

IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Le logiciel ISIS V3.0 : derniers développements et applications pour l'évaluation de sûreté nucléaire

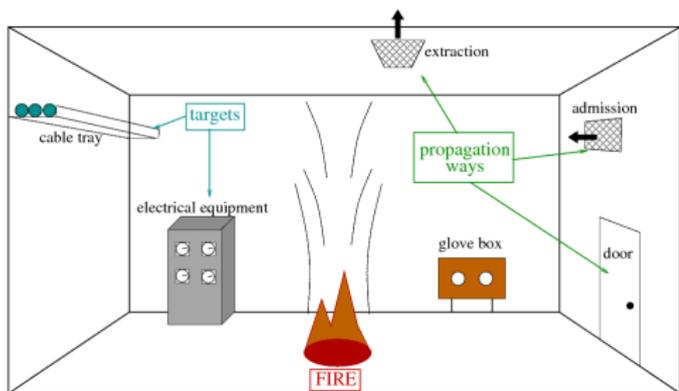
IRSN/PSN-RES/SA2I/LIE et SA2I/BE2I

GdR Feux

28/06/2012

Contexte

Incendie dans un compartiment confiné, ventilé mécaniquement



- 1 Endommagement des équipements de sûreté
- 2 Problèmes de sectorisation, et propagation de produits radioactifs
- 3 Durée du feu

Comment obtenir des simulations prédictives ?

Plan

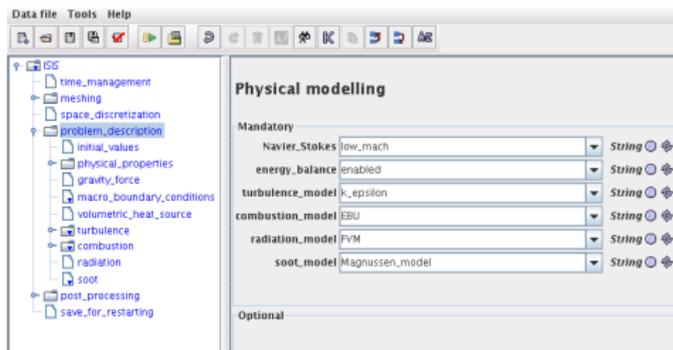
① Le logiciel ISIS

② Derniers développements

- Raffinement local
- Pyrolyse
- Calcul du débit masse de combustible en confiné

Logiciel ISIS

- logiciel libre (licence CeCILL) basé sur la librairie PELICANS en C++
- couplage avec des pré- et post-traitements (GAMBIT, GMV, Paraview, ...)
- Interface Homme-Machine (IHM)



- accessible depuis le site internet <https://gforge.irsn.fr/gf/project/isis>
- documentations associées : Physical Modeling, dossiers de vérification et de validation, Tutorial
- aide aux utilisateurs : isis@irsn.fr

Modélisation physique

Ecoulement et transport

- écoulements incompressibles ou à faible nombre de Mach
- transport de scalaires

Transferts thermiques

- équation bilan d'énergie
- conduction dans les murs
- rayonnement : P1 ou FVM
- absorption : WSGGM corrélation

Combustion

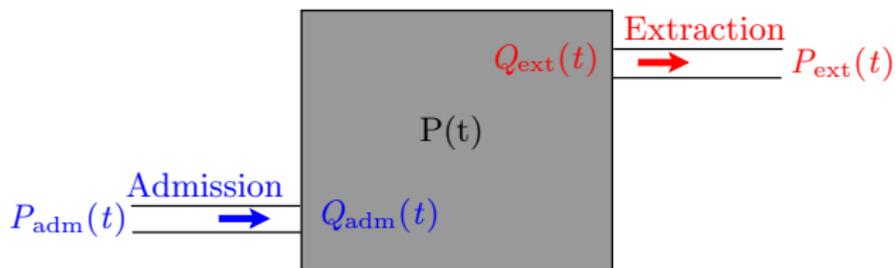
- réaction à une équation, terme source EBU
- Suies :
 - facteur de conversion de suies
 - modèle à une équation
 - modèle à deux équations

