
Etude expérimentale de caractérisation de la couche limite réactive établie sur une paroi verticale combustible

7 Juin 2019

Tarik BEN HASSI

Directeur de Thèse : Thomas ROGAUME

Co-Directeurs : Franck RICHARD & Jocelyn LUCHE

Plan

1 **Contexte et Enjeux**

2 **Etat de l'art**

3 **Banc expérimental**

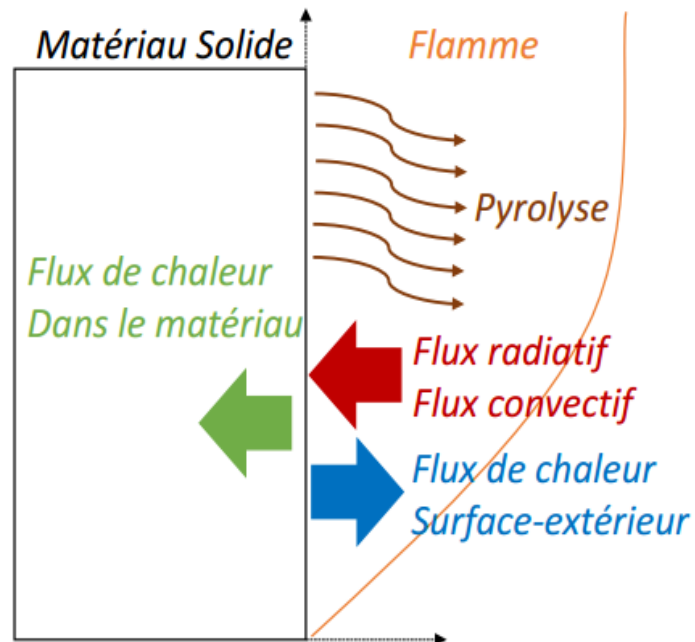
4 **Résultats**

5 **Conclusion et Perspectives**

I. Contexte et Enjeux

Problématiques :

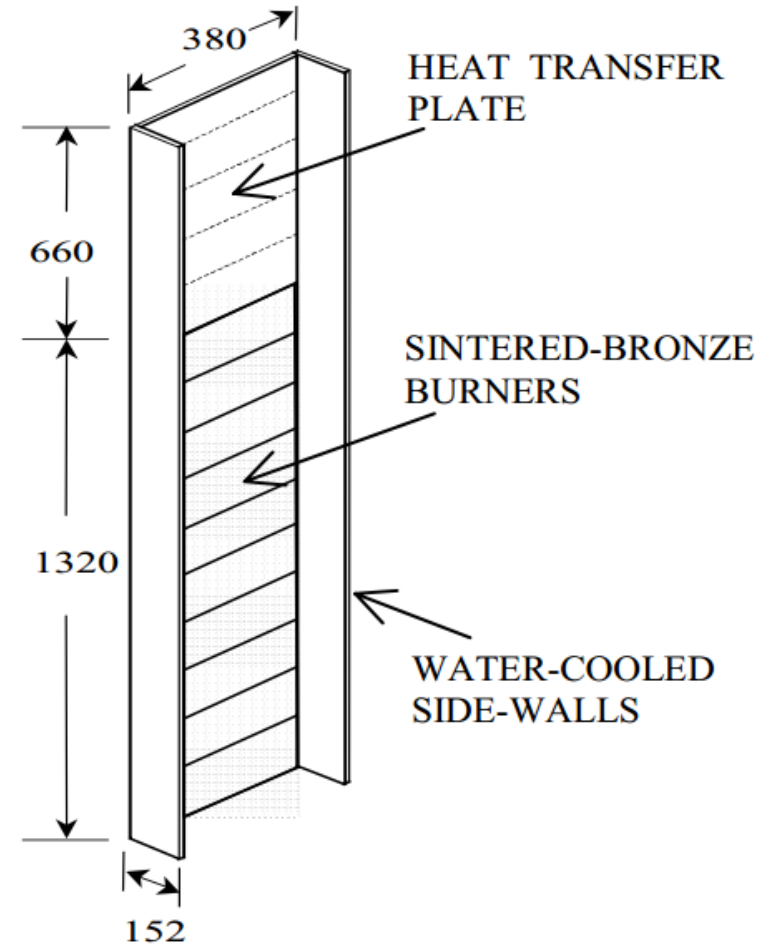
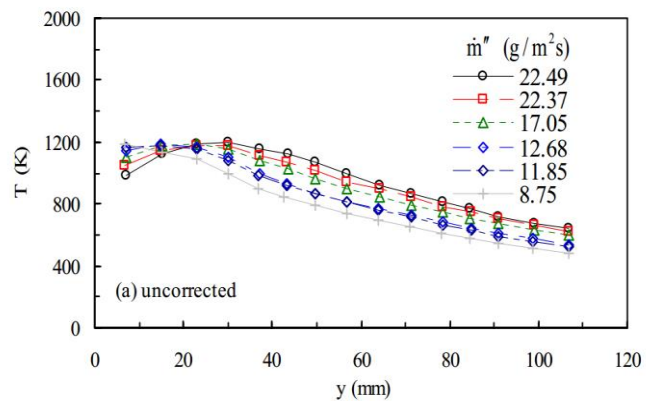
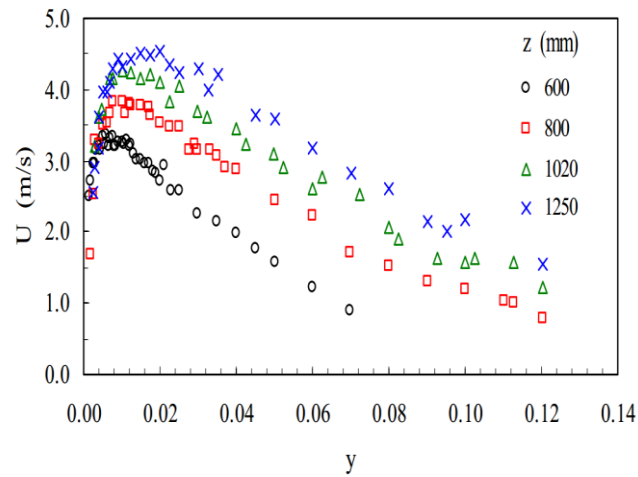
- Phénomènes couplés : flamme – paroi – pyrolyse – propagation – etc.
- Difficultés d'instrumentation (solide – gaz)
- Accélération du processus de décomposition thermique du matériau



