

CSTB-DSSF / IS
François DEMOUGE, Philippe FROMY

Outils de simulation du feu dans un bâtiment : les modèles de zones

Présenter les objectifs et fondements des modèles globaux de feu en bâtiment dits « de zones » :

- > Modèles à 1-zone (exemple : NAT)
- > Modèles à 2-zones (exemple : FISBA)
- > Modèles à 2-zones multi volumes (exemple : CIFI)
- > Modèles de zones stochastiques (exemple : SCHEMA-SI)

La construction d'un outil opérationnel basé sur un modèle de zones résulte du compromis entre :

- > le souci de mobiliser les connaissances scientifiques disponibles sur la physique du feu pour contribuer à la sécurité incendie des bâtiments
- > le souhait de fournir un outil de calcul utilisable sur des ordinateurs courants et capable de fournir des résultats dans un délai compatible avec les contraintes du monde de la construction

Le choix de limiter le niveau de complexité de la théorie est lié à ce dernier souhait et s'appuie sur le constat réaliste qu'on ne peut pas envisager de rassembler avec précision toutes les données empiriques utiles à l'exploitation d'un modèle fin pour chaque application courante.

Objectif d'utilisation :

- > Déterminer des sollicitations thermiques sur des éléments de structure et de construction causées par un **feu intense dans un local** en prenant en compte dans le calcul l'influence des conditions particulières au feu :
 - > local (nature, dimensions et propriétés des parois),
 - > ventilation (naturelle : dimensions et position des ouvertures ; extraction mécanique : débit extrait),
 - > foyers potentiels (amplitude et durée de l'apport de chaleur).

Hypothèse principale :

- > On admet que le milieu gazeux interne du local est homogène et donc que, dans ce « **réacteur bien agité** » toutes les caractéristiques sont uniformes mais varient cependant au cours du temps
- > L'hypothèse du réacteur bien agité consiste à admettre que, dans le local, les flux d'air entrant et de gaz combustible libéré par la pyrolyse se mélangent intimement. Les produits réactionnels, l'oxygène non consommé, les imbrûlés et l'azote sortent du local. A ces flux de matière et ces réactions de combustion, on associe des bilans massiques et énergétiques relatifs au milieu gazeux dans le local et à l'environnement de ce dernier

