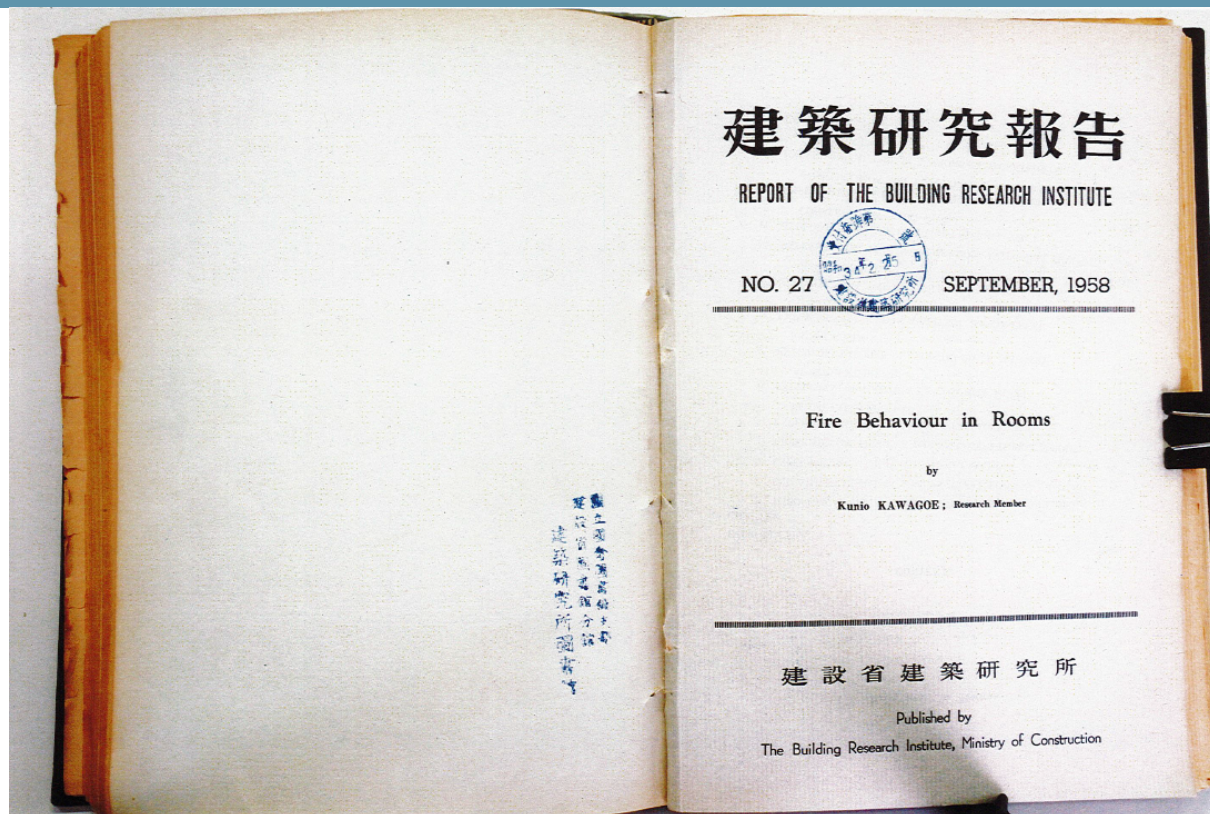


CSTB
le futur en construction

Feux confinés

K. Kawagoe et ses successeurs
Limites et perspectives

P. Lardet – E.M. Koutaiba – 06/06/2019 – GdR Feux – Marseille



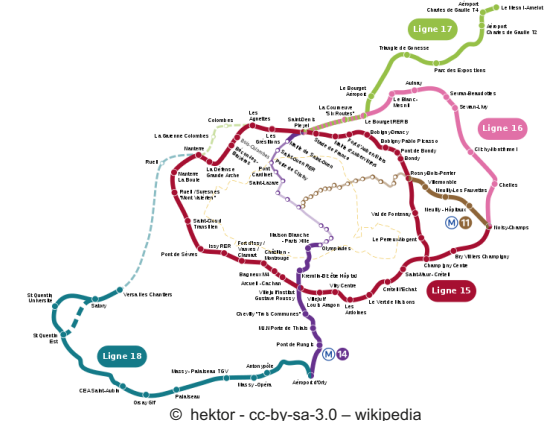
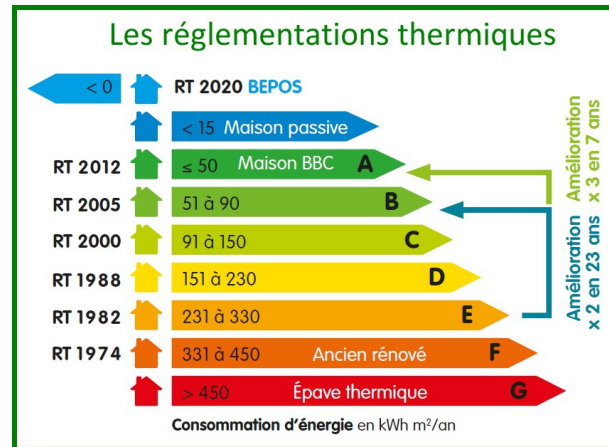
Feux confinés :

*ACCÈS LIMITÉ À L'OXYGÈNE
INTERACTION THERMIQUE AVEC LES PAROIS*

Question centrale dans la sécurité incendie des constructions



© Archi KOZ-ASP - ADIVBois



Capacité à prédire les phénomènes associés ?



© P. Thomas

Kunio Kawagoe – décédé en 1994

Chercheur au BRI

Un des pères japonais de l'ISI

Membre fondateur du Conseil International du Bâtiment

Membre fondateur de l'IAFSS

Soutien enthousiaste de la coopération internationale

Rapport interne du BRI - septembre 1958

Synthèse d'une dizaine d'années de travail

Considérations théoriques sur la combustion et les écoulements

PREMIÈRE CITATION CONNUE DU FACTEUR $A\sqrt{H}$

Puis résultats de nombreux essais
DE LA MAQUETTE 40 cm AU BÂTIMENT R+1