II. Etat de l'art

II.1 Etudes Expérimentales

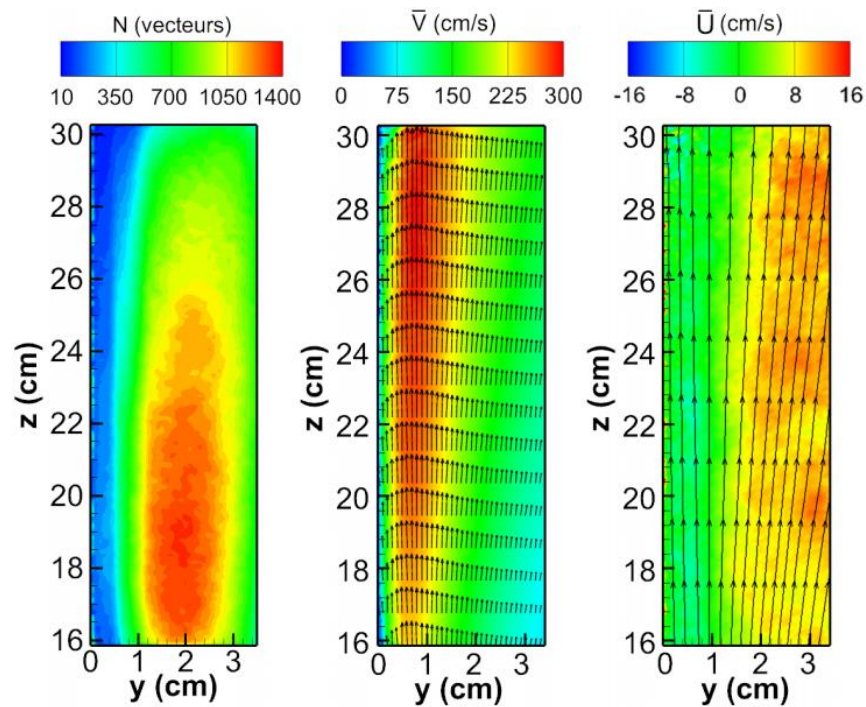
→ De Ris, 7th IAFSS conférence, 2002



II. Etat de l'art

II.1 Etudes Expérimentales

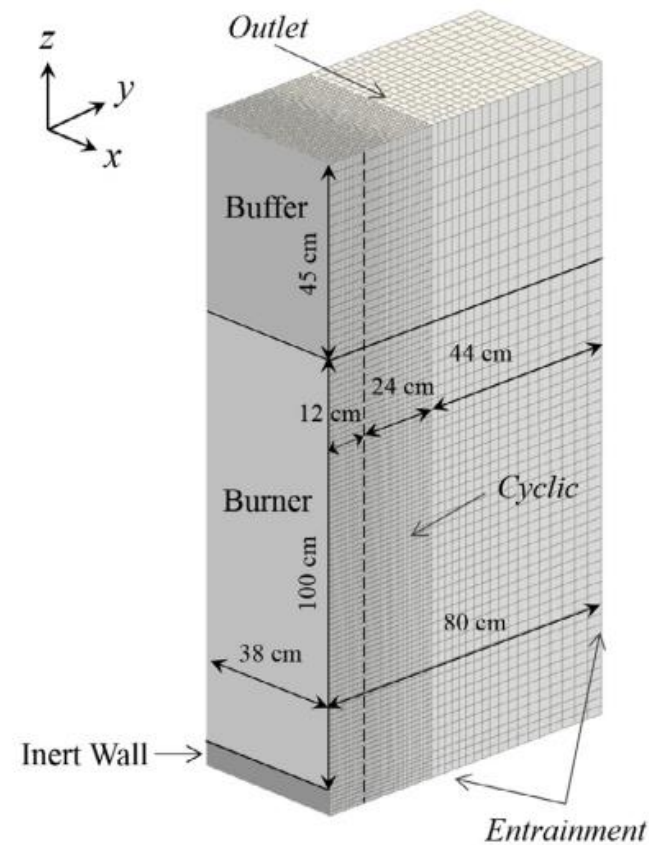
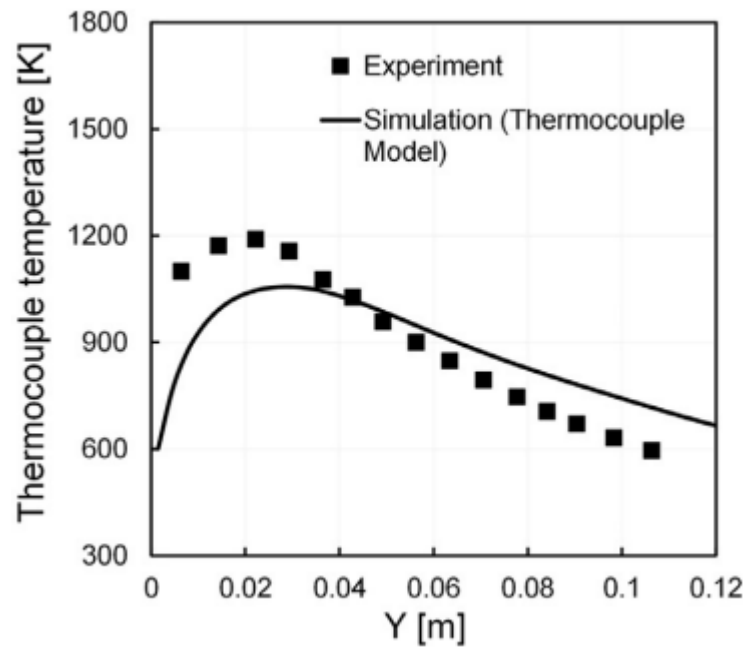
➔ Andres VALENCIA, congrès Francophone de Techniques Laser, 2016



II. Etat de l'art

II.2 Etudes Numériques

➔ Arnaud TROUVE, Combustion and Flame, 2015



II. Etat de l'art

II.3 Positionnement de l'étude

→ Enjeux

- Caractérisation des couplages solide – gaz pour leur description
- Impact de la pyrolyse d'un matériau avec un mécanisme réactionnel à plusieurs étapes sur l'écoulement de la couche limite réactive
- Mesures expérimentales en termes de températures et vitesses en deuxième ordre

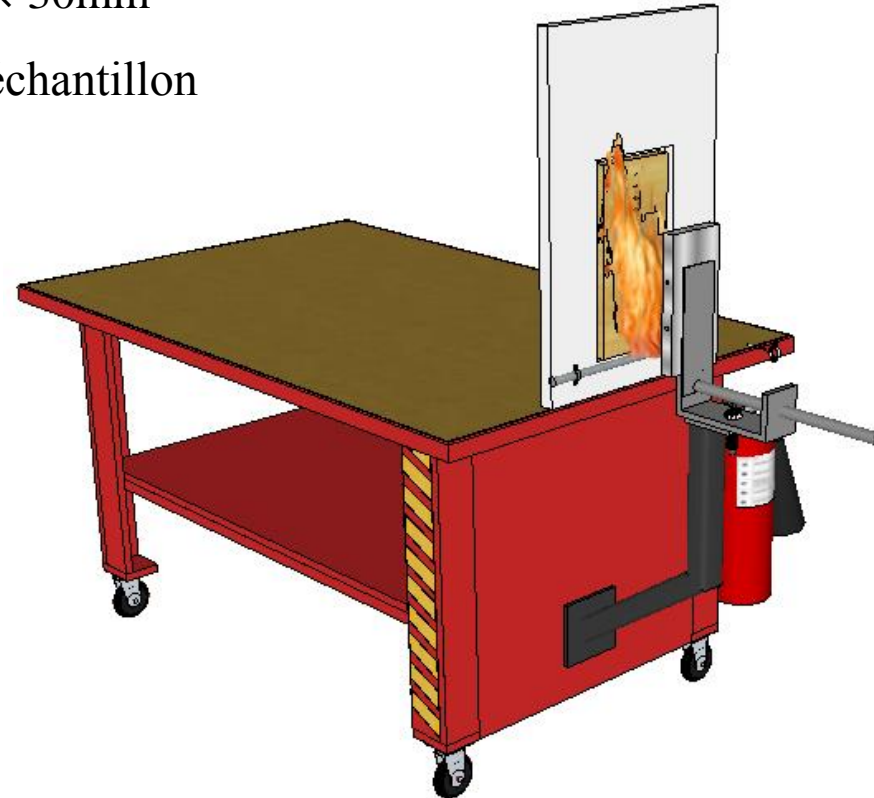
→ Démarche mise en place

- Concevoir un banc expérimental simulant un scénario réel d'incendie
- Instrumenter le dispositif avec une métrologie permettant d'extraire le maximum de paramètres physiques
- Tester la capacité des modèles numériques à prédire la physique associée à cette problématique

III. Banc Expérimental

III.1 Scénario étudié

- Porte échantillon en silicate de Calcium de $1\text{m} \times 60\text{cm} \times 40\text{mm}$
- Echantillon en bois, de $40\text{cm} \times 15\text{cm} \times 21\text{mm}$
- Panneau radiant de $26\text{cm} \times 13\text{cm} \times 30\text{mm}$
- Allumeur a été posé à la base de l'échantillon

