

## Ingénierie de la sécurité incendie

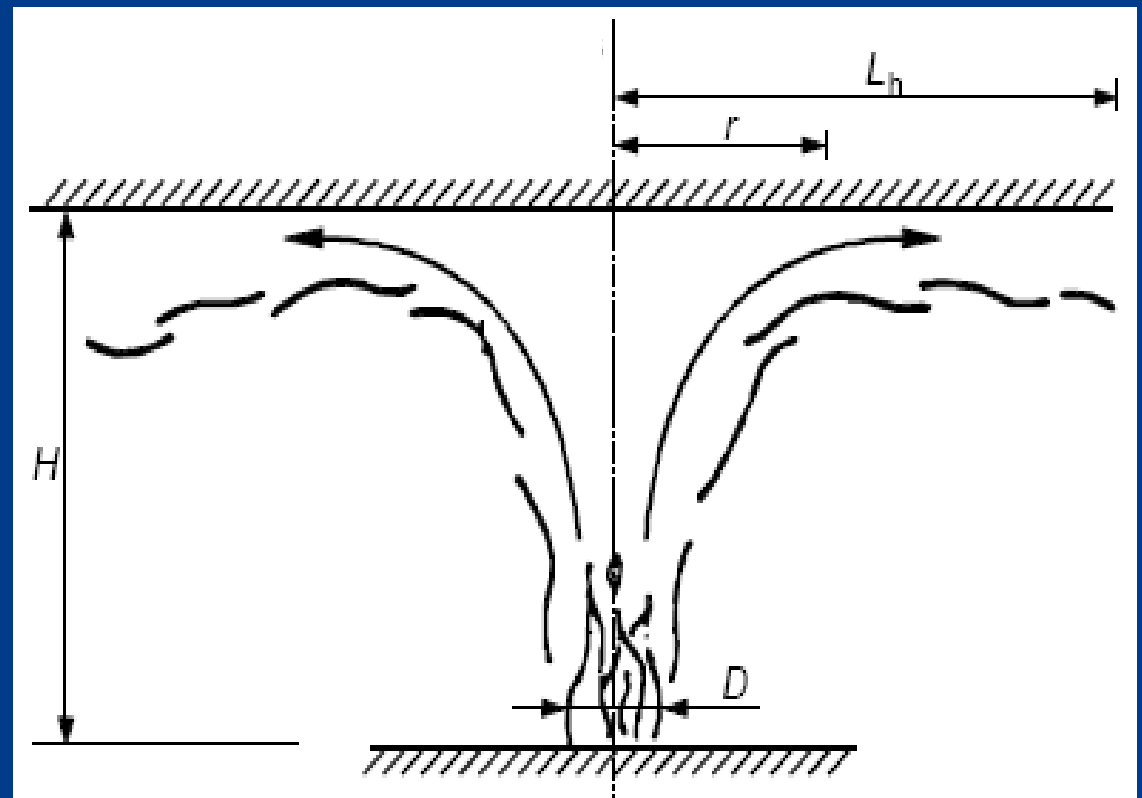
Les outils de calcul ISI  
Dhionis DHIMA

- Modèles de développement du feu et du mouvement des fumées,
- Modèles de l'évacuation des personnes,
- Modèles du calcul d'échauffement,
- Modèles du comportement thermo-mécanique,
- Modèles d'analyse des risques et d'aide à la prise de décision

## ■ **Simple** : formules empiriques (Données importantes : $Q$ , $D$ , $H$ )

Objectif : Détermination de :  $T$ (flamme-panache),  $T$ (moy. gaz chauds),  
actions thermiques (flux thermiques) sur les cibles, dimensionnement des exutoires

- Hasemi,
- Heskestad,
- Zukoski,
- Alpert,
- McCaffray,
- Foote, Pagni et Alvares (ventilation mécanique),
- Thomas (exutoire IT 246),
- Modèle de couche chaude (F. D., Ph. F.) (désenfumage)