CONTENTS	
	Page
INTRODUCTION	1
CHAPTER	
1. THEORETICAL STUDY ON MECHANISM OF FIRE IN BUILDINGS	1
2. EXPERIMENTAL FIRE IN A SMALL MODEL ROOM	9
3. EXPERIMENTAL FIRE IN A 1/3 MODEL ROOM	12
4. EXPERIMENTAL FIRE IN A PASKIN CONCRETE BLOCK ROOM	17
5. EXPERIMENTAL FIRE IN A NISSA PREFABRICATED FRAME CONSTRUCTION	25
6. EXPERIMENTAL FIRE IN A 1/2 CONCRETE MODEL APARTMENT HOUSE	29
7. EXPERIMENTAL FIRE IN A SASAKI BLOCK MASONRY CONSTRUCTION	34
8. EXPERIMENTAL FIRE IN A MATSUI ASB CONCRETE MASONRY CONSTRUCTION	38
9. EXPERIMENTAL FIRE IN A FILL-UP CONCRETE MASONRY CONSTRUCTION	44
10. EXPERIMENTAL FIRE IN A THERMOCON CONSTRUCTION	49
11. EXPERIMENTAL FIRE IN A LIGHT-WEIGHT STEEL CONSTRUCTION FIRST FLOOR	53
12. EXPERIMENTAL FIRE IN A LIGHT-WEIGHT STEEL CONSTRUCTION SECOND FLOOR	59
13. EXPERIMENTAL FIRE IN A NAGANO CONCRETE BLOCK CONSTRUCTION	66
14. CONCLUSION	70

Le rapport se focalise sur la durée des feux

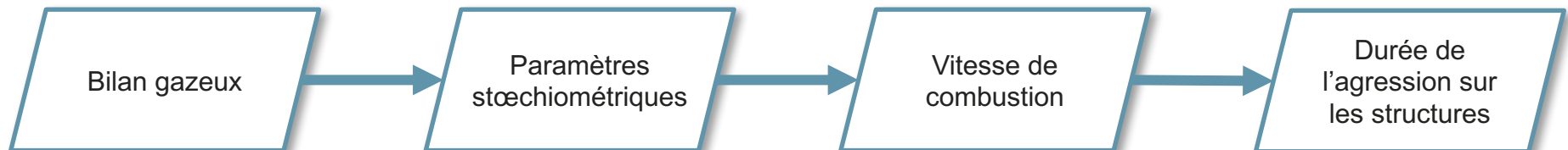
Peu de connaissance expérimentale à l'époque sur la vitesse de combustion

