

Quels outils pour la modélisation des incendies?

Alexis Coppalle, UMR 6614 CORIA
Coppalle@coria.fr

Objectifs:

- analyse des outils CFD
- analyse des outils pour la R&D (pas pour l'ingénierie SI)

Les besoins de R&D: des outils

pour l'interprétation d'expériences
ou l'analyse de processus physico-chimiques particuliers

Plan de l'exposé

Etat de l'art

FDS: avantages/inconvénients

Notion de plateforme de modélisation

OpenFOAM et FireFOAM

Un constat : trois types de codes 'Incendie' existent actuellement.

1- type '**home made**': fait par le chercheur lui même, comportant souvent des méthodes numériques performantes et sophistiquées par contre ils sont peu diffusés et souvent peu conviviaux.

2- Les **plateformes de modélisation**. Développés dans la logique des logiciels libres et gratuits. souvent sous Linux la plus célèbre est actuellement openFOAM. (<http://foamcfd.org/>)
boite à outils proposant un certain nombre de solveurs et modèles

3- Les **codes plus industriels**. (moins boites à outil que openFOAM)
====>le plus célèbre FDS
avantage: très rapide, convivial, très bon post-processeur graphique

ISIS, développé à l'IRSN, (libre et gratuit) et

Saturn, développé à EdF (libre et gratuit) entre les catégories 2 et 3.

Quels outils pour la modélisation des incendies? GdR Incendie, EdF Janvier 2010

Un outil adapté pour prédire l'inflammation des matériaux, la puissance et la croissance d'un feu, la lutte contre l'incendie ...?

====>Il doit comporter des modèles sur

- Buoyant flow
- Turbulence
- Diffusion flame
- Soot formation
- Radiation
- Solid fuels pyrolysis
- Wall flow
- Sprinkler spray formation
- Spray transport
- Water transport on solid surfaces
- Wet fuel pyrolysis
- Water impingement/movement suppression
- Gas phase flame suppression

Un point important qu'il ne faut pas oublier: *le nombre d'utilisateurs*

- il conditionne la survie d'un code et son développement

Inconvénient des codes 'home made' : un nombre très limité (souvent un) de person
- l'évolution des machines (en particulier celles à architecture parallèle) montre que pour obtenir un code performant, il faut qu'il puisse être développé et maintenu par un groupe d'utilisateurs, chacun apportant sa contribution dans un domaine particulier (physique, méthodes numériques, optimisation ...).

Un point important qu'il ne faut pas oublier: *le nombre d'utilisateurs*

====> Le défaut des codes 'home made' :

un nombre très limité (souvent un) de personne.

A l'inverse: **le code FDS a joué un rôle fédérateur,**

- Malgré ce succès indiscutable, il semblerait (Arnaud Trouvé) qu'une certaine partie de la communauté incendie aux Etats Unis souhaiterait se tourner vers d'autres outils tels qu' OpenFoam.

(Il serait intéressant d'avoir plus d'informations concernant les motivations qui ont conduit à ce changement de stratégie)

- Pourquoi certains considèrent que de continuer à travailler ou faire évoluer FDS conduit à une impasse ?

Une question:

- Pourquoi dans son état actuel, FDS n'est plus jugé comme un outil pouvant continuer à *évoluer* pour représenter avec plus de fidélité la physique des feux ?

Éléments de réponse:

- Mode d'évolution de FDS (peut être trop centralisé ?)
- Adaptation plus ou moins bonne de FDS aux nouvelles plate-formes de calcul massivement parallèle (?)
- Difficulté par manque de convivialité de faire évoluer en profondeur les modèles physiques dans FDS (?)