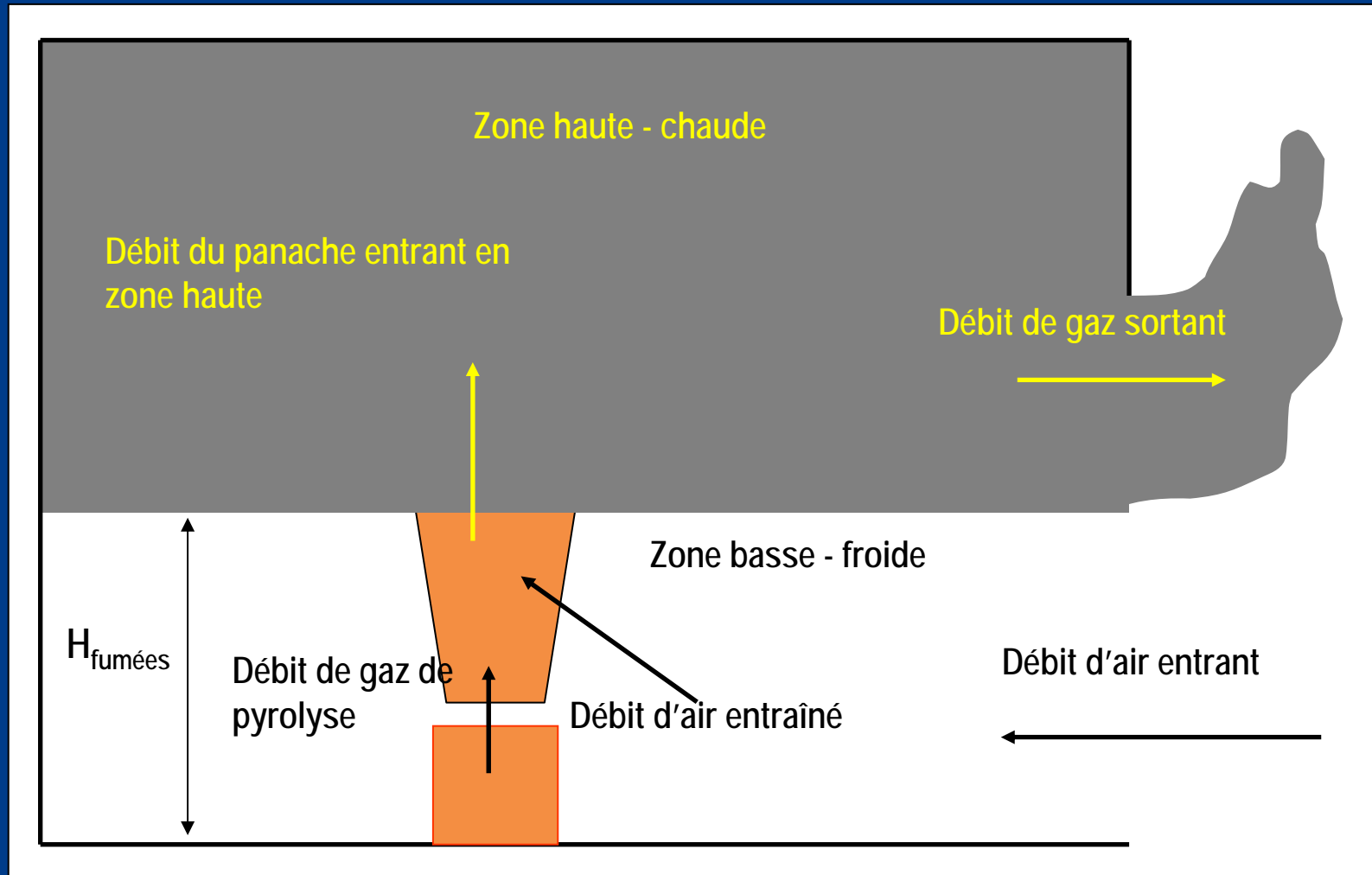


## ■ Modèles globaux ou de zones

- Modèle d'une zone - réacteur agité (NAT)
  - Modèle à deux zones – zone froide et zone chaude (FISBA, OZONE)
  - Modèle à deux zones multivolumes (CIFI, BRI-2002, CFAST)
- Données importantes : Combustibles - Débit calorifique, dimensions volume(s), conditions de ventilation, caractéristiques des parois.