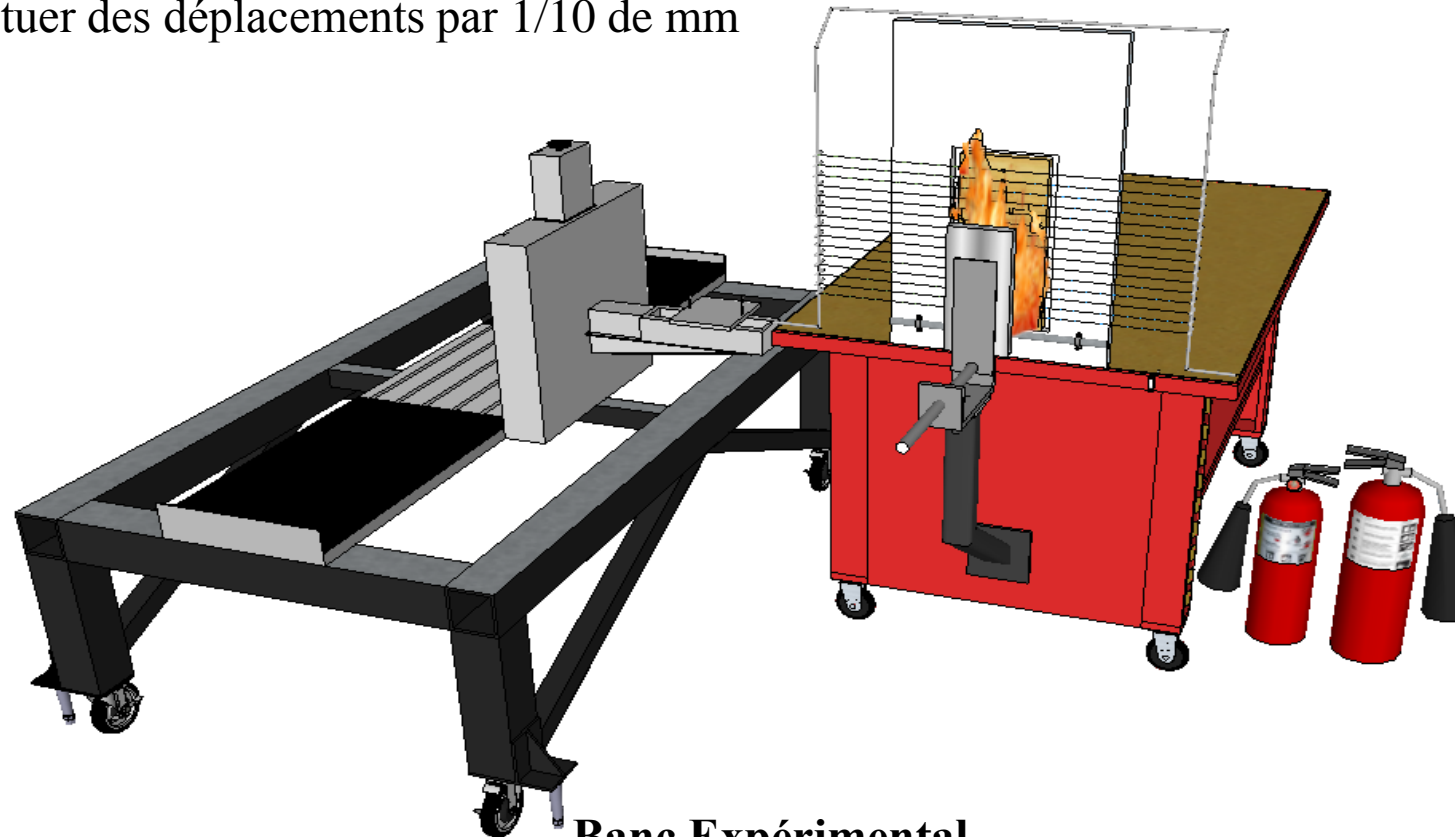


Scénario

III. Banc Expérimental

III.2 Support des thermocouples

- Un support des thermocouples a été conçu tout en essayant d'être moins intrusif
- Une table de déplacement a été mise en place et couplée au support
- La table permet d'effectuer des déplacements par 1/10 de mm

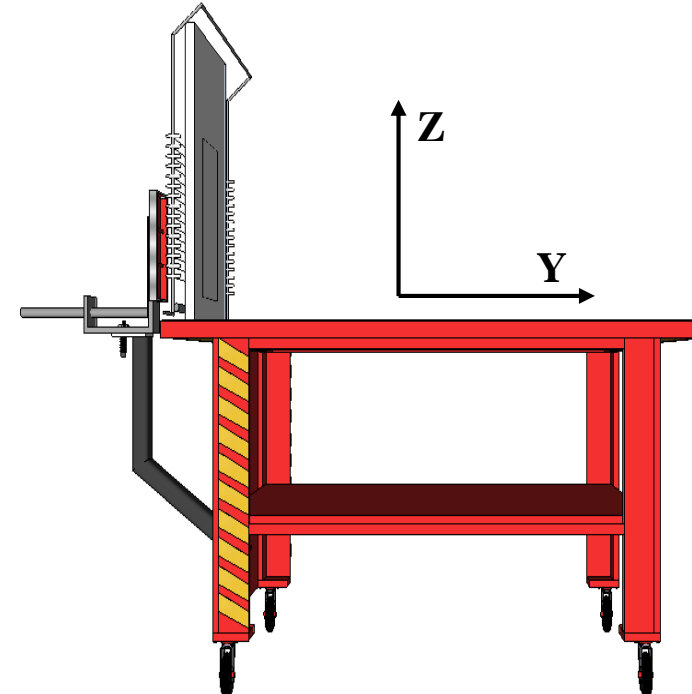
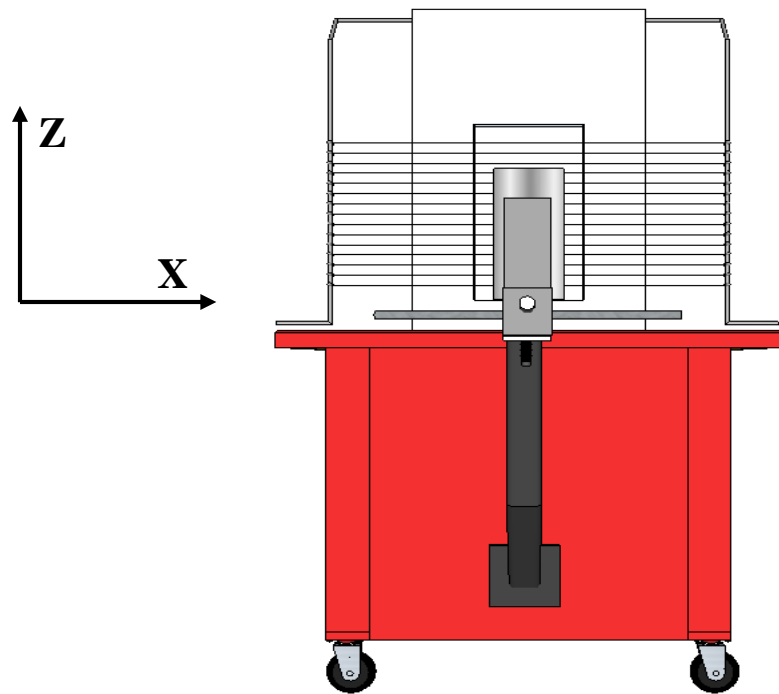


Banc Expérimental

IV. Résultats

IV.1 Protocole expérimental

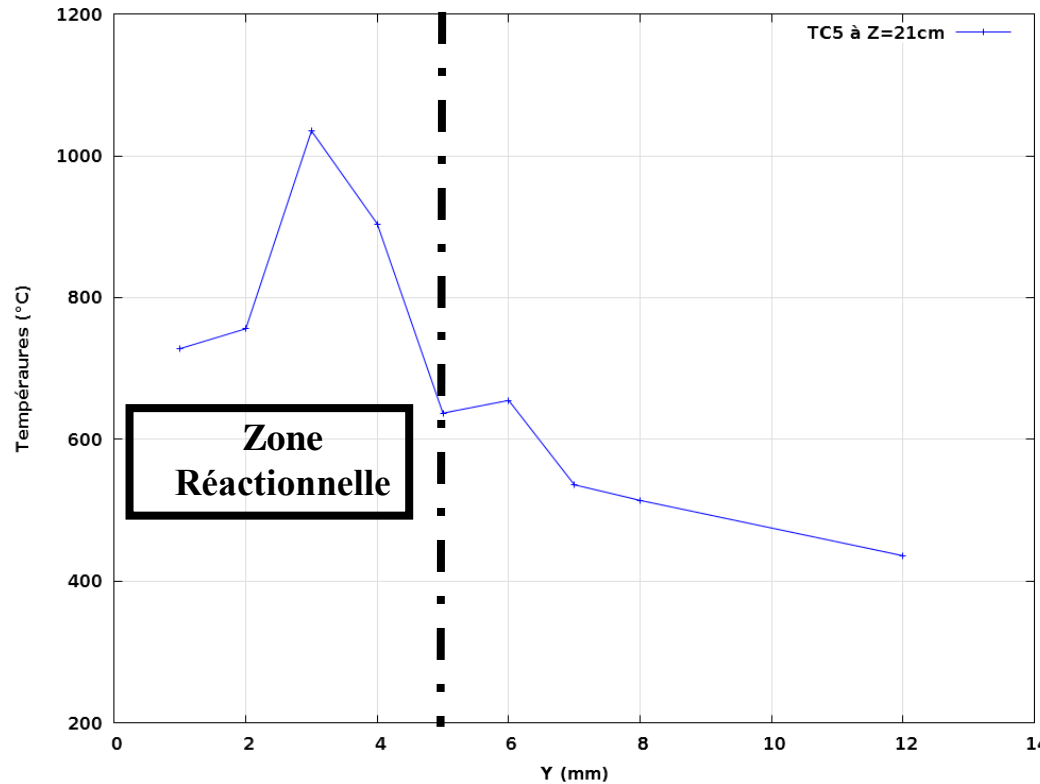
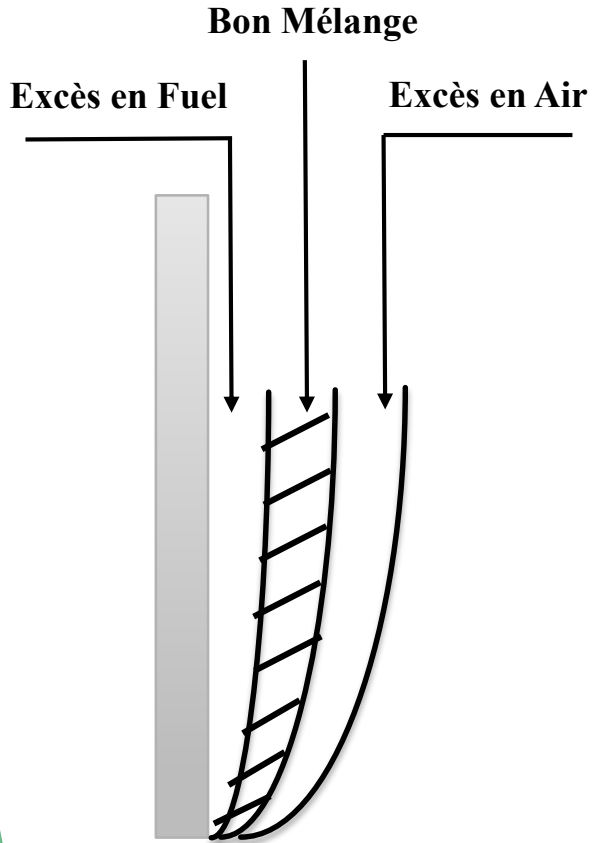
- Une campagne d'essais a été menée afin de caractériser le champ des températures dans la couche limite réactive.
- Des mesures ont été enregistrées de 1mm à 8mm de la paroi par pas de 1mm, puis à 12mm.
- Fréquence d'acquisition de 100Hz pendant une durée de 5min.
- 75Kw/m² en flux total.