Turbulence

- $k-\varepsilon$
- $k-\varepsilon$ RNG
- prise en compte des termes de flottabilité
- lois de paroi

Ventilation

ISIS est capable de prendre en compte les effets de la ventilation sur la pression thermodynamique



- inconnus $P(t)$, Q_{adm} , Q_{ext}
- $P(t)$, Q_{adm} , Q_{ext} sont reliés par le bilan de masse dans le local et dans les branches de ventilation où une résistance aéraulique est fixée
- P_{adm} , P_{ext} donnés par l'utilisateur ou les expériences

Plan

① Le logiciel ISIS

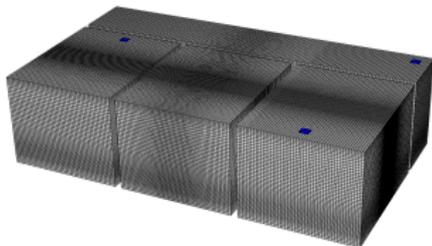
② Derniers développements

- Raffinement local
- Pyrolyse
- Calcul du débit masse de combustible en confiné

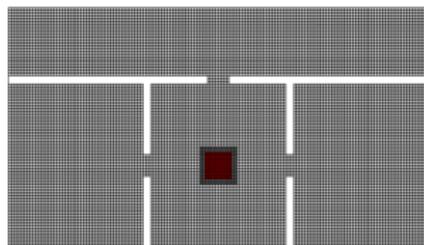
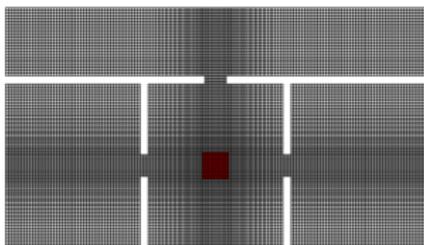
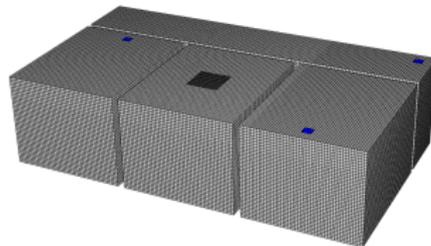
Raffinement local du maillage

- réduire le nombre de mailles pour des géométries complexes

1,000,000 mailles



560,000 mailles



- raffiner des zones d'intérêts petites par rapport à la taille du domaine :
fuites entre locaux, cibles

Pyrolyse d'un solide

Température dans le solide

$$\rho_w c_{p_w} \frac{\partial T_w}{\partial t} = \lambda_w \frac{\partial^2 T_w}{\partial x^2}$$

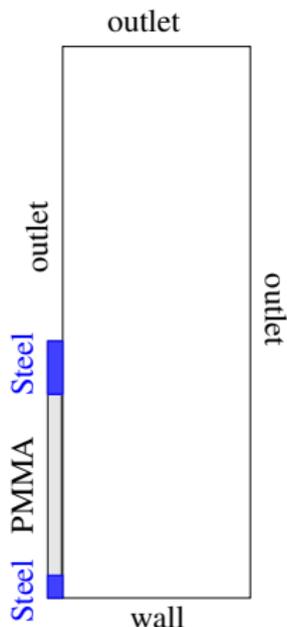
- Lorsqu'il n'y a pas pyrolyse ($T_i < T_{pyr}$) la condition limite est celle utilisée pour un mur

$$\begin{aligned} -\lambda_w \nabla T_w \cdot n &= h_c(T_f - T_i) + q_r + q_{imp} \\ \dot{m}'' &= 0 \end{aligned}$$