## Objectifs :

- Détermination des actions thermiques dans le volume et sur les cibles
- Etude du mouvement des fumées et aide à la définition du mode d'évacuation des fumées



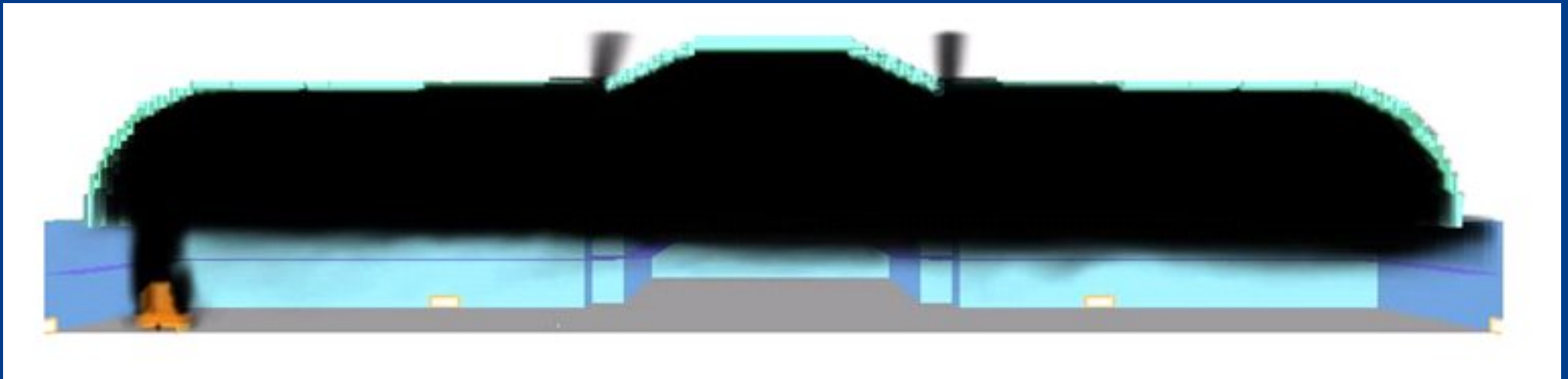
## ■ Modèles locaux ou de champs

- Modèles généralistes (mécanique des fluides) : FLUENT, CFX, PHOENICS, etc.)
  - Modèles dédiés au feu : FDS, SATURNE (EDF)
- Données importantes : Combustibles - Débit calorifique, dimensions volume(s), conditions de ventilation, caractéristiques des parois.

## Objectifs :

- Détermination des actions thermiques dans le volume et sur les cibles
- Etudier le mouvement des fumées et aider à la conception d'évacuation des fumées

## Calcul FDS – Grand Palais



Attention aux belles images !

## Comment choisir un modèle ?

- En fonction des cibles (personnes ou structures)
- En fonction des scénarios de feu

## Quelles sont les exigences élémentaires pour utiliser ces modèles ?

- Connaissances sur la physique du feu (combustion, mécanique des fluides)
- Connaissances sur les méthodes numériques
- Connaissances sur les combustibles



## Paramètres pris en compte par les modèles d'évacuation :

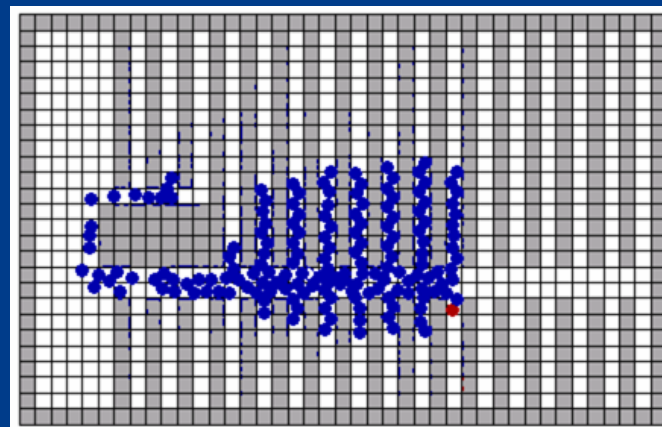
- Représentation du bâtiment à évacuer (sortie, passages, obstacles...)
- Représentation des occupants (mobilité, âge, sexe, vitesse...)
- Comportement humain (évitement, engagement, affiliation familiarité...)
- Itinéraires de déplacement (stratégie d'évacuation)
- Déplacement des occupants (connaissance du bâtiment, attraction sortie, ralentie, espaces traversés – escaliers, portes..., interaction occupants...)