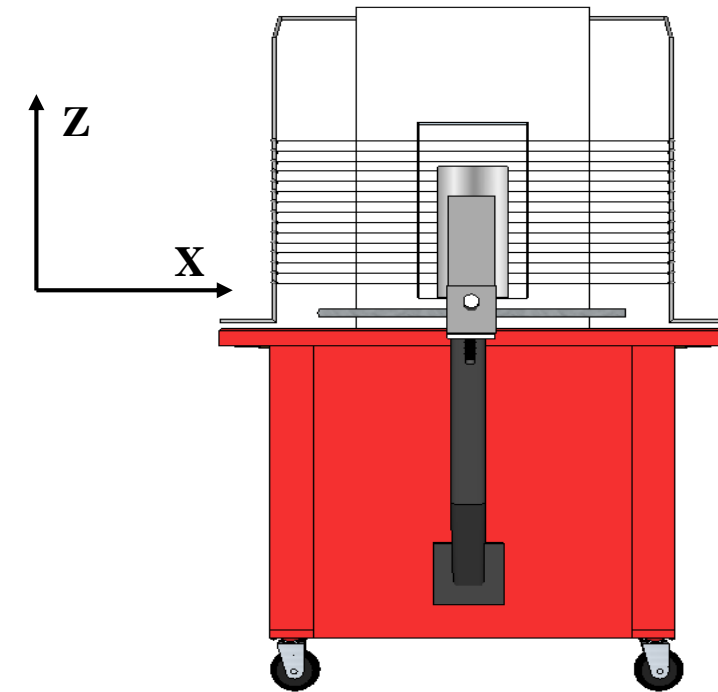
IV. Résultats

IV.2 Températures moyennes

$$\pi r^2 dx \rho \cdot C_p \frac{\partial T_c}{\partial t} = 2\pi r dx h(T_{\text{gaz}} - T_c) + 2\pi r dx \epsilon_c \sigma (\epsilon_g T_{\text{gaz}}^4 + F_p \epsilon_p T_{\text{panneau}}^4 + F_{p'} \epsilon_{p'} T_{\text{paroi}}^4 - T_c^4)$$



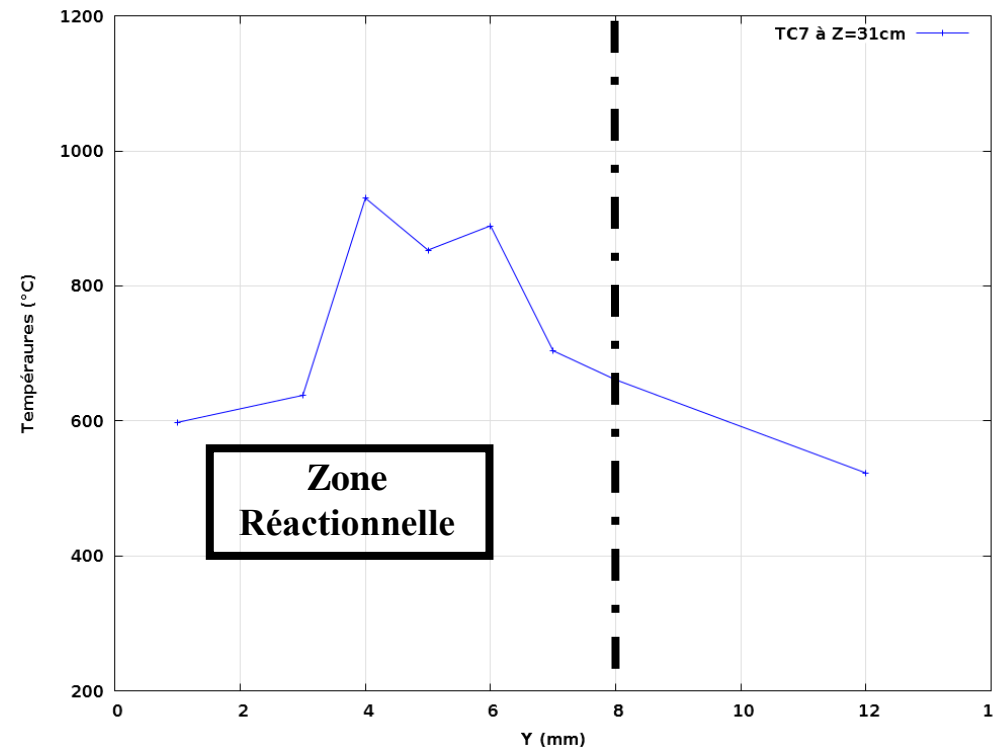
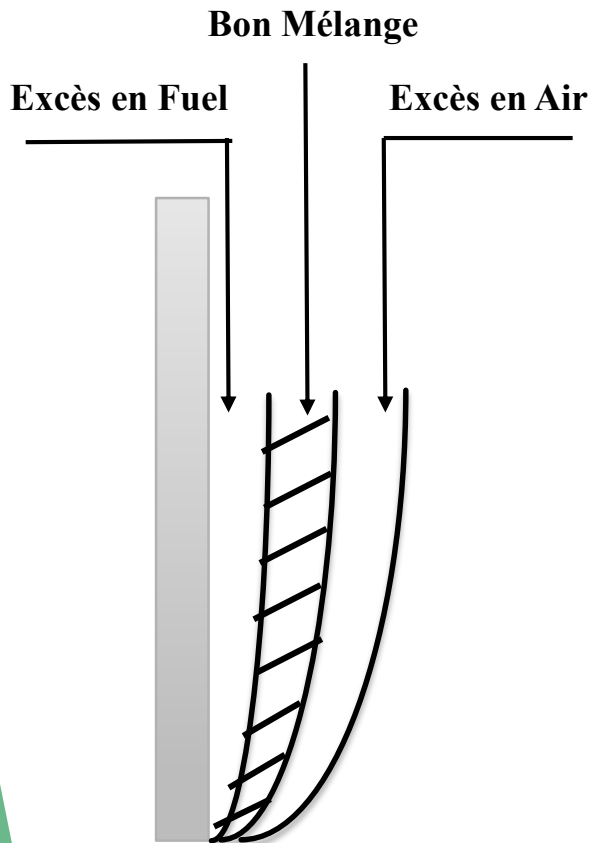
Profil moyen des températures, TC5 à Z=21cm



