Étude expérimentale des phénomènes thermiques d'incendies confinés dans un dispositif reproduisant un caisson d'entrainement des sapeurs-pompiers

Directeur de thèse : Olivier VAUQUELIN — Encadrants à l'ENSOSP : Wilfried STEPIC

Co-directeur de thèse : Kevin VARRALL — Anaïs GAUTIER

Oualid IKHOU

35èmes journées du Groupe du RésoFeux 10 et 11 juillet 2025

IUSTI — Aix Marseille Université — ENSOSP Ecole Nationale Supérieure des Officiers de Sapeurs-Pompiers — CERISC Centre d'Etudes et de Recherches Interdisciplinaires sur la Sécurité Civile de l'ENSOSP

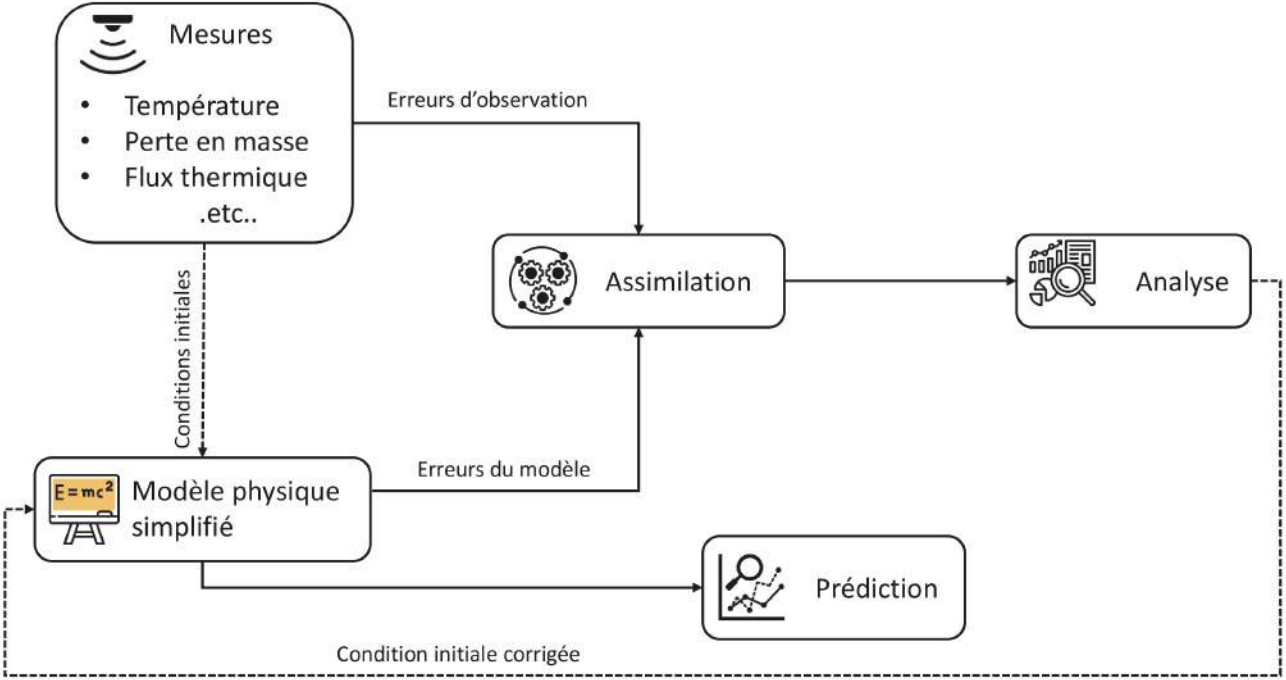
Introduction

Contexte & objectifs

Développer des outils de prise de décision en temps réel basés sur l'analyse physique du feu en cours dans le caisson d'entrainement.

- ❑ Trouver **une instrumentation nécessaire** pour collecter les données les plus importantes.
- ❑ Étudier **la mesure la plus adaptée** qui permettrait une prédiction optimale des phénomènes thermiques.
- ❑ Utiliser des **méthodes d'optimisation et d'assimilation de données** pour prédire et évaluer la dynamique du feu avec précision.