## Durée d'évacuation :

- Phase de détection du feu
- Phase de déclenchement de l'alarme générale
- Délai de réaction des personnes suite au déclenchement de l'alarme (pré mouvement)
- Phase de mouvement des personnes vers les sorties.

- **SEVE-P** : modèle de mouvement de foule - comportementaux humain limités
- **EXODUS** : modèle de comportement humain, couplé à un logiciel de développement de feu et de mouvement de la fumée (CFAST) il offre la possibilité de simuler les effets du feu sur le comportement humain d'une personne en train d'évacuer.
- **EVAC** : modèle de mouvement de personnes, peu de comportement humain

SEVE-P



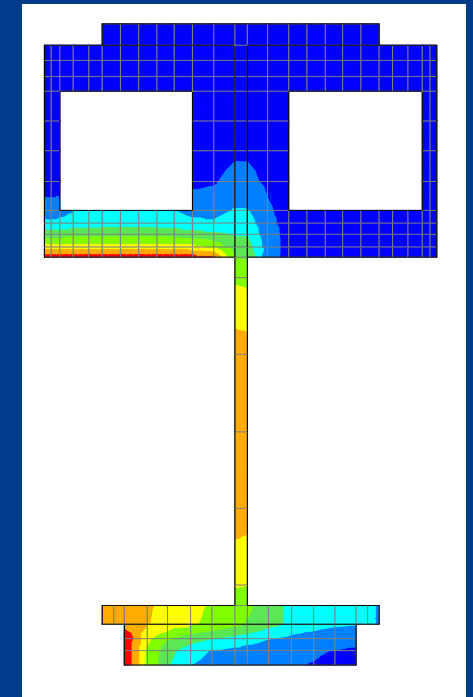
- Modèles 1D, 2D et 3D (différences et éléments finis)

CSTB : ECHAFAUD (1D), TASEF et CIM'FEU (2D), SAFIR, MARC et SYMPHONIE (3D)

➤ Ils prennent en compte les non linéarités matériels

Quelles sont les exigences élémentaires pour utiliser ces modèles ?