Usages variables d'un pays à l'autre :

*VITESSE DE COMBUSTION CONSIDÉRÉE CONSTANTE
OU PROPORTIONNELLE À LA DENSITÉ DE CHARGE CALORIFIQUE*

Mais toujours indépendante des ouvrants du local

Intuition - et objectif - de Kawagoe : dépendance de la vitesse de combustion vis-à-vis de la géométrie



Hypothèses principales :

FEU PLEINEMENT DÉVELOPPÉ OU POST-FLASHOVER
 LOCAL HOMOGENÈME EN TEMPÉRATURE ET COMPOSITION
 OUVERTURE RECTANGULAIRE
 ECOULEMENT 1D À L'OUVERTURE

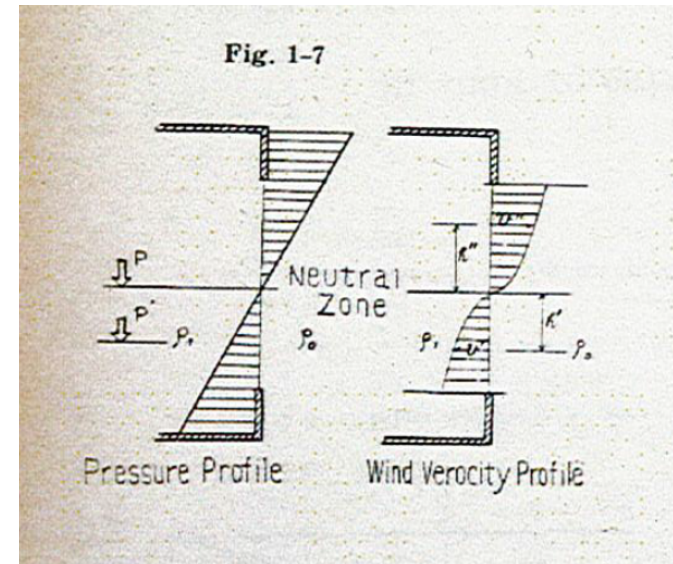
Profil de pression → Profil de vitesse

Profil de vitesse → Débits (entrants et sortants)

Débits + conservation de masse → Position du plan neutre et valeur des débits

$$\dot{m}_{entrant} = \dot{m}_{sortant} = Cte \times C_d \times f(\rho_{air} / \rho_{gaz}) \times A \sqrt{H}$$