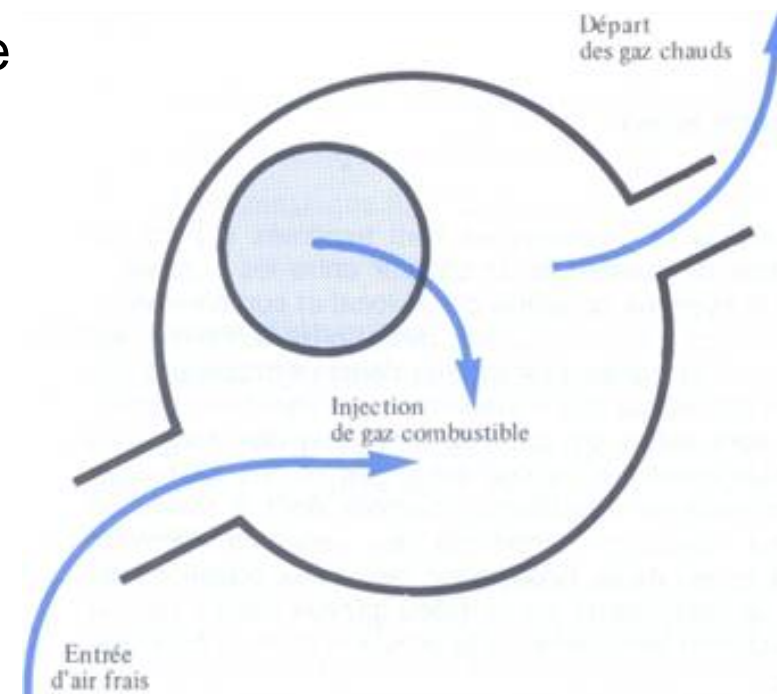
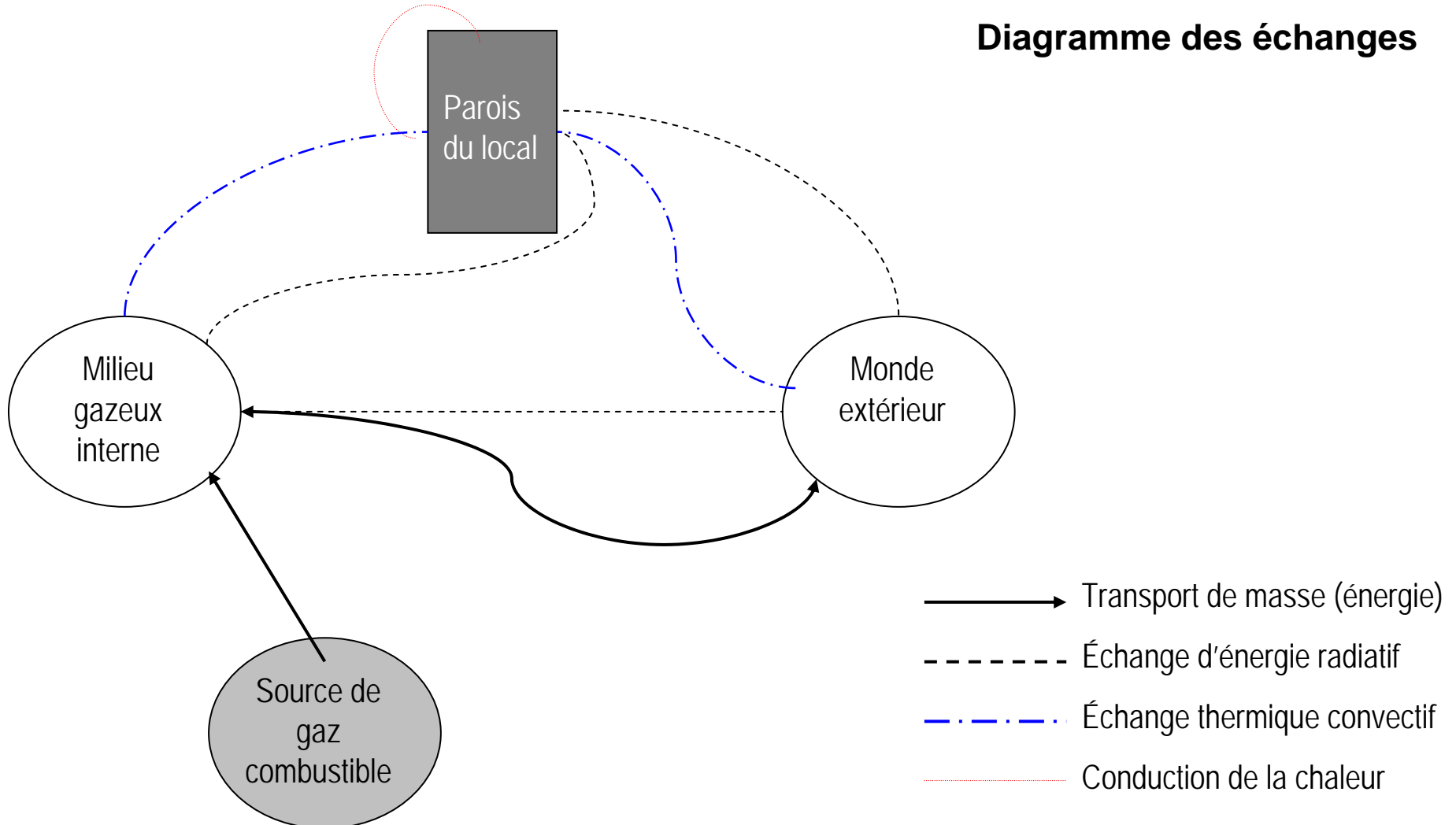