Autres questions:

- Quels sont les éléments scientifiques, les caractéristiques techniques de FDS qui ne permettent plus d'envisager cet outil comme l'outil de référence de la communauté R&D incendie?
 - Quels sont les avantages supposés des autres outils
— (comme OpenFoam, ISIS, Saturn)?
-

question:

-Quels sont les éléments scientifiques, les caractéristiques techniques de FDS qui ne permettent plus d'envisager cet outil comme l'outil de référence de la communauté R&D incendie?

une réponse: le bilan de l'énergie

« *The energy equation (3.3) is never explicitly solved, but its source terms are included in the expression for the flow divergence Divergence Constraint* »

$$\nabla \cdot \mathbf{u} = \frac{1}{\rho c_p T} (\dot{q}''' - \nabla \cdot \mathbf{q}) + \left(\frac{1}{\rho c_p T} - \frac{1}{p_0} \right) \frac{dp_0}{dt}$$

une autre réponse: le traitement de la pression

« Thus the background pressure P_0 is assumed constant $T=T(\rho,P)$ »

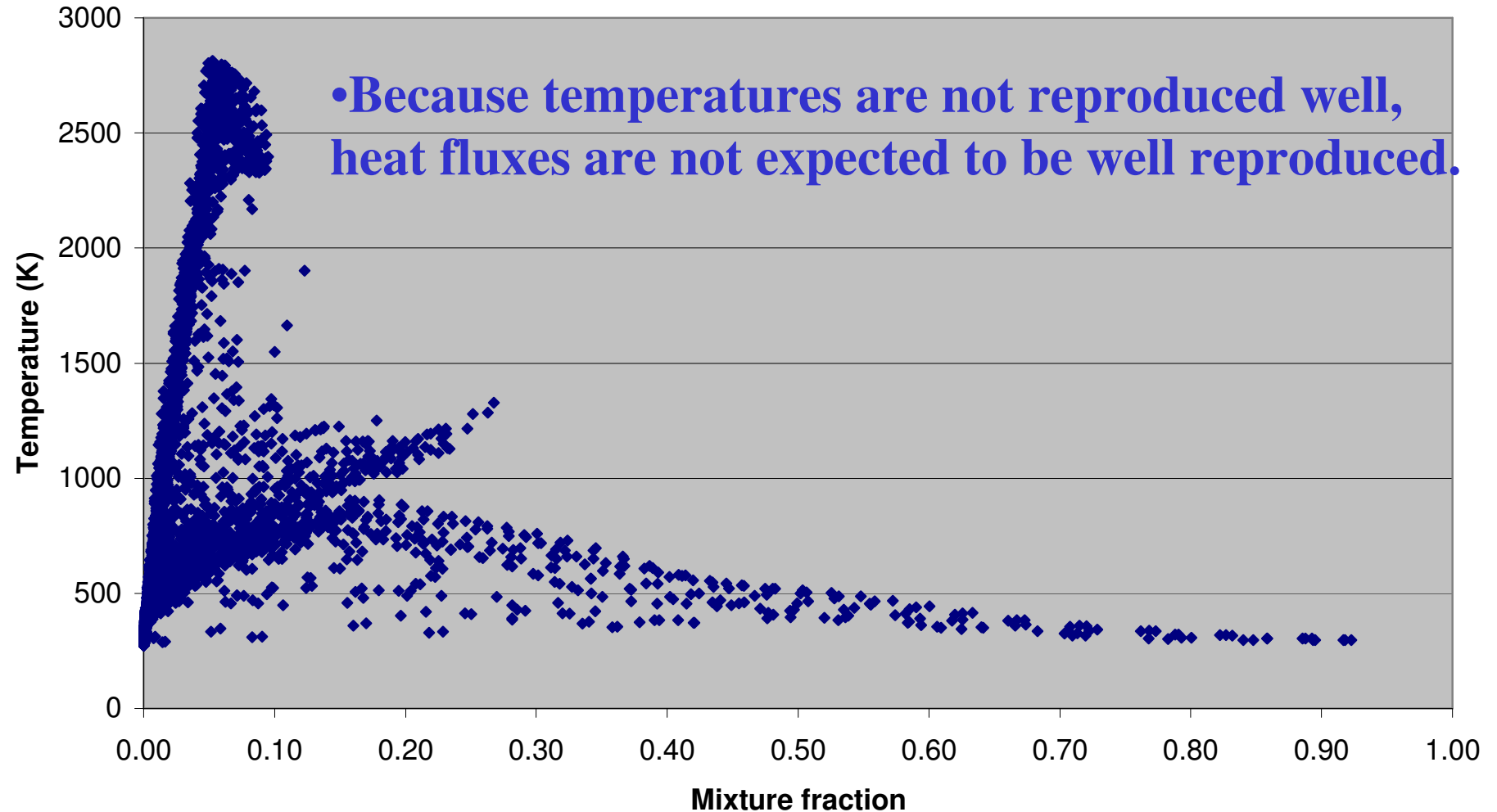
A propos du bilan d'énergie dans FDS

(M. Delichatsios (FireSERT, Ulster): Santander, 16 October 2009)

- Simulations with different versions of FDS (4.07, 5.1, and 5.2) were performed to check the energy balance in FDS as the energy equation is not solved explicitly; rather the source terms of the energy equation are incorporated in the velocity divergence.
- Calculated temperatures as a function of mixture fraction with FDS4, FDS5.1, and FDS5.2 for combustion with no radiation losses are presented next.

-In this case, *the temperature should be a unique function* of mixture fraction in any location.

FDS5.2



From M. Delichatsios (FireSERT, Ulster): Santander, October 2009

La plate-forme de modélisation: OpenFOAM

- **OpenFOAM** :
 - pour la CFD
 - les avantages d'un code moderne (maillage structure/non-structuré; modélisation avancée de la turbulence; code compressible ou incompressible; etc).
- **Fire Foam** : application aux incendie développé (par FmGlobal) à partir de la **plateforme OpenFOAM**

OpenFOAM today: a toolbox, not a black box

- Software for **computational fluid dynamics (CFD)** (and other continuum mechanics)...
- ... designed as a **programmable toolbox**, supplied with source code and compilers...
- ... for simulation of **real, 3-dimensional** problems in science/engineering
- **Freely available** and **open source**, licensed under the GNU General Public Licence
- Developed, released and supported by **OpenCFD Ltd**
- Large, worldwide user base, 2000 downloads per month