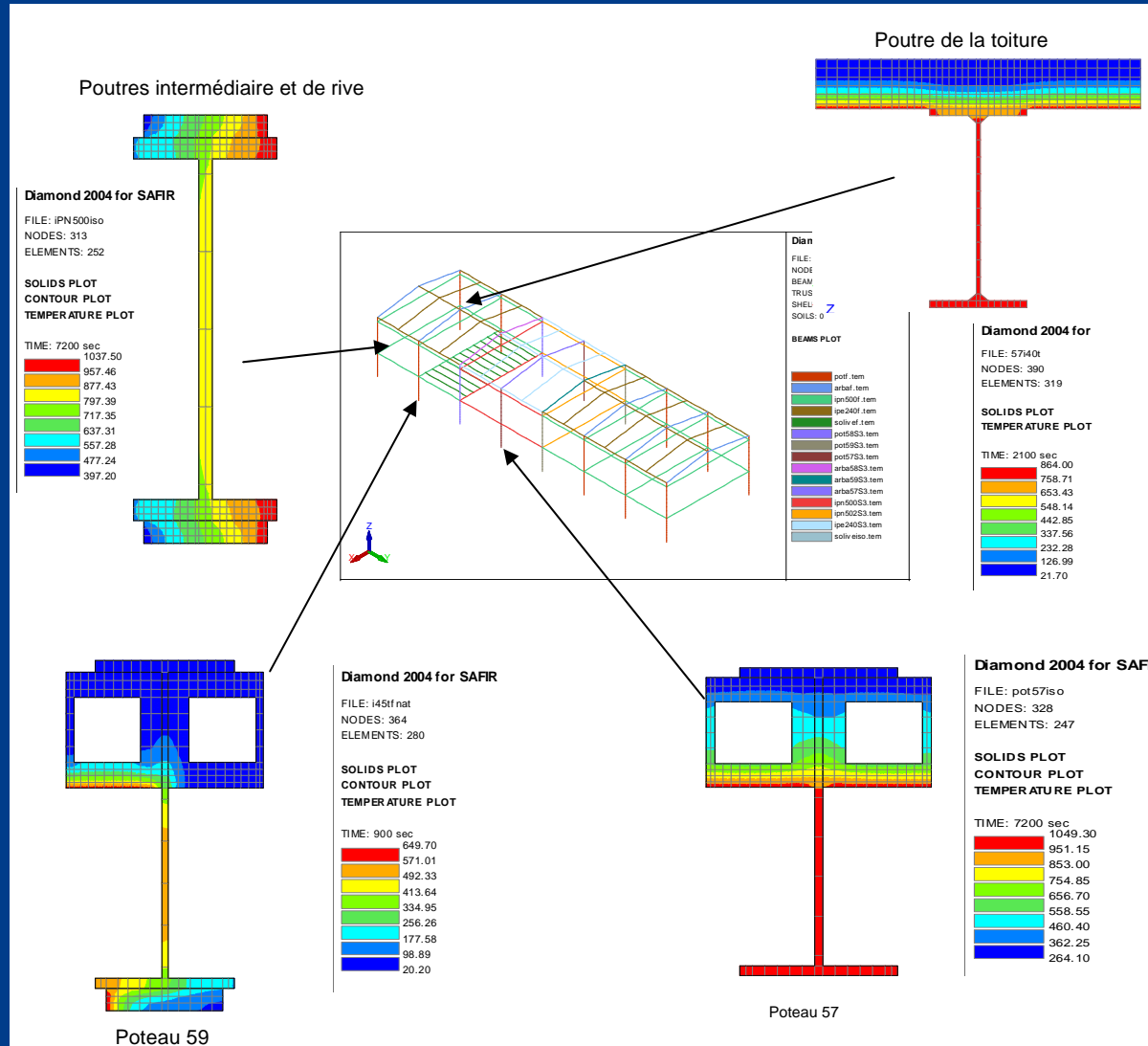
- Connaissances sur les transferts thermiques
- Connaissances sur les méthodes numériques
- Connaissances des caractéristiques  $\lambda(\theta)$  et  $C(\theta)$
- Connaissances sur la dégradation des matériaux (ex. béton – éclatement, bois - combustion, produits de protection – tenue mécanique, fissures)



- Valeurs tabulées
- Modèles simplifiés (formules) : Calculs élément par élément
  - CIM'FEU
- Modèles avancés (éléments finis): MARC, SAFIR et SIMPHONIE  
(ANSYS et ABACUS)
  - Modélisation d'une partie de la structure ou de toute la structure
  - Ils prennent en compte les non linéarités géométriques (grands déplacements) matériels (lois de comportement élasto – plastiques)

## Quelles sont les exigences élémentaires pour utiliser ces modèles ?

- Connaissances sur le comportement des structures
- Connaissances sur les méthodes numériques (éléments finis)
- Connaissances sur les lois de comportement des matériaux (caractéristiques physico-mécaniques –  $f_y(Q)$  et  $E(Q)$  )



- Modèle classique d'analyse des risques
- Modèle d'analyse globale de la sécurité :
  - Phénomènes physiques (développement du feu, fumées, ...)
  - Phénomènes discrètes – réseau de PETRI (alarme, détection, ...)
  - Aspects probabilistes – simulation Monte – Carlo)

Ils permettent :

- Analyse de dangers spécifiques
- Analyse de risques pour la sélection les scénarios
- Analyse de risques pour l'évaluation des solutions et la prise de décision

Merci de votre attention