Diagramme des échanges



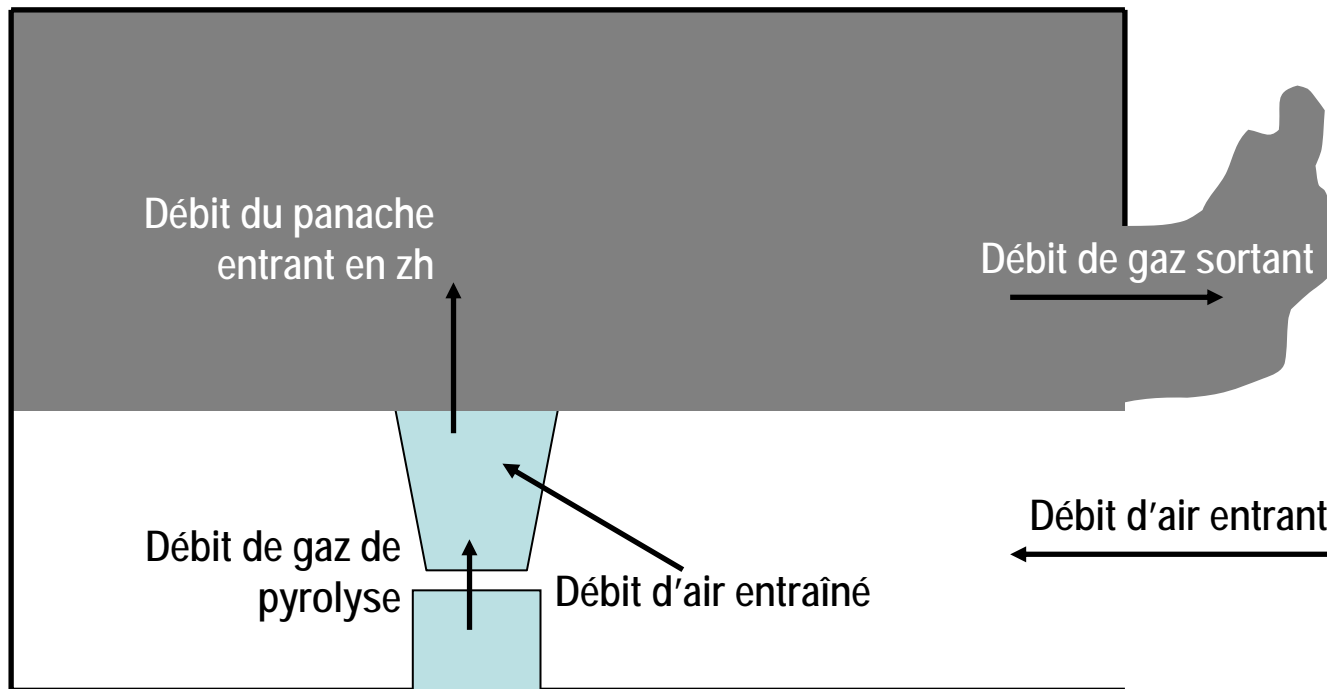
Objectif d'utilisation :

