

Etude expérimentale de la propagation d'un feu de façade le long d'une paroi verticale à l'échelle du laboratoire

Florent Di Giorgio, Cédric GALIZZI et Manuel KÜHNI

06/07/2023

32èmes journées du Groupe du RésoFeux

EDF - Chatou

Projet ANR FIREWALL+

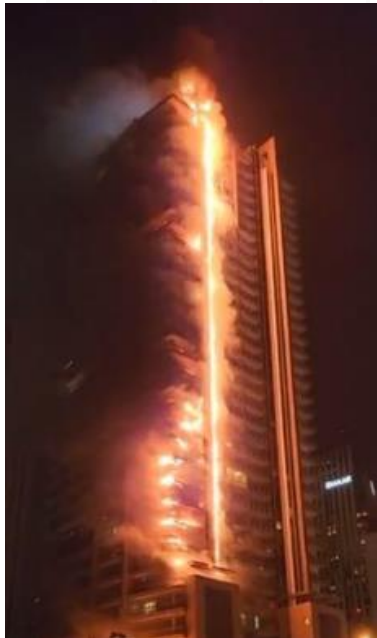


Contexte : La sécurité incendie des bâtiments urbains

Feu de façade

Mode de propagation le plus rapide

Couplage aérothermochimique modifié en présence d'une façade



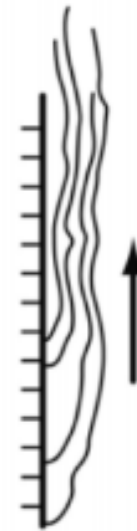
Dubaï – Tour Emaar
11/2022



Londres – Tour Grenfell
06/2017



Dubaï – Tour Sulafa
01/2016



Aérodynamique

Façade

Thermique

Chimie

Le projet ANR FireWall+

Interaction flamme-paroi : étude des feux de façades pour la sécurité des bâtiments urbains

Université du Maryland

CETHIL

FIREWALL+

CSTB

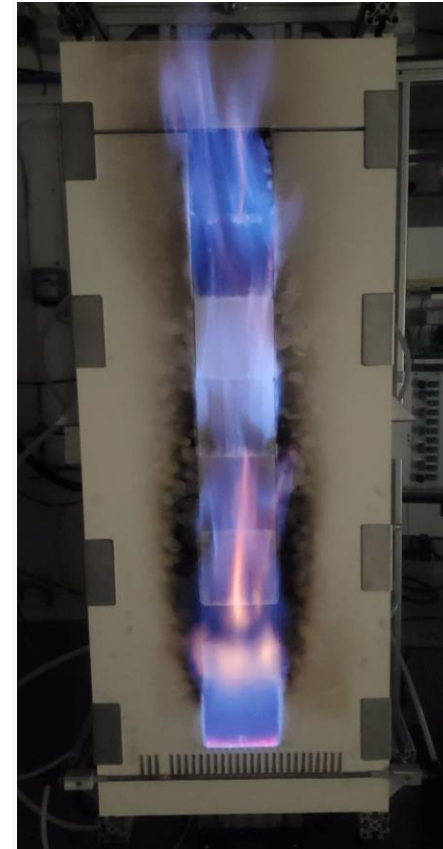
LEMTA

Objectif

retarder et limiter la propagation d'un feu de façade

Articulation autour de deux échelles

Echelle académique



Dispositif expérimental CETHIL

Echelle 1



Plateforme d'essais CSTB

Etude de la propagation d'un feu de façade

Etude des caractéristiques aérodynamiques et thermiques

- ❖ Identifier les paramètres influents sur la propagation d'un feu de façade
- ❖ Comprendre le couplage entre les différents mécanismes physiques
- ❖ Apporter des données fiables à la modélisation de ces interactions complexes

Mise en place du dispositif expérimental à échelle réduite

- ❖ Expérience d'une flamme se développant à proximité d'une paroi poreuse à effusion différenciée
- ❖ Conception d'un dispositif expérimental simplifié et modulable
- ❖ Mise en œuvre de diagnostics optiques avancés



