch Letellier (Coria), ...)

Etude des modes dégradés

=> Compréhension physique => Applications opérationnelles : ...