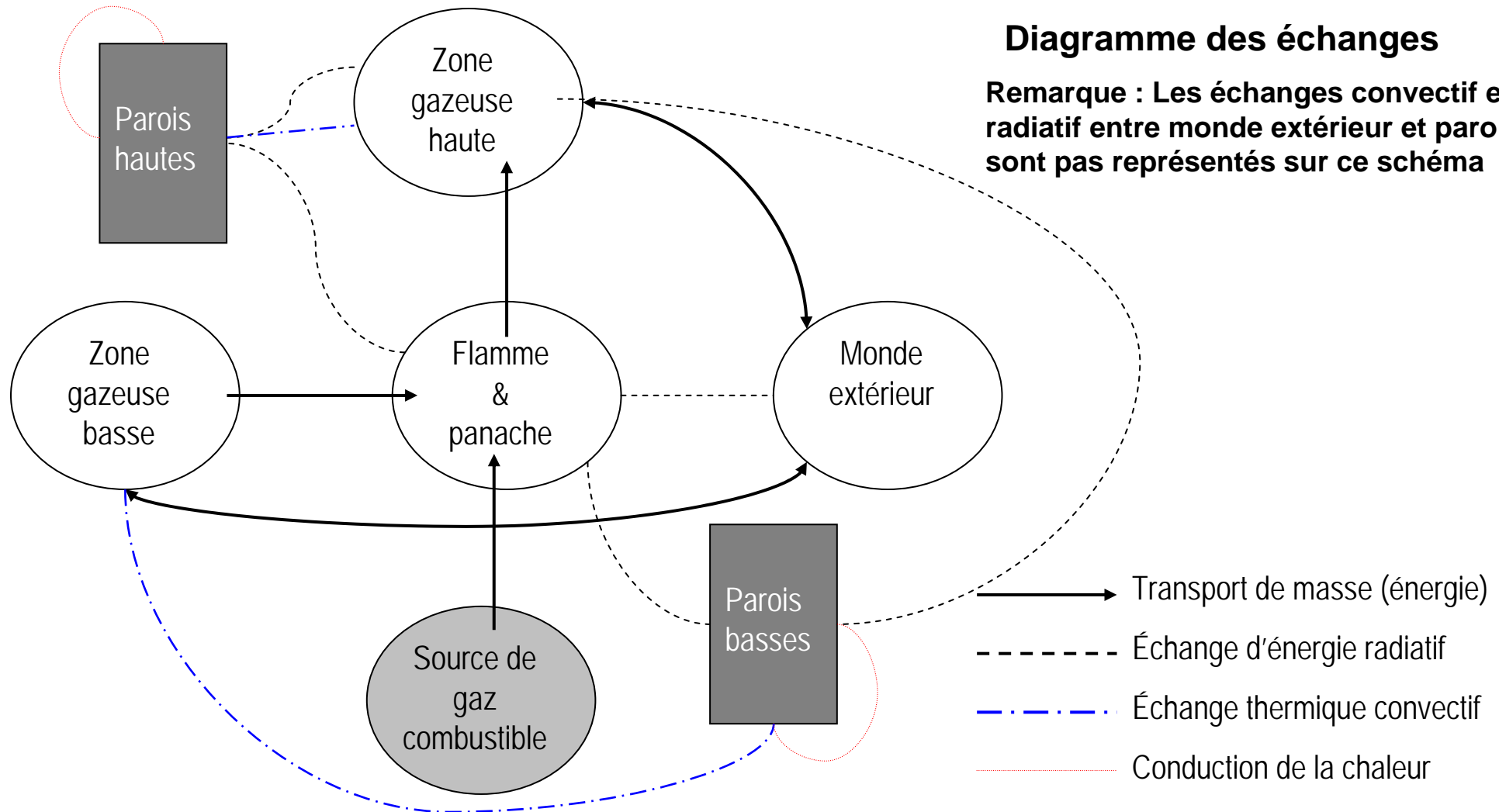
- > représenter les conséquences d'un feu dans un local unique, où la puissance du feu n'est pas assez élevée pour conduire à un brassage du milieu gazeux intérieur
 - > Sollicitations thermiques
 - > Durée de praticabilité

Hypothèse principale :

- > Les modèles à 2 zones sont basés sur une simplification tirée d'observations expérimentales qui consiste en un **découpage en deux zones gazeuses homogènes** (en température, en espèces chimiques, en densité optique, etc.) du volume d'un local lors du développement d'un feu.

Représentation des zones gazeuses et des flux massiques échangés entre zones





Bilan massique en zone basse

$\frac{dm_{ZB}}{dt}$ = somme algébrique des débits massiques aux ouvertures, exutoires, et bouches de ventilation mécanique,

- débits massiques entraînés en zb par flammes et panaches,

+ (option de calcul) somme algébrique des débits massiques convectés le long des murs, de zh vers zb ou de zb vers zh.