Evaluer la robustesse des codes actuellement utilisés en ingénierie de la sécurité incendie

Le dispositif expérimental

Objectif : Concevoir un dispositif expérimental simple et modulable d'une flamme se développant à proximité d'une paroi poreuse à effusion différenciée et contrôlée



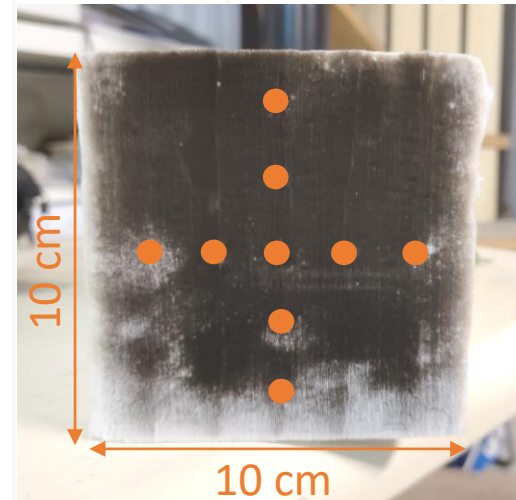
Bâti du dispositif expérimental



Dispositif expérimental

Module d'effusion

Interaction active



Module instrumenté de
9 Thermocouples de
type K

● Position des
thermocouples

Le dispositif expérimental

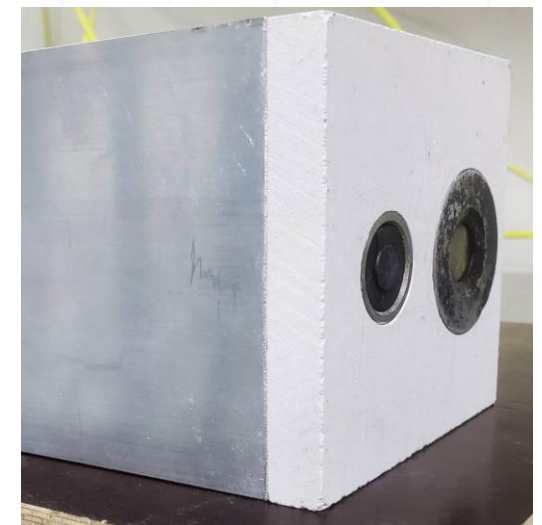
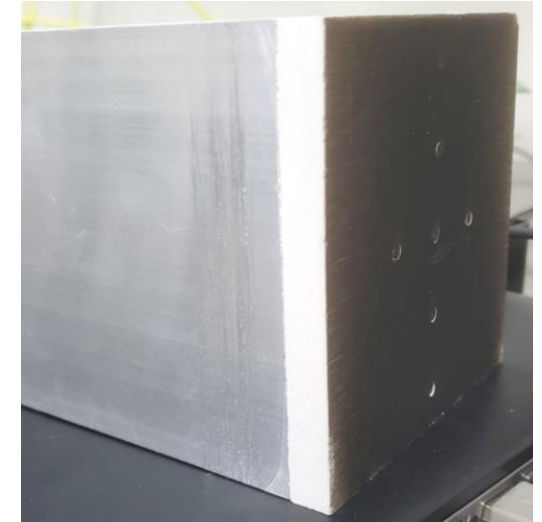
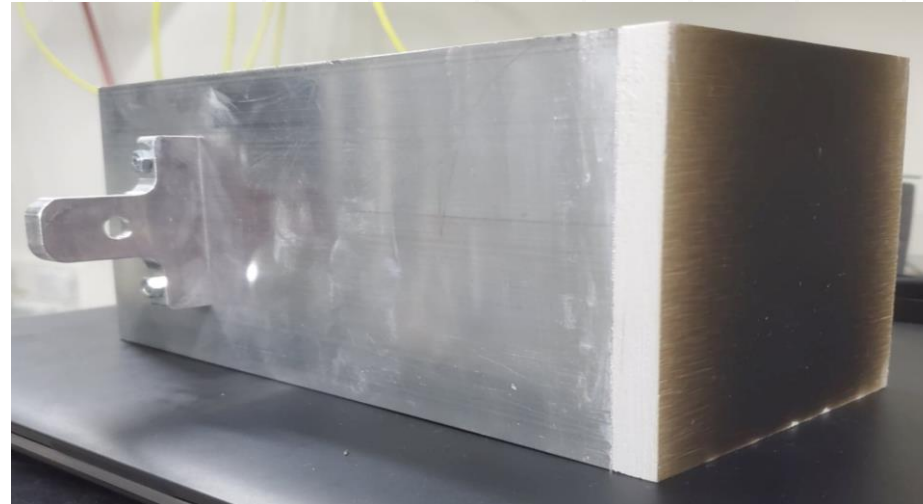
Objectif : Concevoir un dispositif expérimental simple et modulable d'une flamme se développant à proximité d'une paroi poreuse à effusion différenciée et contrôlée



