

La simulation numérique des explosions

Conclusions

Laura Gastaldo (IRSN)

Guillaume Lecocq, Emmanuel Leprette (INERIS)





Rappel des objectifs du GT

- Objectifs du Groupe de Travail Explosion:
 - Réaliser un premier positionnement des approches CFD par rapport aux outils simples
 - Analyse des points forts et faiblesses des modèles disponibles pour prédire des dynamiques de flamme et des champs de pression
 - Proposer des axes de R&D permettant d'améliorer les outils
 - Méthodologie
 - Différentes situations d'intérêt identifiées (flammas accélérées par des obstacles, interaction onde/structure, atmosphère initiale non homogène, ...)
 - Etude de situations d'intérêt avec des approches CFD et phénoménologique (quand cela est possible)
 - Pour chaque situation d'intérêt:
 - Plusieurs cas simulés avec différents logiciels, différents modèles, ...
 - Comparaison résultats numériques/ mesures expérimentales
 - Rédaction de rapports (et d'une note de synthèse pour tous les cas)
-



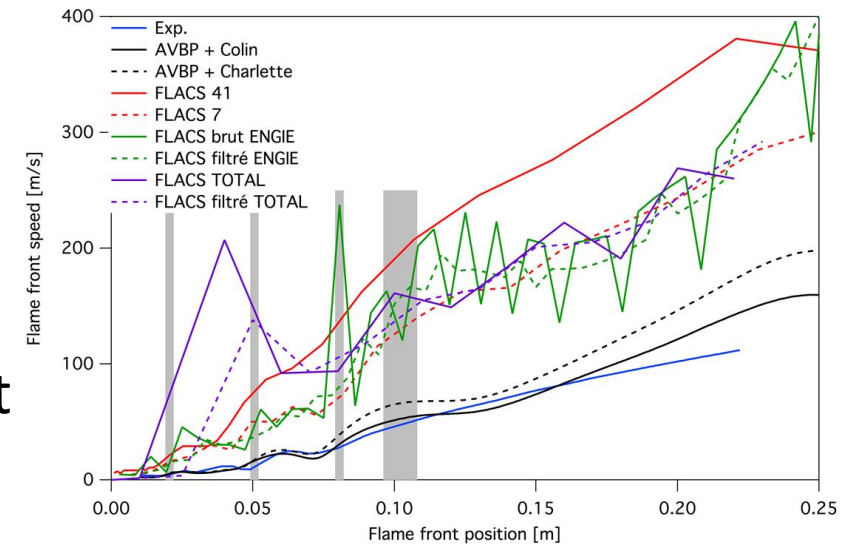
Outil phénoménologique vs CFD

- Avantages:
 - Rapidité de calcul (résultat immédiat)
 - Résultats relativement précis (ordre de grandeur)
- Inconvénients:
 - Ne s'applique pas à tous les cas d'intérêt (atmosphère initiale non homogène, turbulence initiale, réflexion d'ondes en milieu complexe ...)
 - Difficulté à estimer certains paramètres (indice de sévérité,...)

→ Outil phénoménologique = outil complémentaire à l'approche CFD

CFD vs outil phénoménologique

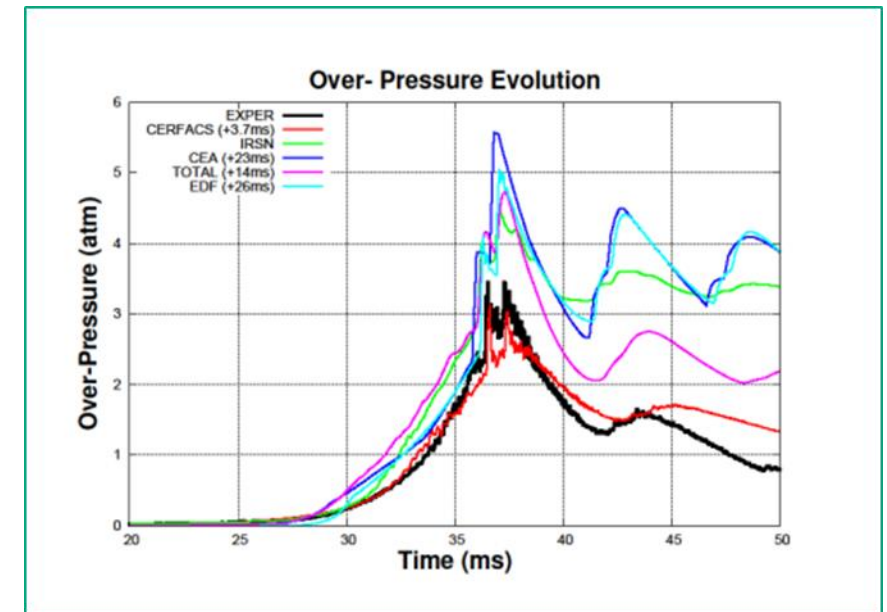
- Avantages:
 - Potentiel pour accéder à un résultat précis
 - S'applique à tous les cas d'intérêt
- Inconvénients:
 - Calcul plus ou moins rapide (plusieurs heures ou jours voire plus selon le nombre de processeurs et le cas simulé)
 - Dispersion des résultats selon la modélisation choisie