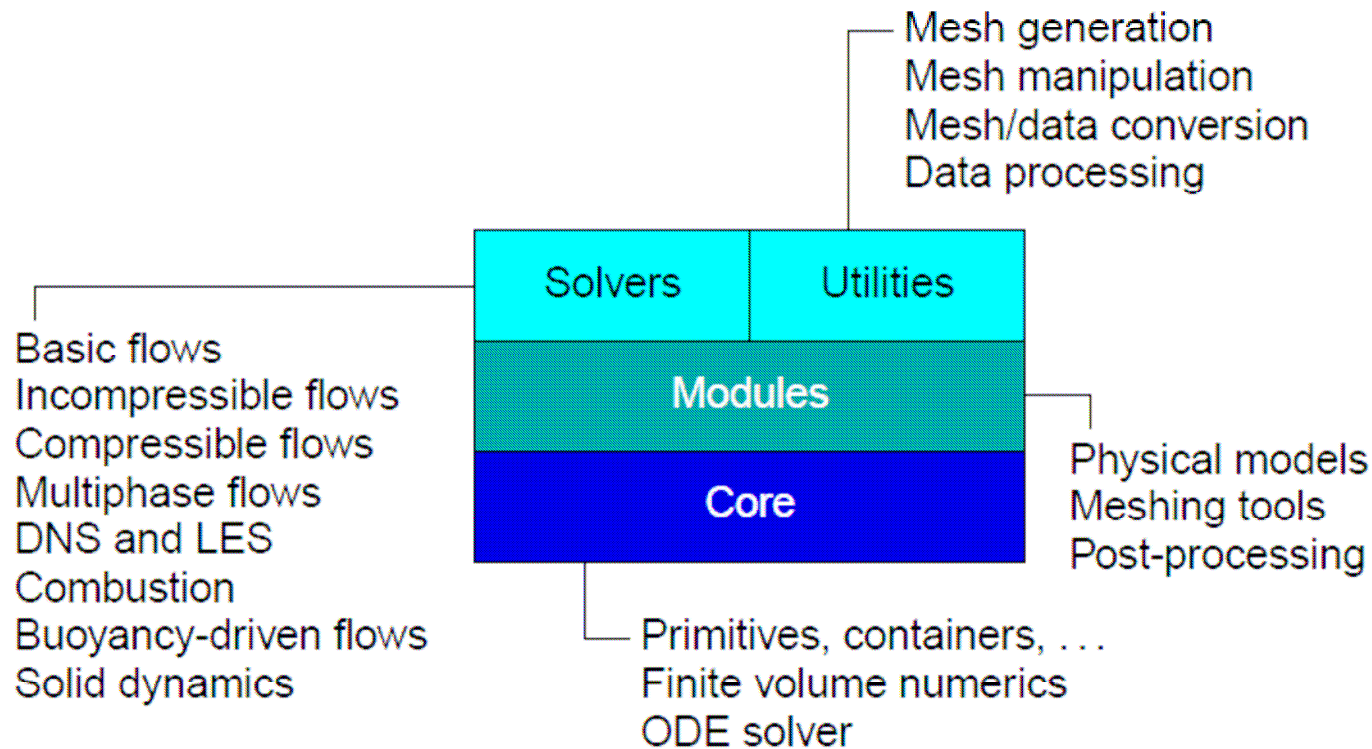
<http://foamcfd.org/>

<http://www.cfd-online.com/Forums/openfoam/>

http://openfoamwiki.net/index.php/Main_Page

<http://www.opencfd.co.uk/openfoam/>

OpenFOAM structure



OpenFOAM---> FireFOAM

Computer platform

- FM Global has selected OpenFOAM, the Open Source CFD Toolbox, as the computer platform for its current fire and explosion modeling efforts
 - GNU General Public License (GPL) open source code
 - multi-physics modeling approaches
 - advanced meshing techniques
 - parallel computing
 - object-oriented code structure
- Other modern open source codes available in the fire research community are recognized
- The development based on a variety of modern modeling approaches may be mutually beneficial

<http://sites.google.com/site/firemodelingworkshop/04-program>

Etat actuel du développement de FireFoam

FM-Global : développement de programmes de recherches expérimentales et numériques

Nos préoccupations scientifiques réclament de traiter par simulation numérique, des écoulements instationnaires, ‘Low Mach Number’, turbulents reactifs et radiatifs dans une géométrie complexe

Fire Dynamic

- Buoyant flow
- Turbulence
- Diffusion flame
- Soot formation
- Radiation
- Solid fuels pyrolysis
- Wall flow

Water based fire suppression

- Sprinkler spray formation
- Spray transport
- Water transport on solid surfaces
- Wet fuel pyrolysis
- Water impingement/movement suppression
- Gas phase flame suppression

Conclusions

Par rapport à FDS, FireFOAM est plus ouvert, plus orienté recherche universitaire, et pouvant évoluer plus facilement.

Mes arguments sont :

- FDS a de sérieuses faiblesses :
 - le maillage, pas d'équation de l'énergie,
 - lois de parois obscures...

Conclusions

Par rapport à FDS, FireFOAM est plus ouvert, plus orienté recherche universitaire, et pouvant évoluer plus facilement.

Mes arguments sont :

- logiciels libres (logique des licences GNU)
- Il est écrit (en C++) par module ce qui facilite son développement
- FireFOAM commence à avoir un certain succès au US
(voir le site (<http://sites.google.com/site/firemodelingworkshop>))
- développements en cours sur FireFOAM, pour améliorer la combustion, le rayonnement, les suies, etc.
- Il est très utilisé pour la mécaflux et la combustion, ce qui facilite les développements nécessaires à la modélisation incendie.

nous sommes une communauté 'Incendie' assez réduite.

Il est difficile d'imaginer une multiplicité des outils de calcul.

Il pourrait être intéressant de se regrouper sur cet outil