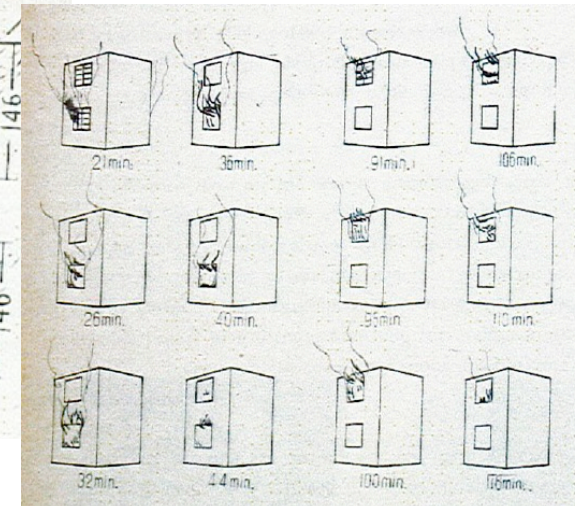
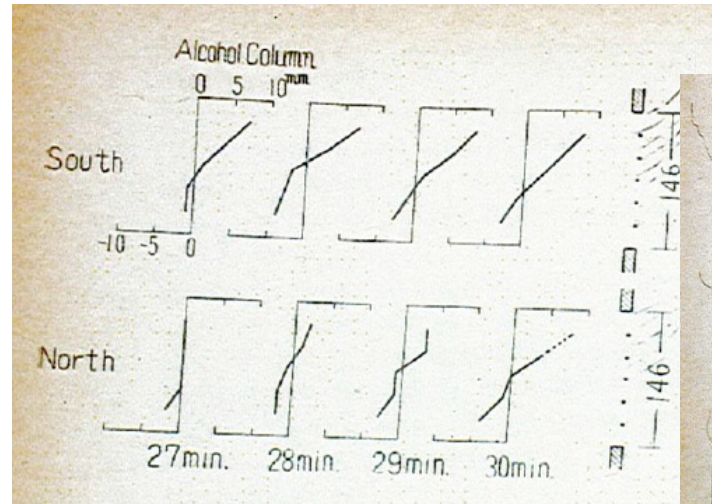
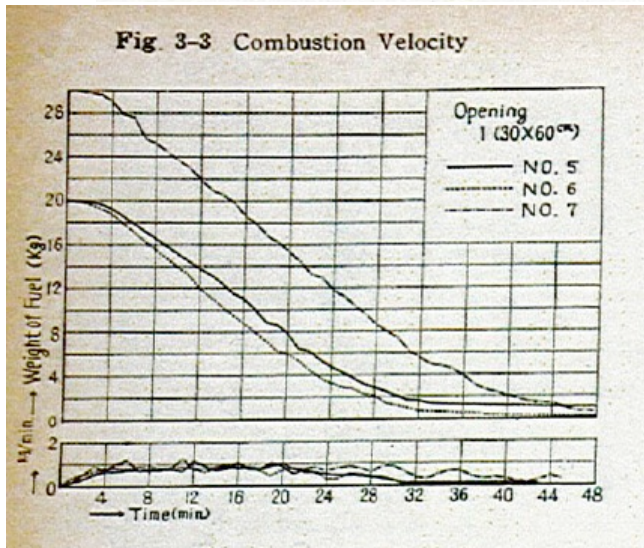
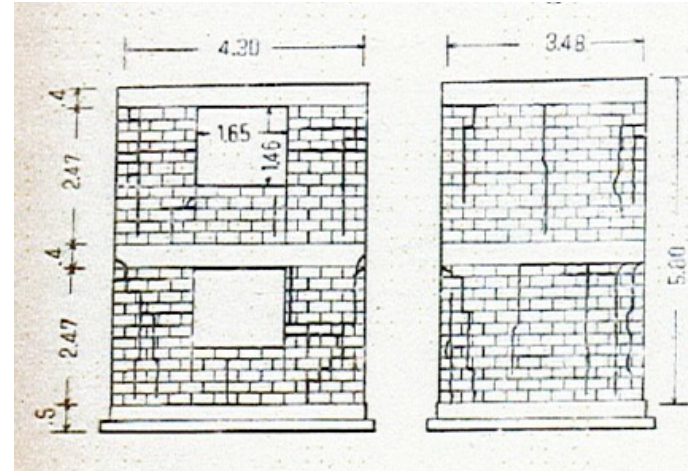
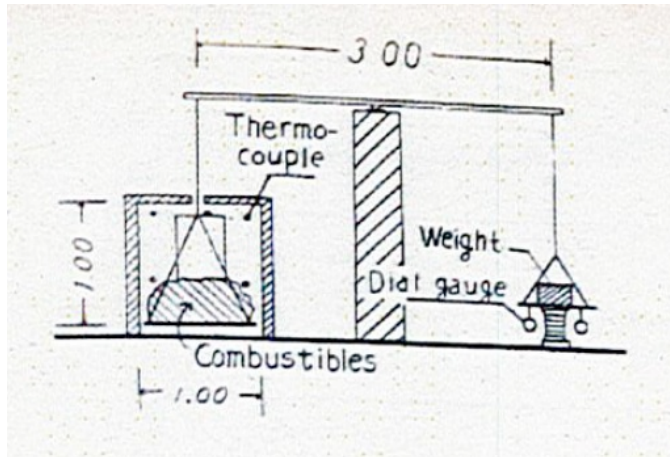
$$\approx 0.5 \times A \sqrt{H}$$



© Kawagoe, 1958

Feux confinés : Limites et perspectives

Le rapport n°27 : quelques exemples d'essais



Facteur d'ouverture

$$0.5 \times A \sqrt{H}$$

Connaissant le
puissance max

MAIS

Ne prédit pas la

Ne prédit pas r

gement utilisé

entrant

eut en déduire la
al

térieur du local



© Medina Hevia, 2014

Quelques extensions :

Delichatsios propose la prise en compte du débit de combustible

$$\dot{m}_{air} = 0.5 \times A \sqrt{H} - 0.5 \dot{m}_{fuel}$$

Thomas a mis en évidence l'influence de la taille du local sur \dot{m}_{fuel}

Influence de $A\sqrt{H}/A_{walls}$

La forme du local (couloir, répartition des ouvrants, etc.) et la position du combustible sont susceptibles de modifier l'écoulement