Cas n°6 – GexCon

CFD : enseignements tirés du GT 1/3

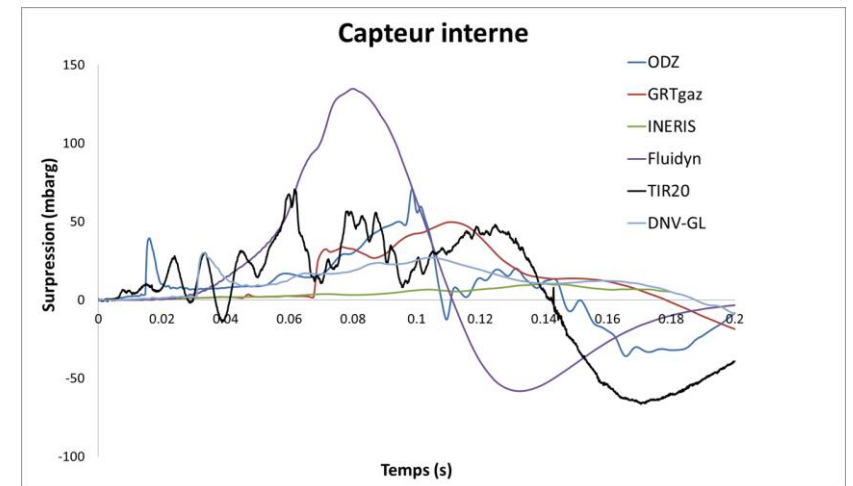
- Simulation d'une déflagration:
 - Modélisation RANS + modèle de « vitesse de flamme » semble donner de bons résultats pour les cas étudiés lors de ce GT
 - Approche LES + modèle de flamme épaissie: meilleure précision mais temps de calcul plus élevé (reste prohibitif pour des cas à grande échelle)



Cas n°7 – Cicarelli et al.

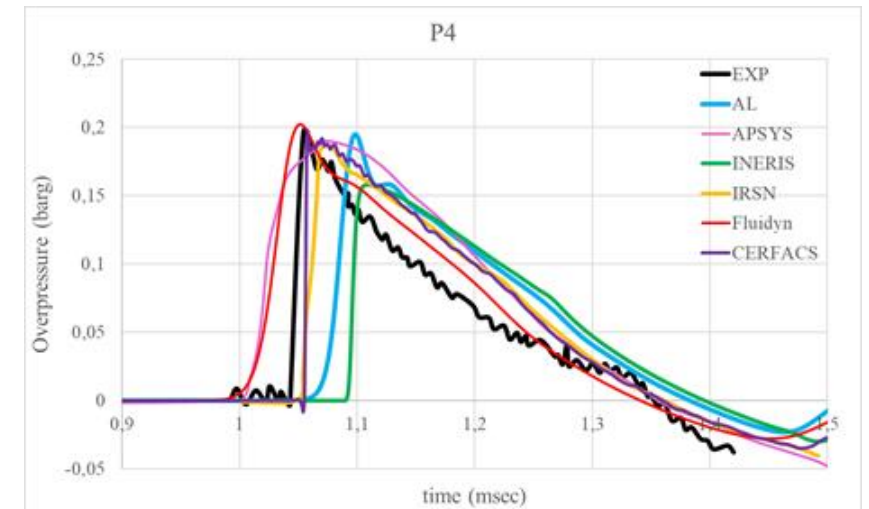
CFD : enseignements tirés du GT 2/3

- Accélération de flamme - Description des obstacles:
 - Géométrique ou via une approche PDR (pour Porosity/Distributed Resistance)?
 - Résultats équivalents pour les cas étudiés lors de ce GT
 - Travail complémentaire nécessaire



Cas n°3 – DRA72

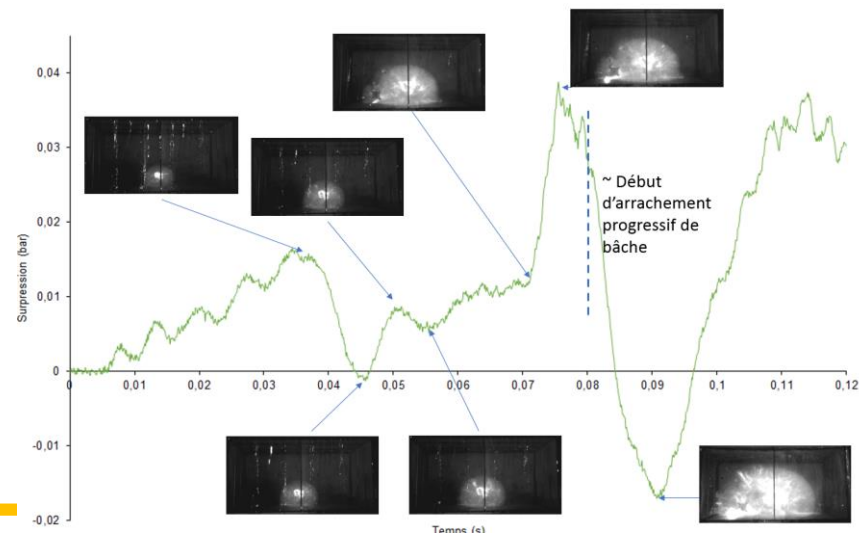
- Propagation ondes de chocs – Interaction choc/structure
 - Modélisation: équations d'Euler + méthode « vessel burst » semble donner de bons résultats pour le cas étudié
 - Travail complémentaire nécessaire (modélisation source de pression, maillage suffisamment fin, ...)