Les assimilations de données



Cas d'étude Assimilations de Données

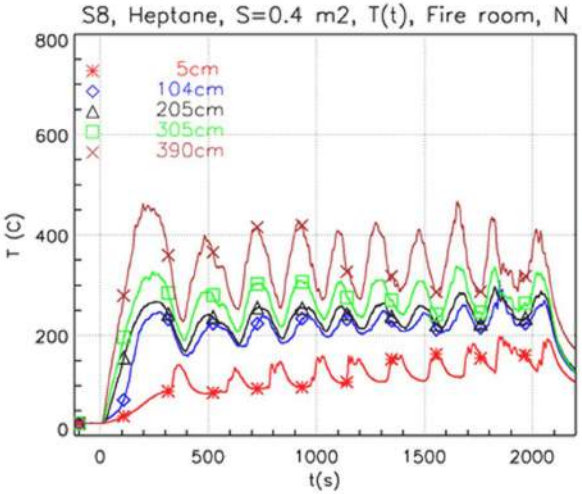
Étude de référence

Feu de bac d'heptane de 0,4 m² dans un volume ventilé mécaniquement de 120 m³ avec des murs en béton.

Résultats principaux :

- Oscillations du taux de perte de masse (MLR) dues aux cycles d'oxygénation.
- Période d'oscillation constante d'environ 200 secondes.
- Pics d'oscillation de température :
  - 100 % près du plafond.
  - 17 % près du sol.
  - 50 % au milieu de la pièce.

Difficulté à prédire ces oscillations même en utilisant les logiciels de simulation numérique (CFD)

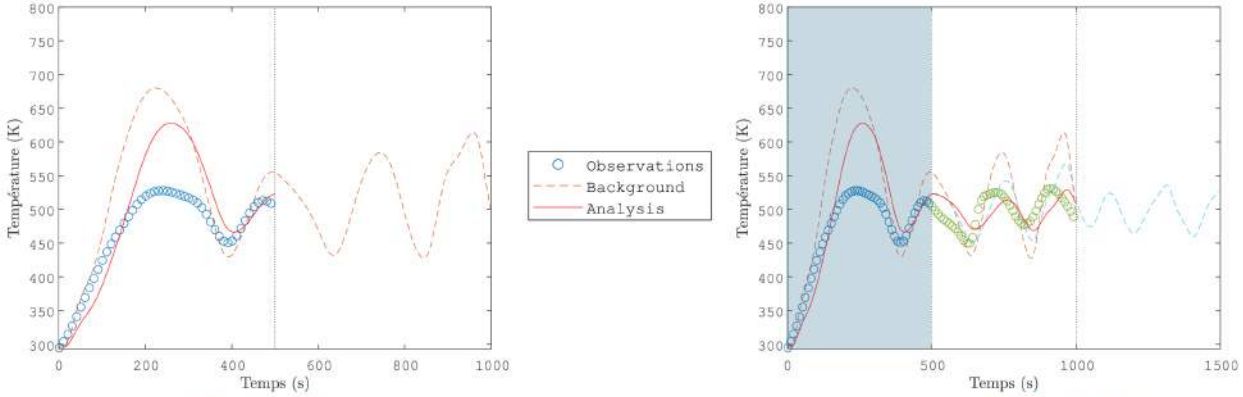


Variation temporelle de la température des gaz le long de l'arbre a thermocouple dans le coin nord-est de la pièce [1].

[1] *H. Pretrel, S. Suard, and L. Audouin. "Experimental and numerical study of low frequency oscillatory behaviour of a large-scale hydrocarbon pool fire in a mechanically ventilated compartment". In: Fire safety journal 83 (2016), pp. 38–53.*