→ Écoulement 1D à l'ouverture ?

$$\dot{m}_{air} = Cte \times C_d \times f(\rho_{air}/\rho_{gaz}) \times A\sqrt{H}$$

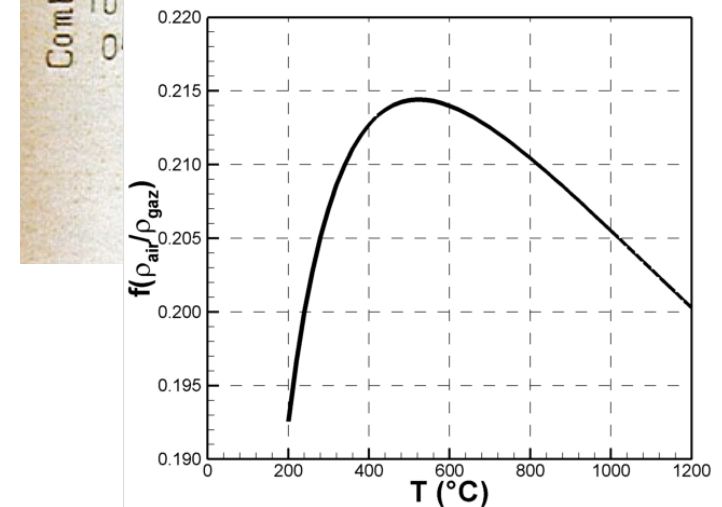
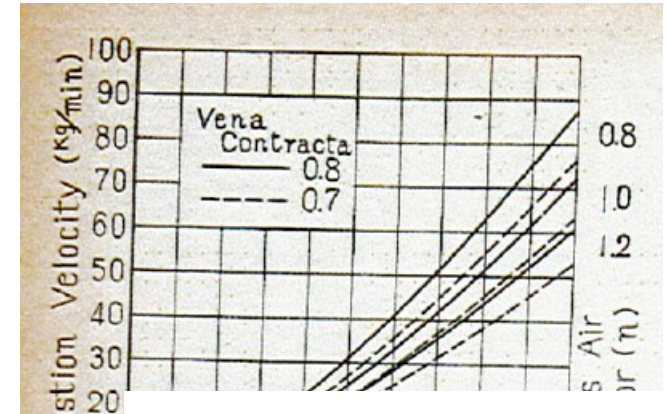
Importance du coefficient de constriction

CONNAISSANCE DE LA GÉOMÉTRIE DES OUVRANTS ET DES MURS

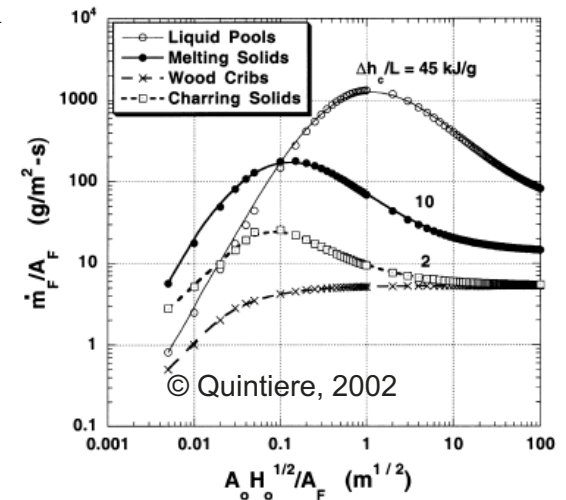
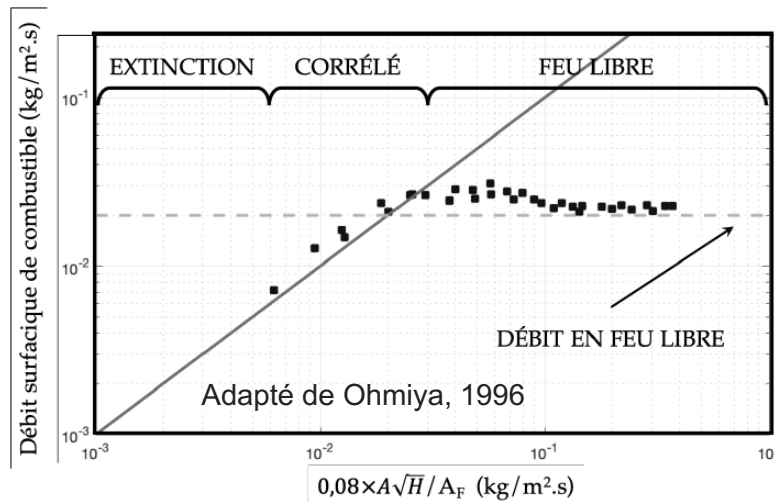
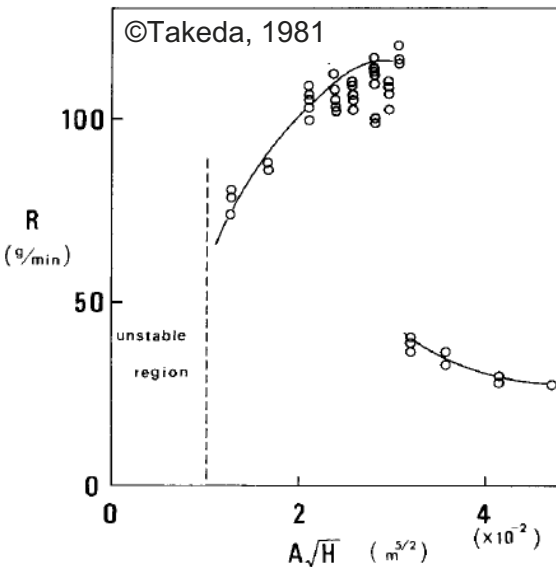
Hypothèses sur les densités