Bilan massique en zone haute

$\frac{dm_{ZH}}{dt}$ = somme algébrique des débits aux ouvertures, exutoires

et bouches de ventilation mécanique,

+ débits massiques fournis par flammes et panaches,

+ (éventuellement) débit de pyrolyse sans flamme depuis un matériau présent en zh,

+ (option) somm

Bilan énergétique en zone basse

$\frac{dU_{ZB}}{dt}$ = somme algébrique des flux enthalpiques aux ouvertures, exutoires, et bouches de ventilation,

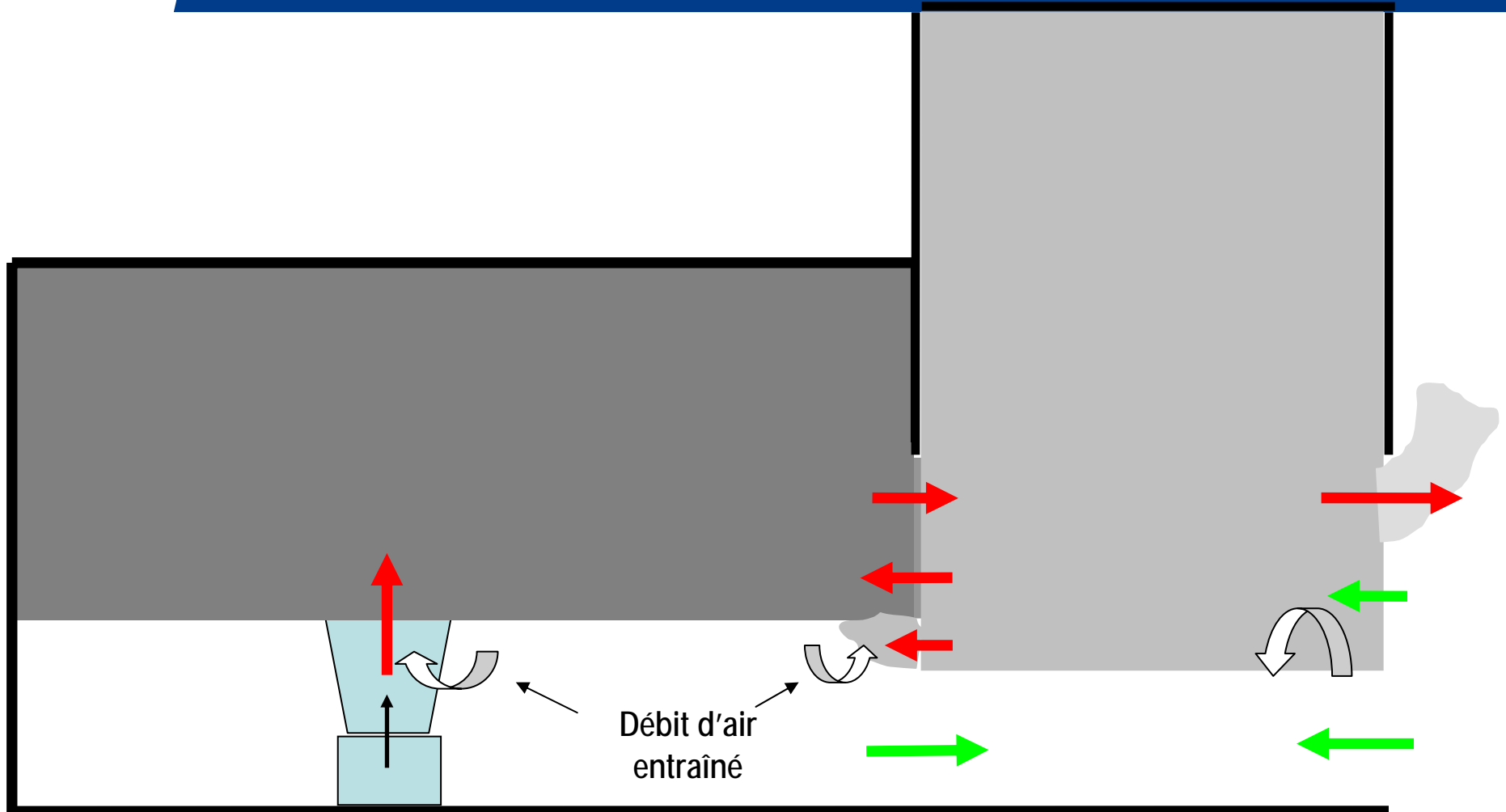
- flux d'enthalpie correspondant à l'entraînement dans flammes et panaches,
- puissance perdue par échange convectif gaz/parois,
- + terme de travail correspondant au déplacement de l'interface,
- + (option) flux d'enthalpie net correspondant au mélange entre zones par écoulement gazeux le long des murs,
- + fraction en zb du terme source initial en accord avec la température du local avant feu.