Cas d'étude Assimilations de Données

Résultats



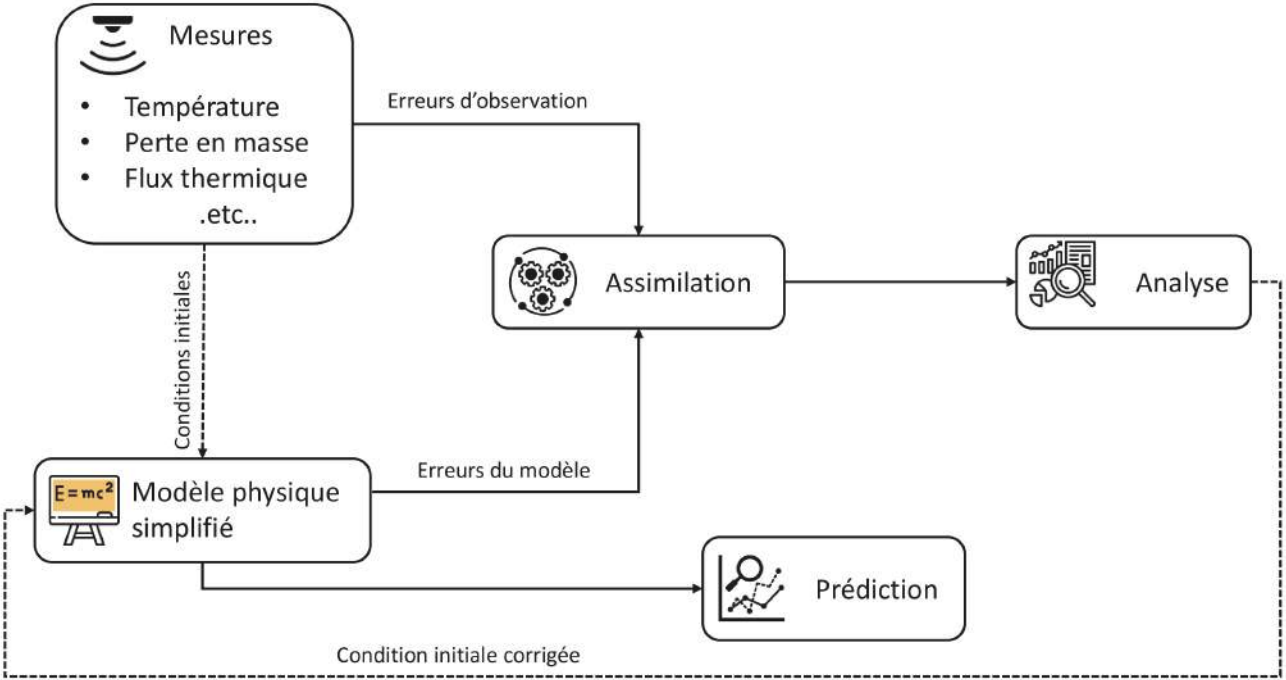
1ère assimilation

2ème assimilation

Variation de la température prédite par le modèle

- Taille de la fenêtre d'assimilation : 500 secondes.
- Temps de prédiction : 500 secondes.
- Temps de calcul : environ 56 secondes.
- Fréquence d'observation : 0.1 Hz.

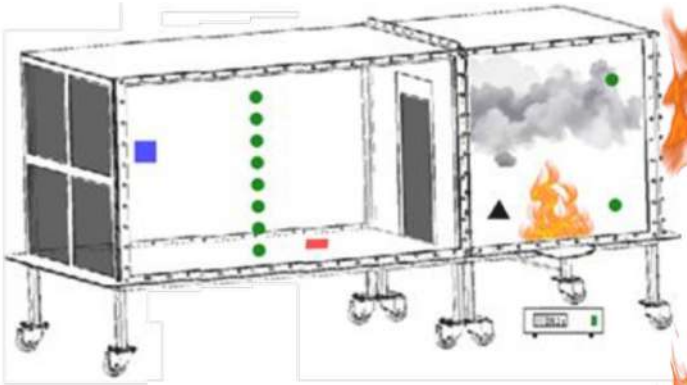
Les assimilations de données



Dispositif expérimental

La maquette à petite échelle

- Dimensions :
  - Chambre de feu : $1 \times 1 \times 1\ m$
  - Couloir de propagation : $2 \times 1 \times 1\ m$
- Échelle : 1/3 du caisson d'entraînement réel.
- Structure en acier : résistance mécanique et thermique.
- Isolation thermique : plaques en silicate de calcium haute performance.
- Chargement : bois et combustible liquide : hydrocarbure (essence) et éthanol
- Instrumentation : thermocouples, balances, caméras thermiques, sonde de pression et analyseur de gaz.