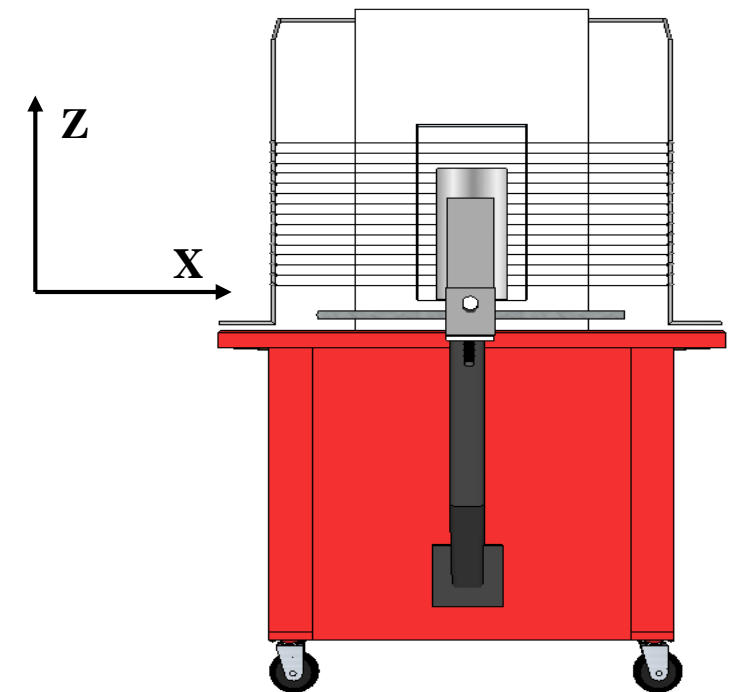
IV. Résultats

IV.2 Températures moyennes

$$\pi r^2 dx \rho \cdot C_p \frac{\partial T_c}{\partial t} = 2\pi r dx h(T_{gaz} - T_c) + 2\pi r dx \epsilon_c \sigma (\epsilon_g T_{gaz}^4 + F_p \epsilon_p T_{panneau}^4 + F_{p'} \epsilon_{p'} T_{paroi}^4 - T_c^4)$$



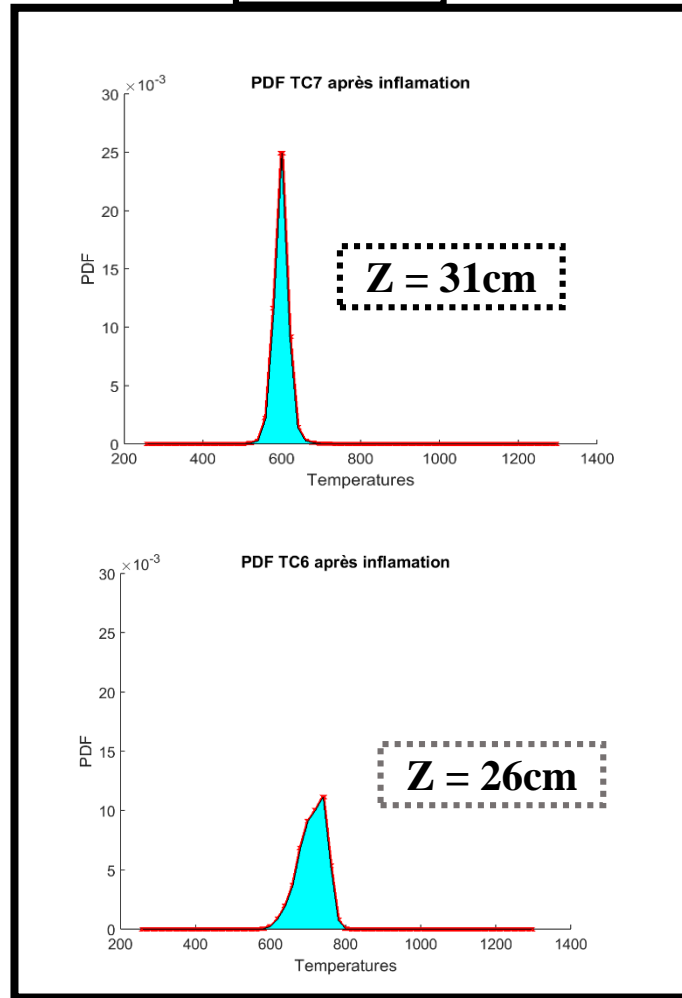
Profil moyen des températures, TC7 à Z=31cm