Dispositif expérimental

Module inerte

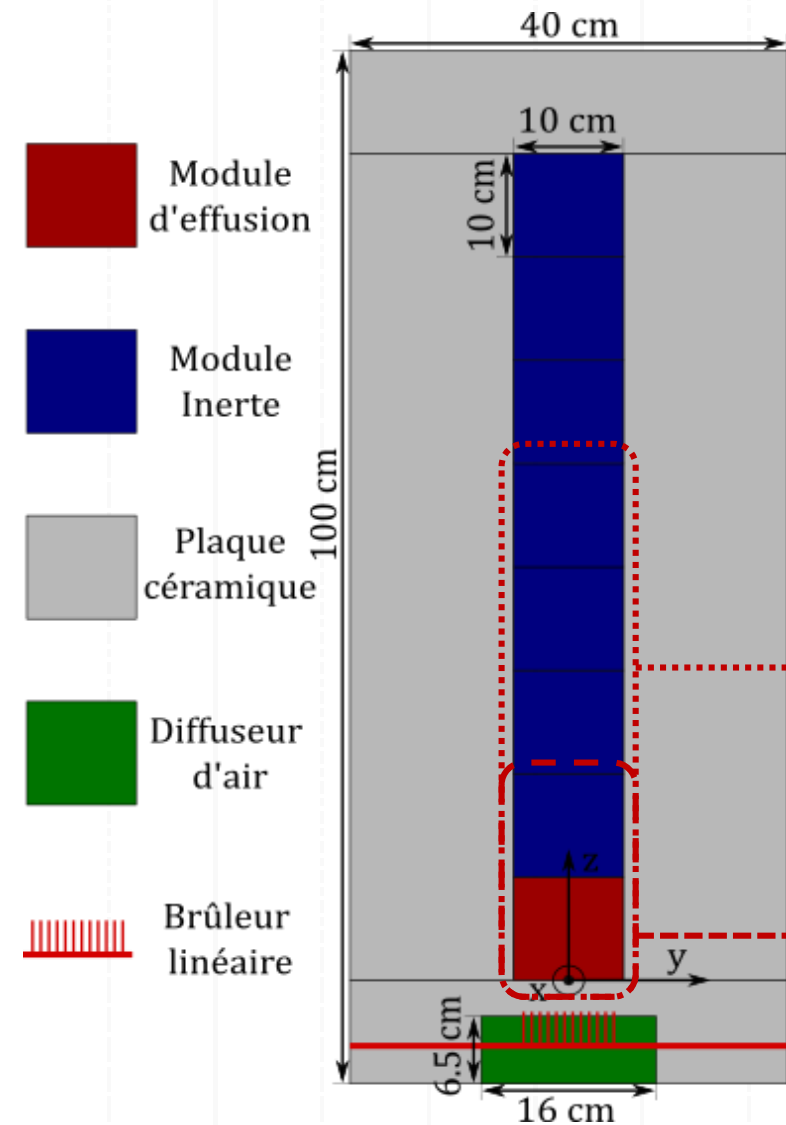
Interaction passive



2 types de Module Inerte (MI) :