SENSIBILITÉ À LA TEMPÉRATURE ET LA COMPOSITION

→ Variation de 50 à 100% sur le débit entrant



- La corrélation ne prédit pas le débit de pyrolyse
- Pas toujours stœchiométrique
- Influence de la rétroaction thermique

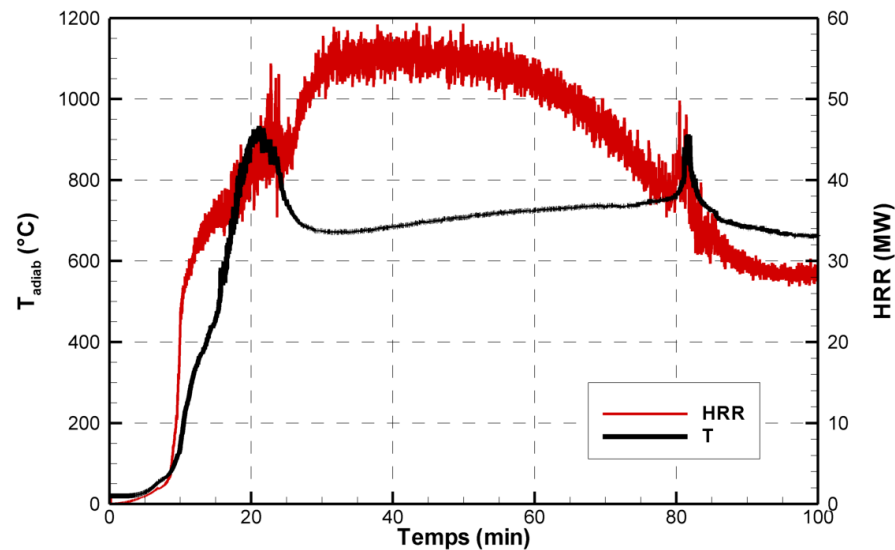


min(Kawagoe, Champ libre) risque de sous-estimer la puissance !

Calcul de température : action thermique sur les structures

→ Recherche de T_{max}

La puissance maximale correspond-elle à la température maximale ?