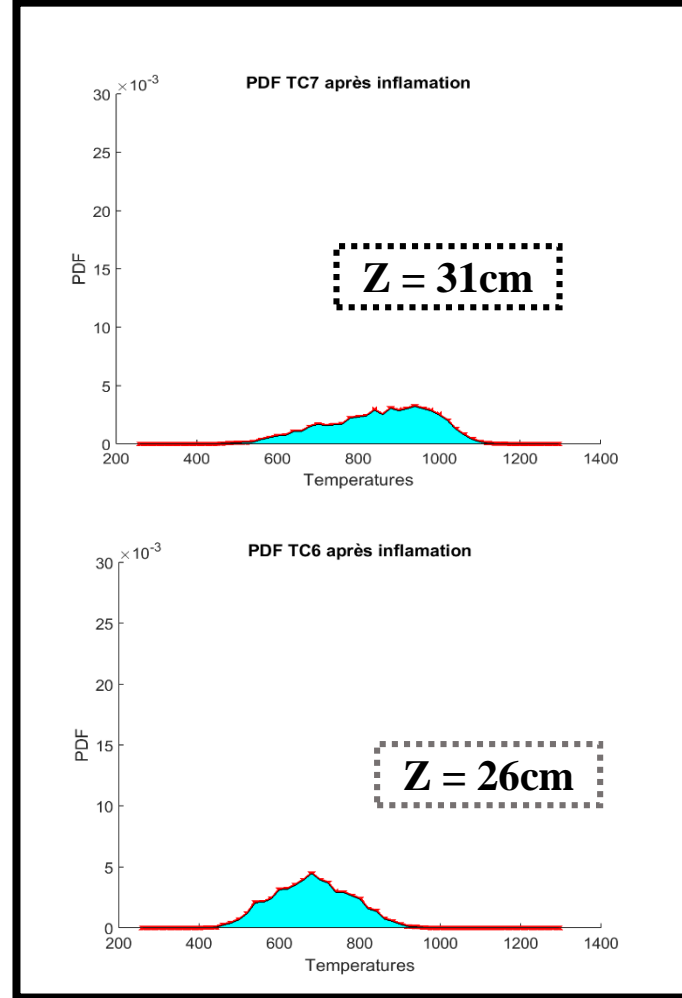
IV. Résultats

IV.4 Analyse Spatiale des PDF

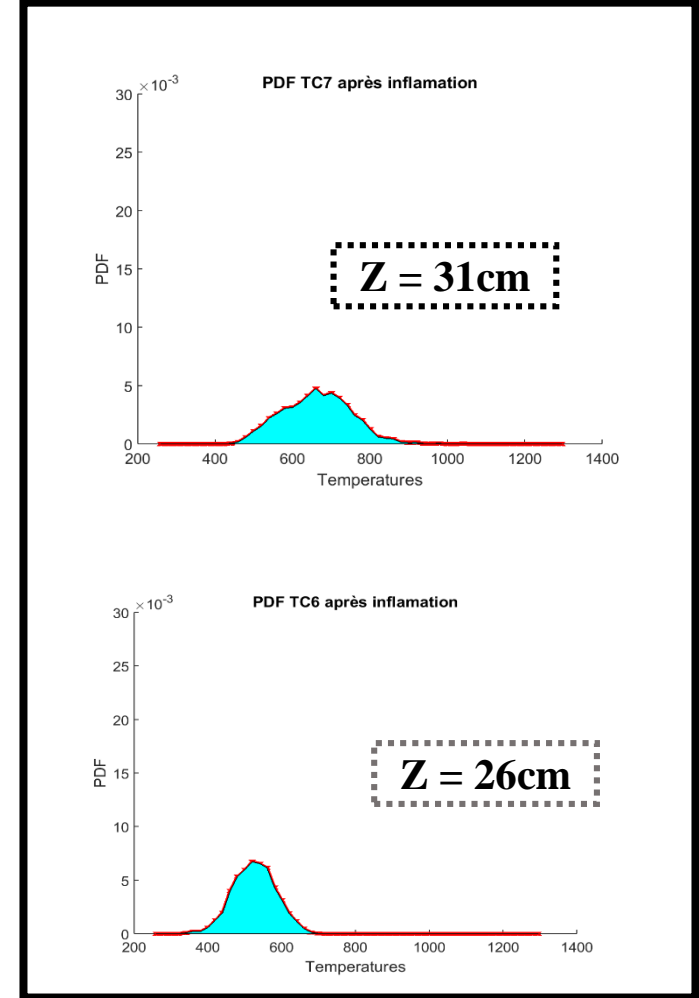
Y = 1mm



Y = 5mm



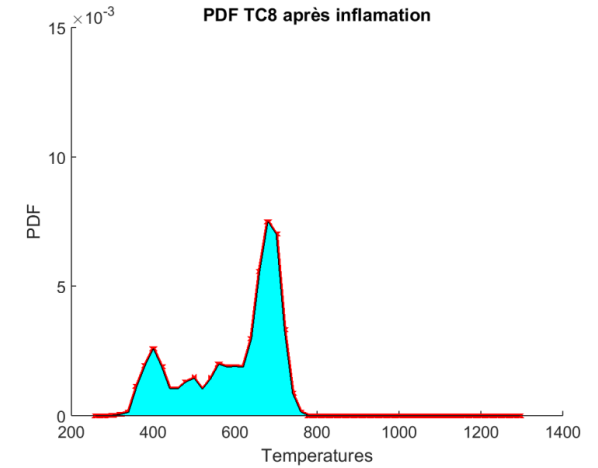
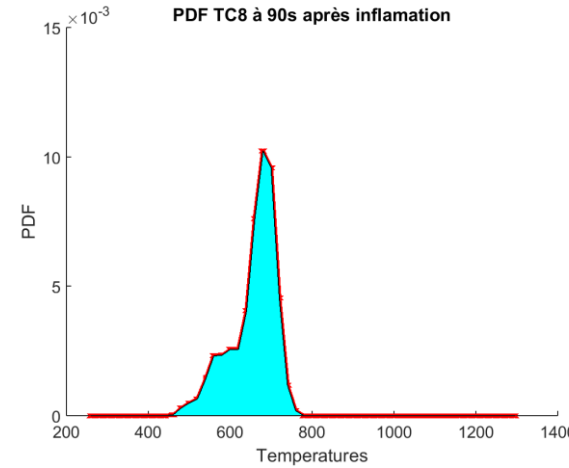
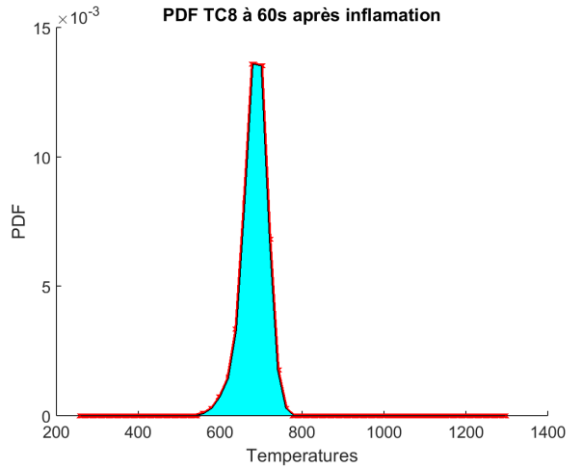
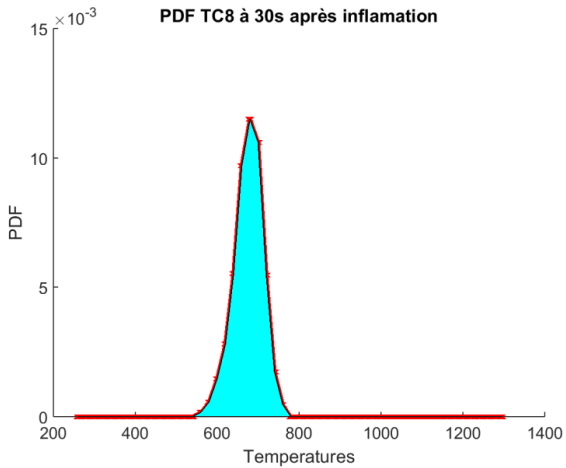
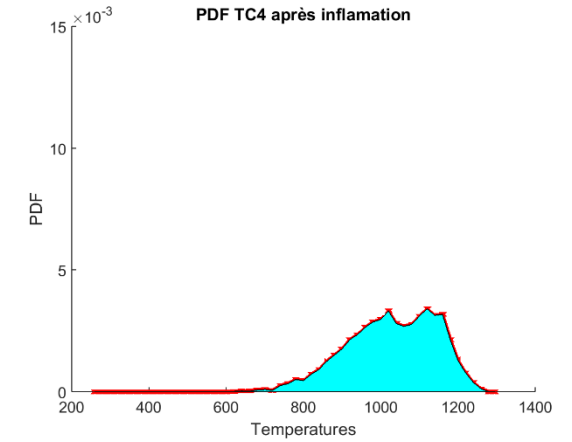
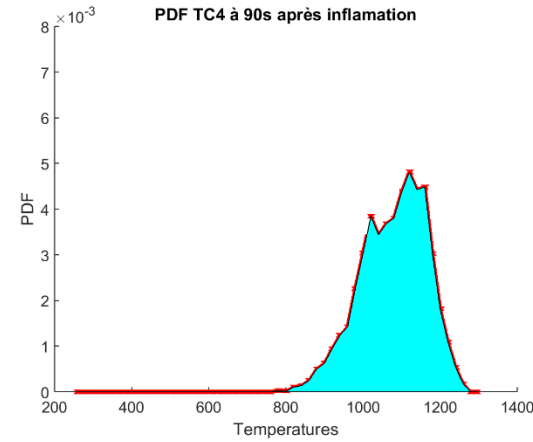
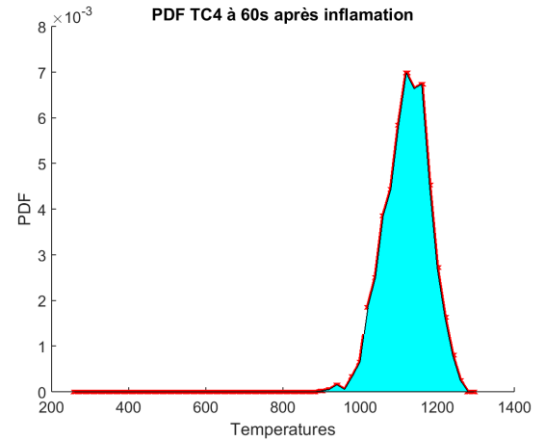
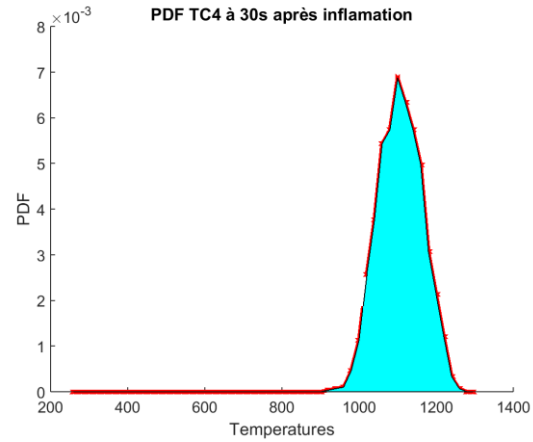
Y = 12mm



IV. Résultats

IV.5 Analyse Temporelle des PDF

TC 4 en Z=16cm et Y=3mm



TC 8 en Z=36 et Y=3mm

IV. Résultats

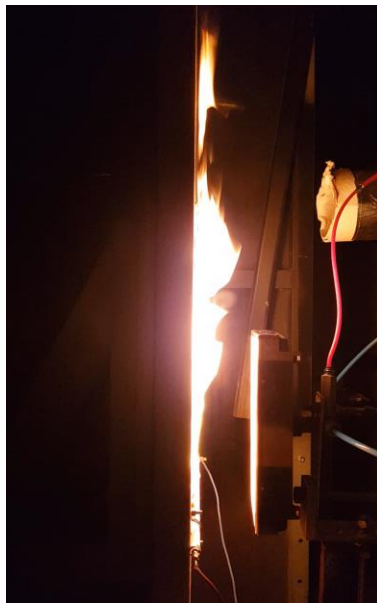
IV.5 Traitement d'images via Matlab

→ Objectifs

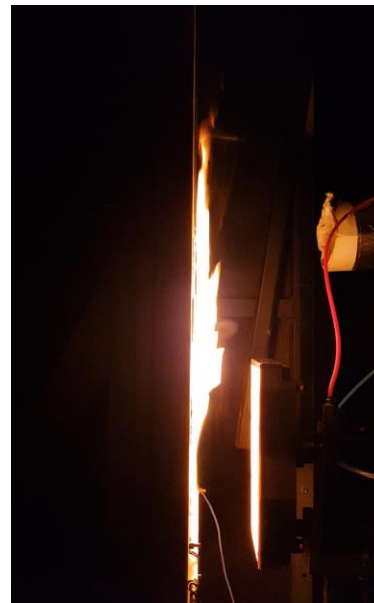
- Caractériser l'évolution de l'épaisseur moyenne de la flamme, le rayonnement visible
- Identifier les différents régimes d'écoulement de la couche limite réactive

→ Protocole

- Trois essais ont été réalisés en noir afin d'enregistrer le front de la flamme et son évolution dynamique.
- Chaque vidéo dure 2min, avec une fréquence de 30 images par seconde et une résolution de 1920×1080