Bilan énergétique en zone haute

$\frac{dU_{ZH}}{dt}$ = somme algébrique des flux enthalpiques aux ouvertures, exutoires, et bouches de ventilation,

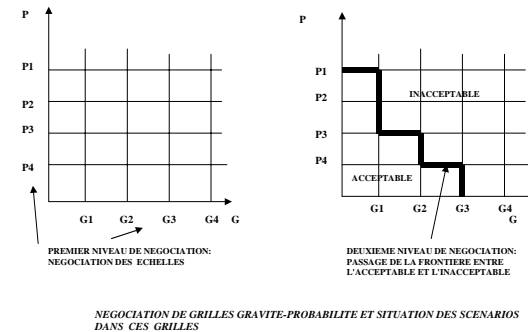
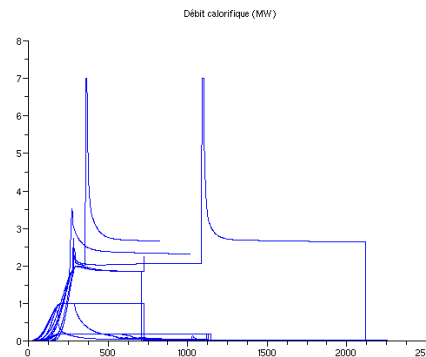
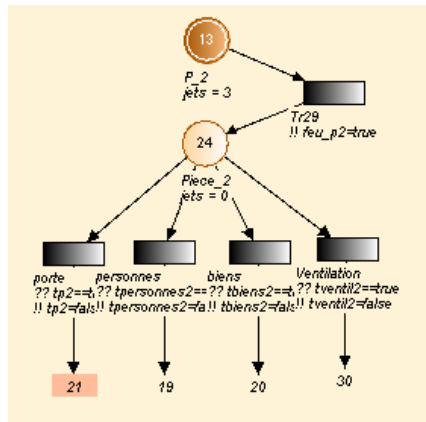
- + puissance calorifique amenée par flammes et panaches,
- + (option) terme source correspondant à la pyrolyse d'un combustible en zone haute,
- puissance perdue par échange convectif gaz/parois,
- puissance perdue nette par écha

Modèles à 2 zones multi volumes : exemple du logiciel CIFI



Objectif d'utilisation :

- > Quantifier le niveau de sécurité d'un bâtiment donné en termes de probabilités d'occurrence d'évènements non souhaités



Développement d'un outil de modélisation hybride permettant le couplage entre :

- > Les phénomènes continus (développement du feu, propagation de la fumée) modélisés à l'aide d'un modèle à 2-zones multi-volumes
- > Les phénomènes discrets (détection, alarme, ouverture de porte, bris de vitrage, comportement humain, ...) représentés à l'aide d'un formalisme de réseau de Petri
- > Les aspects probabilistes pris en compte par simulation de Monte-Carlo

Application à l'exercice proposé par le GDR

- > Intérêt :
 - > Données qualitatives sur l'essai
 - > Sensibilité des choix sur les résultats de la modélisation
- > On exploite les données fournies :
 - > Local, ouverture, parois
 - > nature et quantité des objets combustibles
 - > instant à partir duquel l'activité du feu devient significative
- > On considère un seul évènement :
 - > « Occurrence de l'embrasement généralisé »

Application à l'exercice proposé par le GDR

> On fait varier les données non définies :

> **Données relatives à la combustion**

> Chaleur de combustion = loi uniforme [15;20] MJ/kg

> Cote de la surface active en pyrolyse = loi uniforme [0.01;0.3] m

> Déclin du feu en % de la masse restant à brûler = loi uniforme [5;15] %

> **Premier foyer : lit+literie (3 m², puissance visée entre 1 et 2 MW)**

> Instant de la phase de pleine activité = loi uniforme [840;1080] s

> Coefficient de cinétique de croissance de l'activité = loi uniforme [120;240] s