Thermocouples
Sonde de McCaffrey
Analyseur de gazes
Fluxmètre
Balance précision

Exemple essai

Résultats

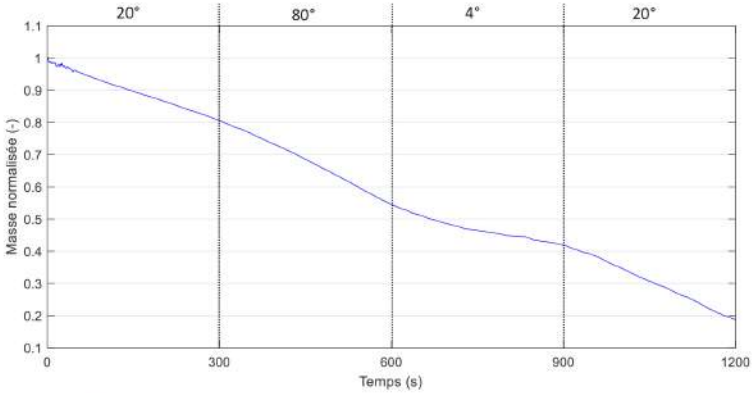
- Les MLR moyens :

  20° (0 à 300 s) = 0.25 g/S

  80° (300 à 600 s) = 0.35 g/s

  4° (600 à 900 s) = 0.17 g/s

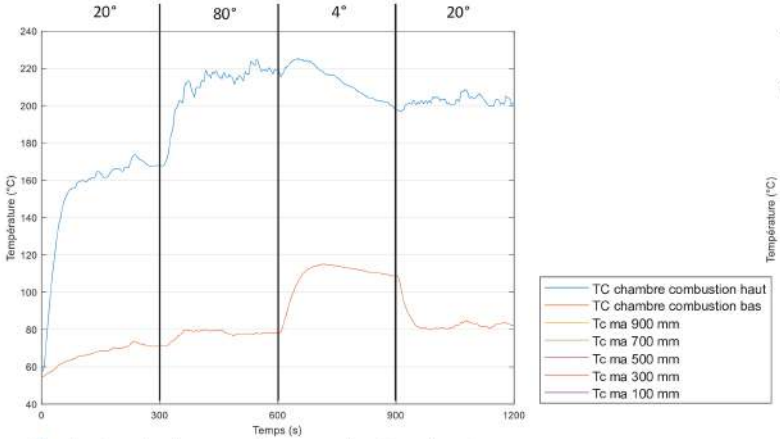
  20 ° (900 à 1200 s) = 0.31 g/s



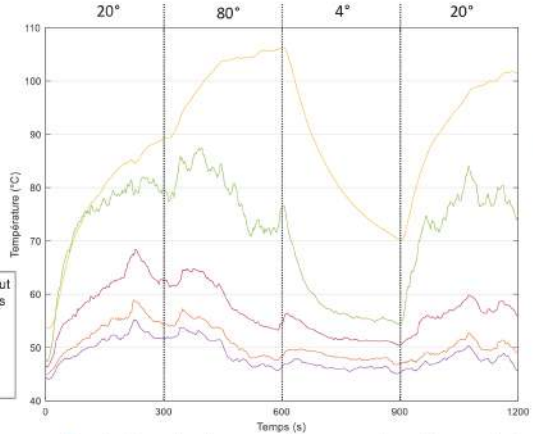
Évolution de la masse normalisée et de la perte en masse (MLR) en fonction du temps

Exemple essai

Résultats



Évolution de la température des fumées dans la chambre de combustion



Évolution de la température dans le couloir

Conclusions

- **Mise en place d'une instrumentation** pour la mesure de phénomènes multiphysiques (température, pression, perte de masse).
- **Premiers résultats expérimentaux encourageants** (re-inflammation, stratification…).

Perspectives

- **Développement d'un modèle numérique simplifié appliqué à la maquette.**
- **Exploration de nouveaux scénarios :** variations de ventilation, nature des combustibles, charge combustible.
- **Intégration d'un système d'assimilation de données en temps réel.**

Merci de votre attention