Essai 1



Essai 2



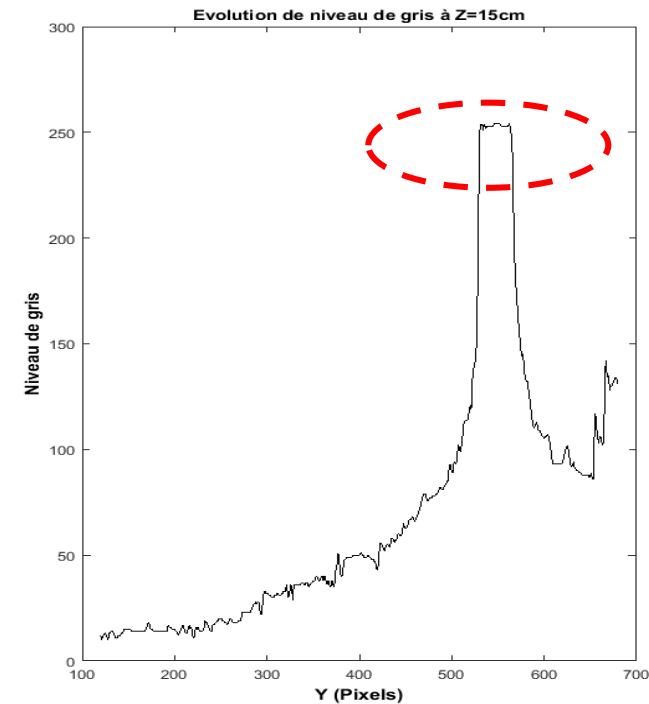
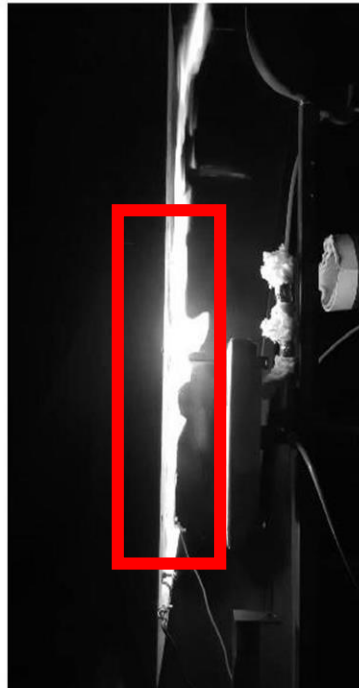
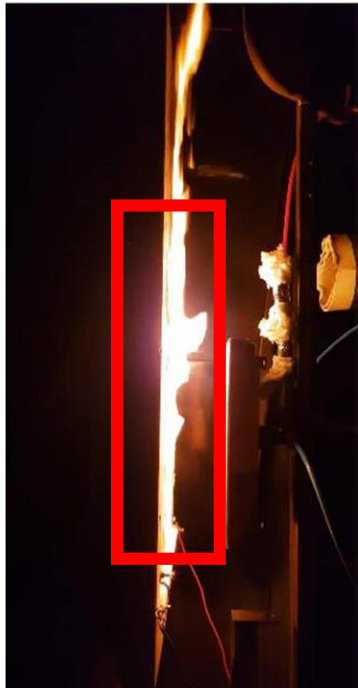
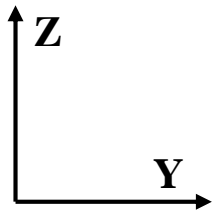
Essai 3

IV. Résultats

IV.5 Traitement d'images via Matlab

→ Principes et bases de la méthodologie

- La méthodologie repose sur le calcul de niveau de gris
- Il a été calculé à chaque pixel en utilisant le modèle RGB
- Ensuite, à chaque position de Z, l'évolution de niveau de gris a été tracée **dans la zone de traitement en rouge.**