> Débit surfacique de pyrolyse maximal = loi uniforme [0.0222;0.0333] kg/s/m²

> **Embrasement généralisé (7 m², puissance visée entre 3.5 et 5 MW)**

> Débit maximal de pyrolyse = loi uniforme [0.033;0.035] kg/s/m²

> Critère d'occurrence = (T_{zh} = loi uniforme [500;600]°C)

OU ((ZD < 0.5m) ET (T_{zh} = loi uniforme [325;375]°C))

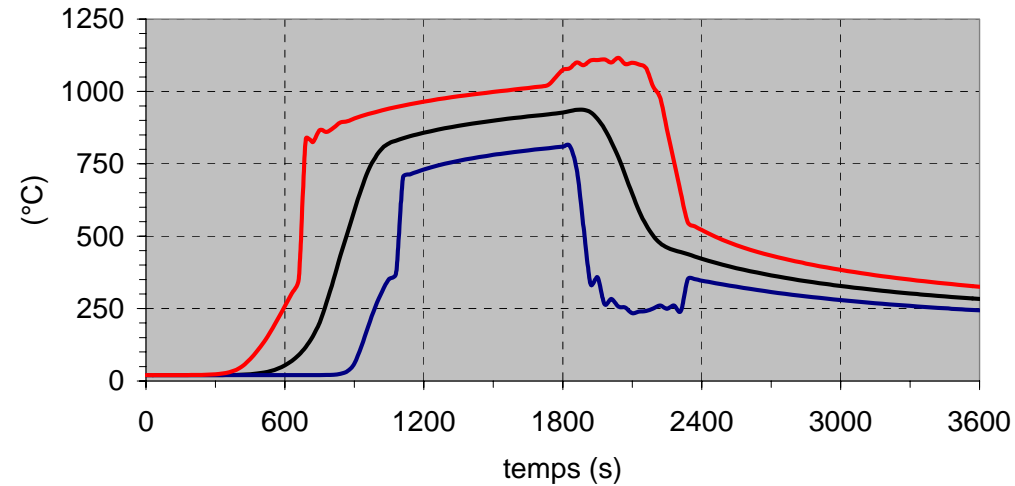
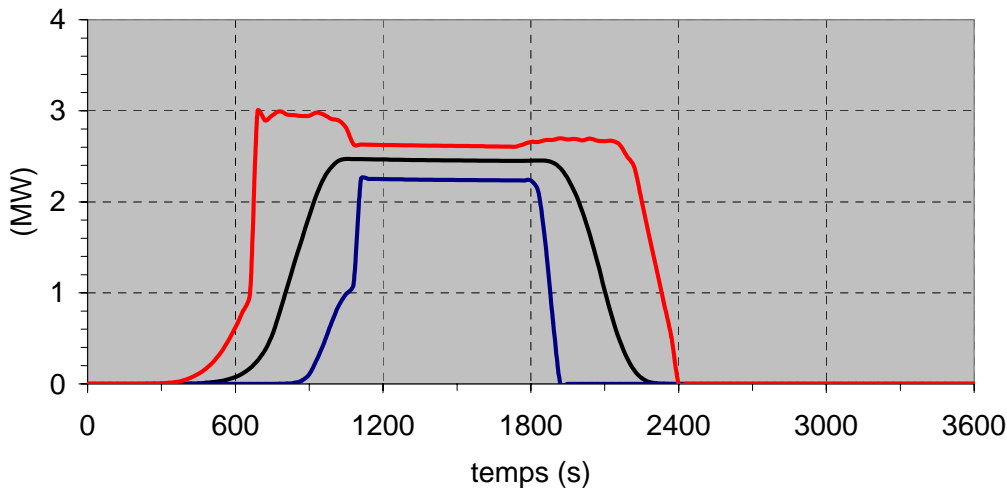
> On simule un grand nombre d'histoires de feu basées sur ce scénario

Application à l'exercice proposé par le GDR

> Résultats :

Débit calorifique à l'intérieur du local

Température de la couche chaude



— moyenne — minimum — maximum

— moyenne — minimum — maximum

Remarque : pour les différentes histoires, l'embraseement généralisé intervient entre la 11^{ème} minute et la 18^{ème} minute après l'allumage

Merci de votre attention !