En ingénierie : utilisation de feux prescrits

Certains sont imposés par la réglementation / les normes

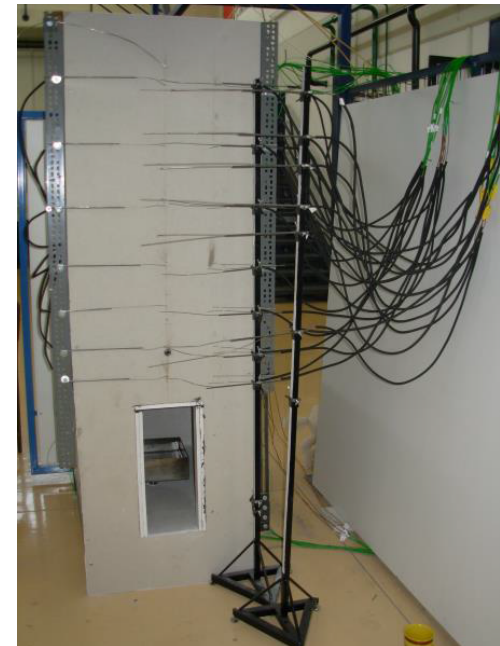
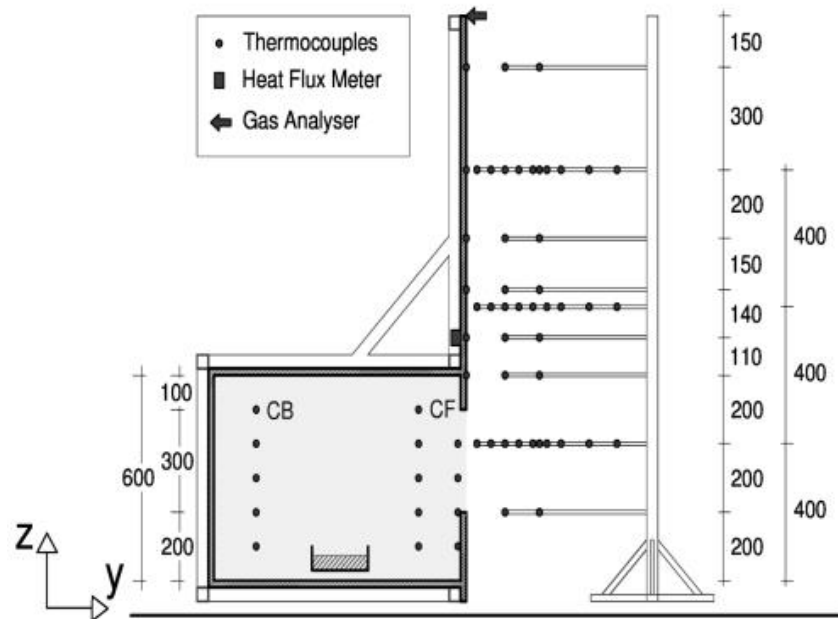
Plusieurs problématiques :

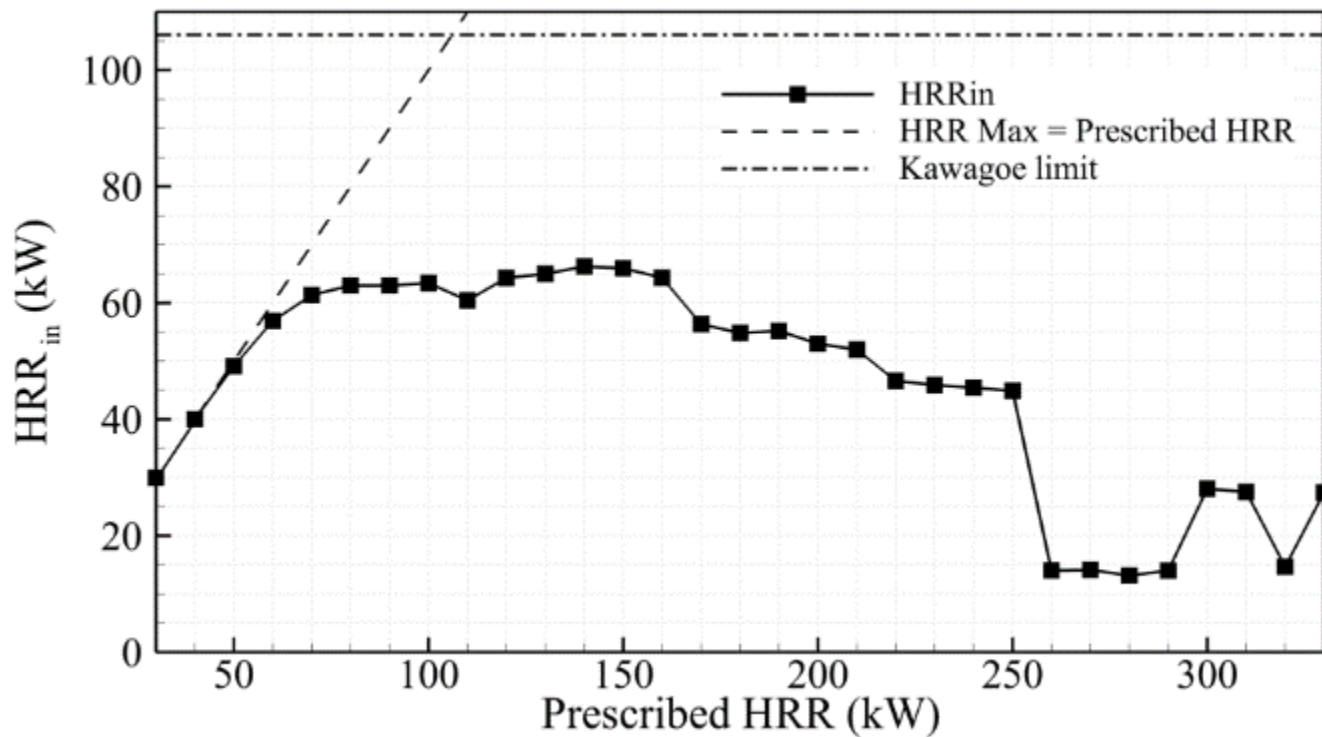
- **Capacité à prédire la répartition de puissance ?**
- **Capacité à prédire la puissance ?**