- Lorsqu'il y a pyrolyse (la température d'interface est égale à la température de pyrolyse)

$$\begin{aligned} T_i &= T_{pyr} \\ \dot{m}'' &= \frac{1}{L_v} \left(h_c(T_f - T_i) + q_r + q_{imp} + \lambda_w \nabla T_w \cdot n \right) \end{aligned}$$

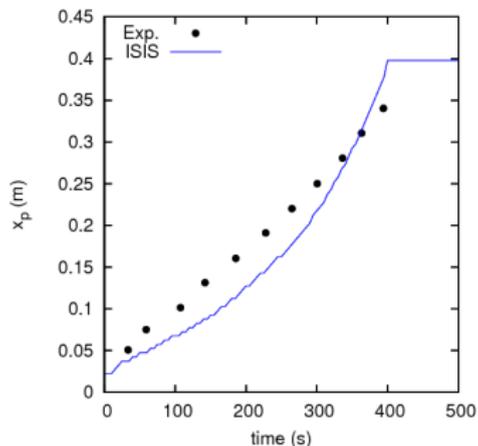
Propagation d'une flamme le long d'une plaque de PMMA



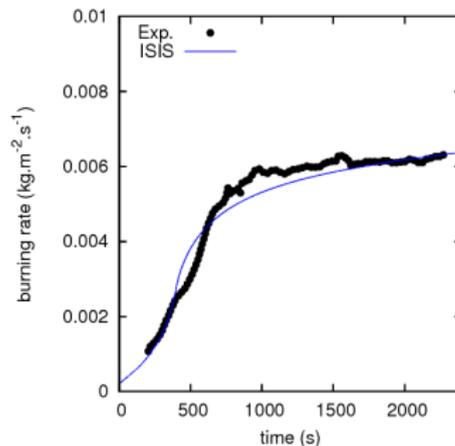
- Essais de la thèse de Y. Pizzo (2007)
- Configuration 2D

Propagation d'une flamme le long d'une plaque de PMMA

Evolution du front de pyrolyse

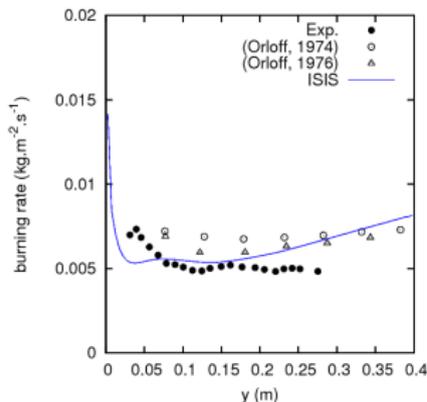


Evolution du débit de pyrolyse



Propagation d'une flamme le long d'une plaque de PMMA

Débit de pyrolyse le long de la plaque durant la phase stationnaire



Perspectives

- A partir des nouvelles mesures (Mindykowski, eurotherm 2012), validation des flux (convection, radiation, conduction)
- extension à des feux de bac en milieux oxygénés et sous-oxygénés

Calcul du débit masse de combustible en confiné

Calcul prédictif : comment fixer le débit masse de combustible à mettre en condition limite ?

$$\dot{m} = -S \rho v \cdot n$$

- \dot{m} donné explicitement (donnée expérimentale)
- corrélation de Babrauskas pour les milieux ventilés

$$\dot{m} = S \dot{m}_{\infty} (1 - \exp(-k \beta D))$$

avec \dot{m}_{∞} un débit de référence, D diamètre du foyer, $k \beta$ constante qui dépend du fuel

- corrélation de Peatross et Beyler pour les milieux sous ventilés

$$\dot{m} = \dot{m}_0 (10 X_{O_2} - 1.1)$$

avec \dot{m}_0 débit masse en milieu ventilé (par exemple celui donné par Babrauskas) et X_{O_2} moyenne de la fraction molaire d'oxygène proche du foyer