Cas n°8 – BARPPRO

Problématiques mises en avant 1/2

- Certains cas pouvaient mettre en avant un effet plus ou moins important du montage expérimental. Par ex. :
 - Cas DIMITRHY : effet de la falaise entourant le lieu d'explosion externe ?
 - cas DRA-72 : flamme lente et fort effet de bâche sur le signal de surpression interne



Problématiques mises en avant 1/2

- Certains cas pouvaient mettre en avant un effet plus ou moins important du montage expérimental. Par ex. :
 - Cas DIMITRHY : effet de la falaise entourant le lieu d'explosion externe ?
 - cas DRA-72 : flamme lente et fort effet de bâche sur le signal de surpression interne
- Certaines expériences ne présentent pas ou peu de tirs de reproductivité (cas BARPPRO par exemple).

=> Besoin d'expériences spécialement conçues pour un exercice de modélisation et spécifiquement instrumentées : mesures de pression, visualisations rapides et autres diagnostics, tirs répétés ...

Problématiques mises en avant 2/2

- Quel serait un critère d'acceptabilité d'un résultat ?
 - Quelle est la grandeur à retrouver ? Vitesse de flamme, signal de pression, pic de pression ?
 - Le champ de surpression doit-il toujours majorer le champ de surpression réel ? Le résultat de calcul est-il acceptable s'il est dans une gamme +/- N % par rapport à la réalité ?
 - Que penser de la dispersion des résultats des calculs ? Comment améliorer le niveau de confiance dans les résultats ?
-

Questionnements résiduels et limites du travail mené

1/3

- Un seul cas à échelle industrielle a été traité par le groupe de travail (cas EXJET2) :
 - Peu de publications disponibles pour des expériences d'une telle échelle,
 - Si une publication existe, de manière générale, les mesures sont limitées ou la description du montage est insuffisante pour pouvoir préparer un calcul.
 - Par ailleurs, certaines stratégies de modélisation adoptées dans le cadre du Groupe de Travail seront probablement à adapter dans des domaines de calcul plus grands.
-

Questionnements résiduels et limites du travail mené

2/3

- L'utilisation de la modélisation CFD de manière prédictive est peu mise en avant dans le cadre du Groupe de Travail :
 - Seuls les cas EXJET3 et DRA72 ont été traités sans connaître à l'avance les résultats
 - Il est difficile de mener l'exercice du calcul en aveugle car il faut qu'une entité veuille bien partager à un Groupe de Travail les mesures d'une expérience non publiée. Non publication car :
 - L'expérience présente des biais,
 - L'expérience est d'une valeur « stratégique »
 - L'expérience est protégée par des accords de confidentialité car financée par projet partenarial
 - ...
-

Questionnements résiduels et limites du travail mené

3/3

- Toutes les hypothèses de modélisation n'ont pas été figées. Ex :
 - Pression, température et mélange dans l'hémisphère rendant compte de la détonation en bulle (cas BARPPRO)
 - Pseudo-source pour les simulations de jet (cas EXJET2, non montré).
 - Initiation de la source d'inflammation (cas EXJET3)
 - ...
 - Cette démarche a contribué à inclure l'expertise de l'utilisateur dans sa modélisation
 - Identification comme « limite » du travail mené car :
 - Promeut la dispersion des résultats.
 - Ne permet pas d'étudier la sensibilité des autres paramètres des modélisation.
-



Perspectives

1/2

- Finalisation d'une note de synthèse des travaux menés par le Groupe de Travail
 - Vers un guide de Bonnes Pratiques pour la modélisation CFD des explosions. Celui-ci contribuera à donner une meilleure confiance dans ce type de modélisation.
-

- Collaborations autour de projets de recherche sur des applications spécifiques de la modélisation numérique non traitées dans le cadre du GT
 - Mesures de mitigation (ex: rideaux d'eau)
 - Explosions de mélange H₂/air :
 - Mélanges H₂/air/H₂O
 - Mélanges froids
 - Mélanges non homogènes en concentration
 - Effet des distances de séparation entre modules ou entre obstacles sur la violence de l'explosion
 - ...
-