Pour les modèles de zone : écrêtage par la formule de Kawagoe

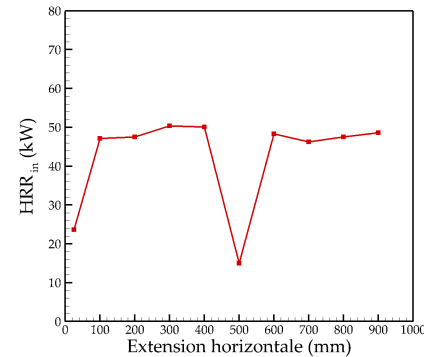
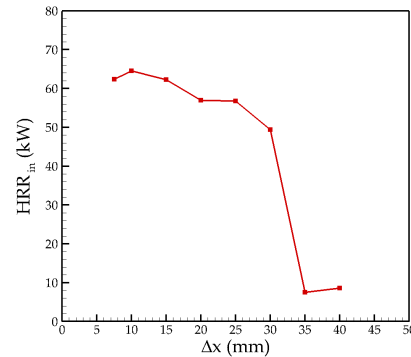
Modélisations CFD : l'exemple de FDS Étude de la répartition de la puissance

Cas d'étude à l'échelle 1/3 puis 1

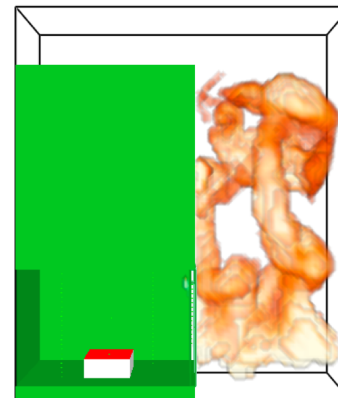
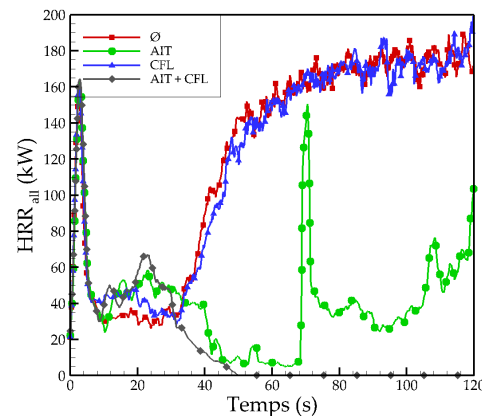




Certains paramètres génèrent des effets de seuils importants :
Taille de maille, modélisation du milieu extérieur



Modélisation aéraulique et combustion : paramètres de CFL, AIT



Formule de Kawagoe : un outil toujours d'actualité
Mais : rester conscient de son sujet et de ses limites
Traite (partiellement) l'aspect « accès à l'oxygène »
Ne traite pas l'aspect « rétroaction thermique des parois »

Besoins à venir en ISI :

Prédiction de la vitesse de combustion et de sa cinétique

Modélisation de l'interaction aéraulique/combustion

Verrous à lever : Couplages

Aéraulique ⇔ Combustion ⇔ Transferts thermiques ⇔ Pyrolyse

Petite échelle ⇔ Grande Échelle



CSTB
le futur en construction