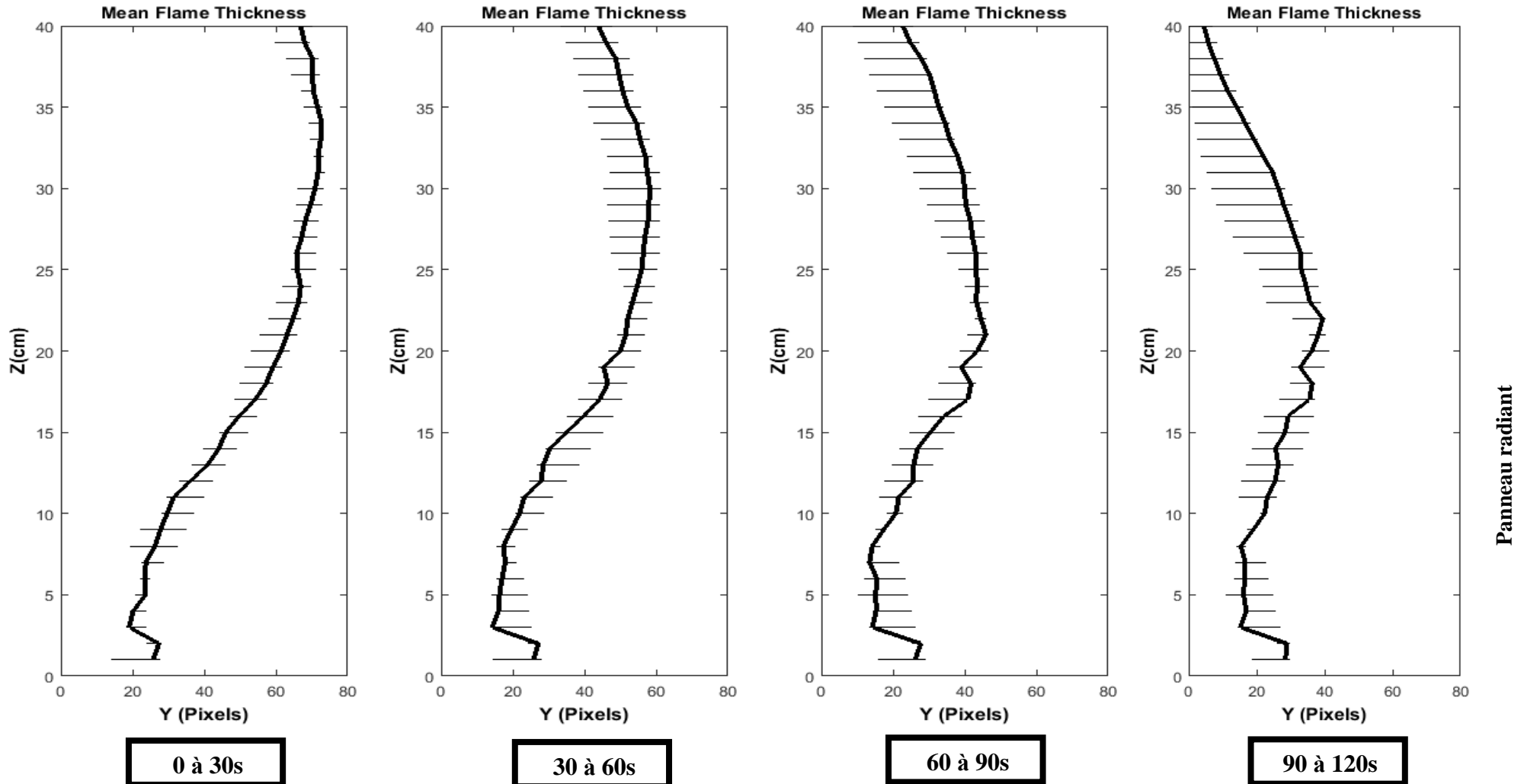


Niveau de gris à Z=15cm

IV. Résultats

IV.5 Traitement d'images via Matlab

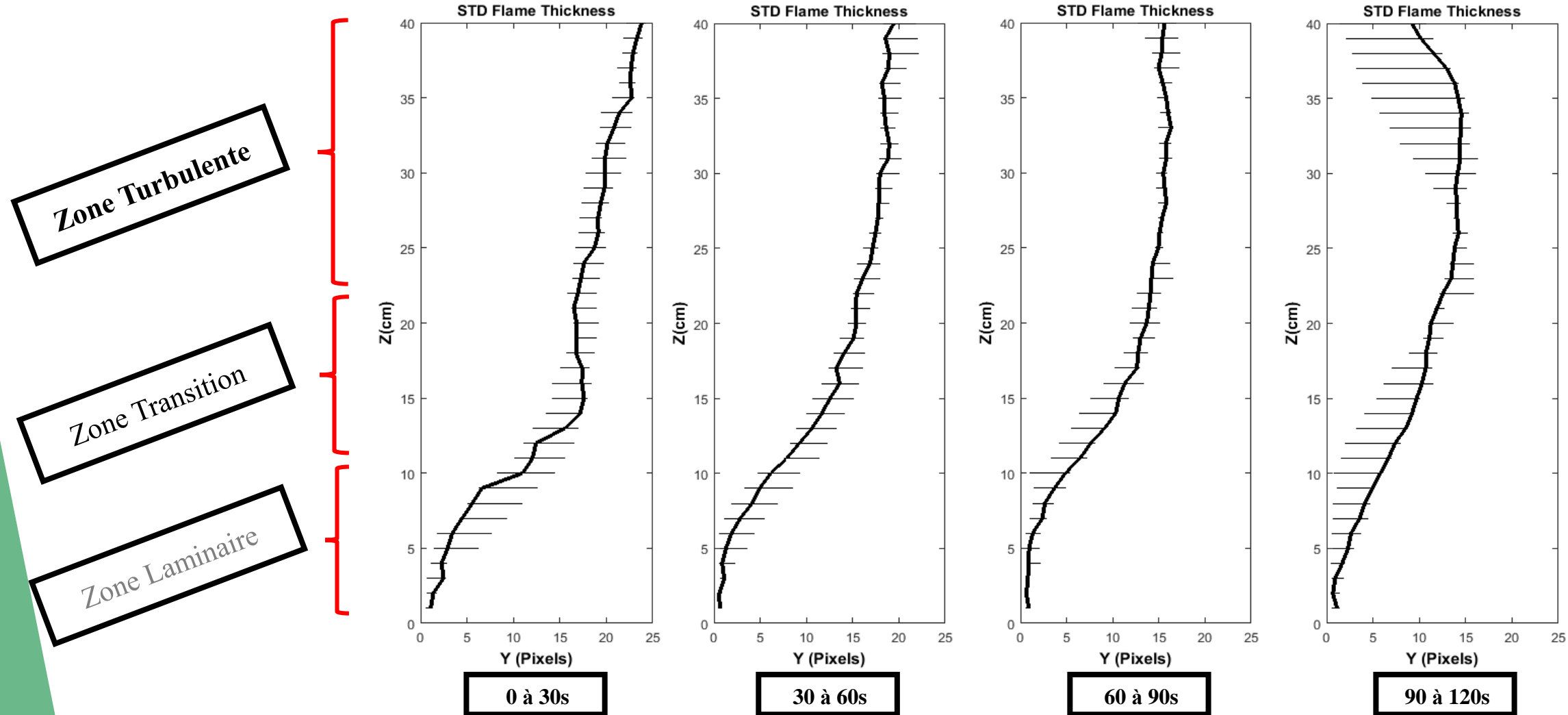
→ Epaisseur moyenne de la flamme



IV. Résultats

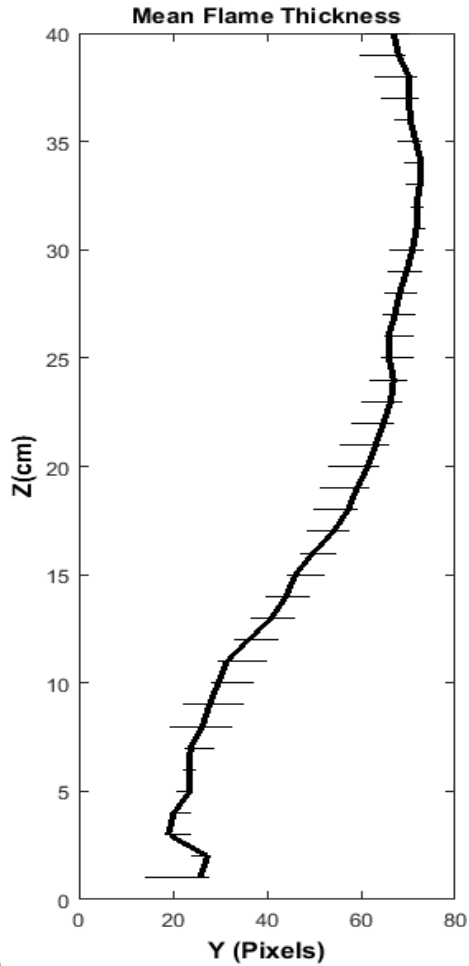
IV.5 Traitement d'images via Matlab

→ Ecart type

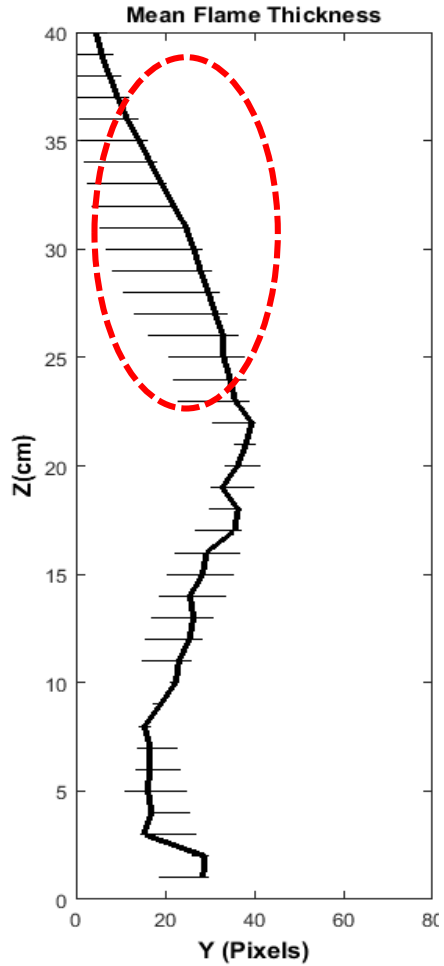


IV. Résultats

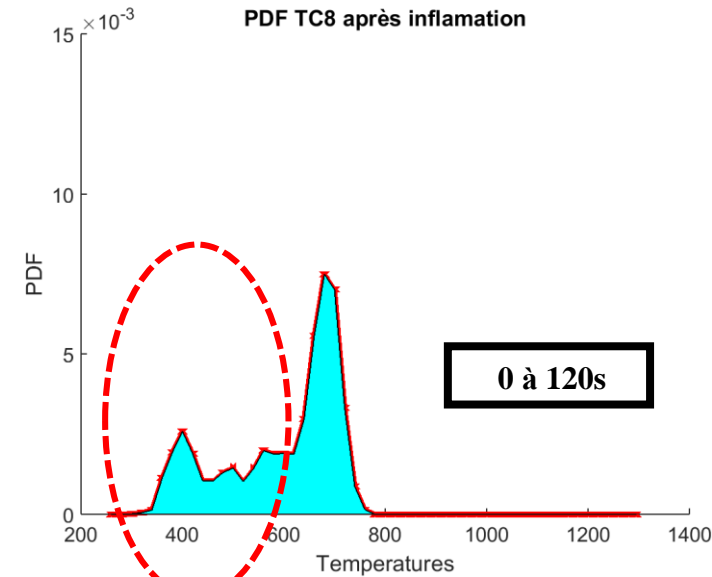
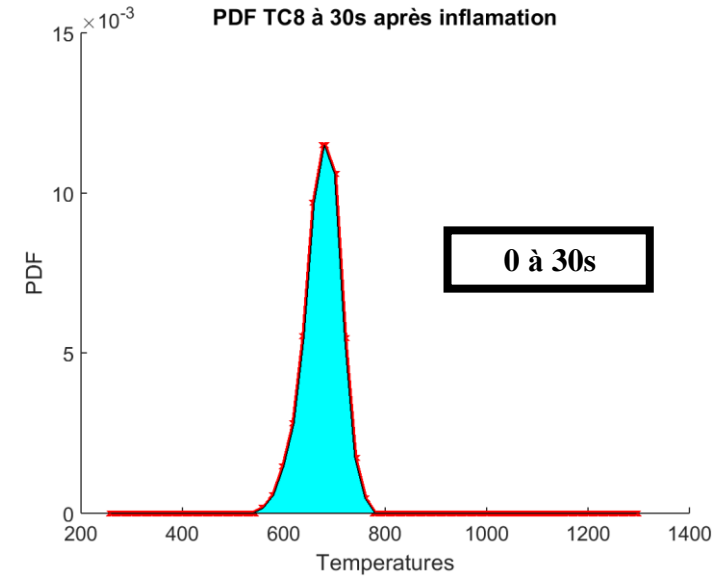
IV.6 Couplage des résultats



0 à 30s



90 à 120s



TC8 à Z=36cm et Y=3mm

V. Conclusion et Perspectives

→ Conclusion

- Enjeu de cette étude : étudier les phénomènes d'interaction flamme – paroi réactive et l'impact de la réponse de la phase condensée sur l'écoulement de la couche limite réactive
- Mise en place d'une démarche expérimentale et numérique
- Développement d'un banc expérimental spécifique à cette étude
- Les travaux actuels sont consacrés à la caractérisation de la couche limite thermique
- Premiers résultats obtenus sont encourageants

→ Perspectives

- Des essais sont programmés prochainement permettant de remonter à la température de fluide
- Caractérisation de la couche limite thermique dans le cas inerte et pyrolyse de matériau afin de découpler les phénomènes
- Une PIV sera installée afin de caractériser les champs de vitesses

Merci de votre attention