- ❖ MI instrumenté de 14 thermocouples
- ❖ MI instrumenté de 2 fluxmètres, un total et un radiatif

Caractérisation du dispositif à 1 ME



| Q_{v,CH_4} [NL.min ⁻¹] | \dot{m}''_{ME} [g.m ⁻² .s ⁻¹] | \dot{q}''_{ME} [kW.m ⁻²] |
|---|---|---|
| 2 | 2,4 | 120 |
| 3 | 3,6 | 179 |
| 4 | 4,8 | 239 |
| 5 | 6 | 298 |
| 6 | 7,2 | 358 |
| 7 | 8,3 | 417 |
| 8 | 9,5 | 477 |
| 9 | 10,7 | 537 |
| 10 | 11,9 | 596 |

- ❖ Mesures de température
- ❖ Mesures de flux de chaleur

Chimiluminescence sur les radicaux CH* et OH*

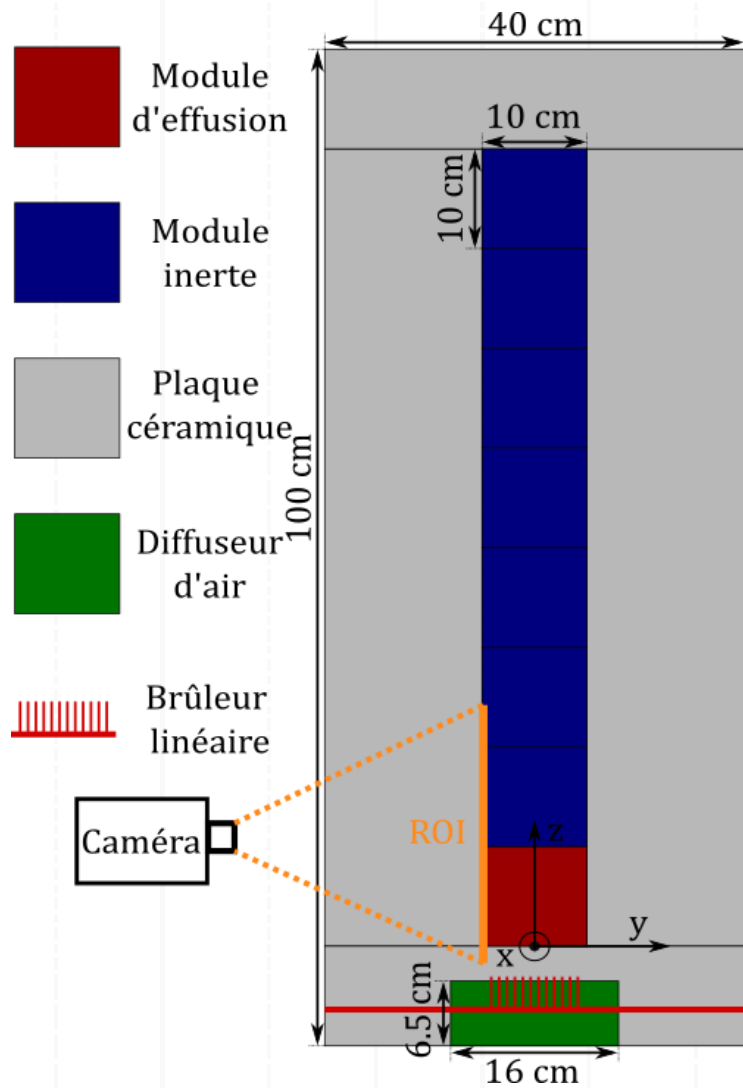


$$Q_{v,ME} = 4 \text{ NL.min}^{-1}$$

$$\dot{m}''_{ME} = 4,8 \text{ g.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$$

$$\dot{q}''_{ME} = 239 \text{ kW.m}^{-2}$$

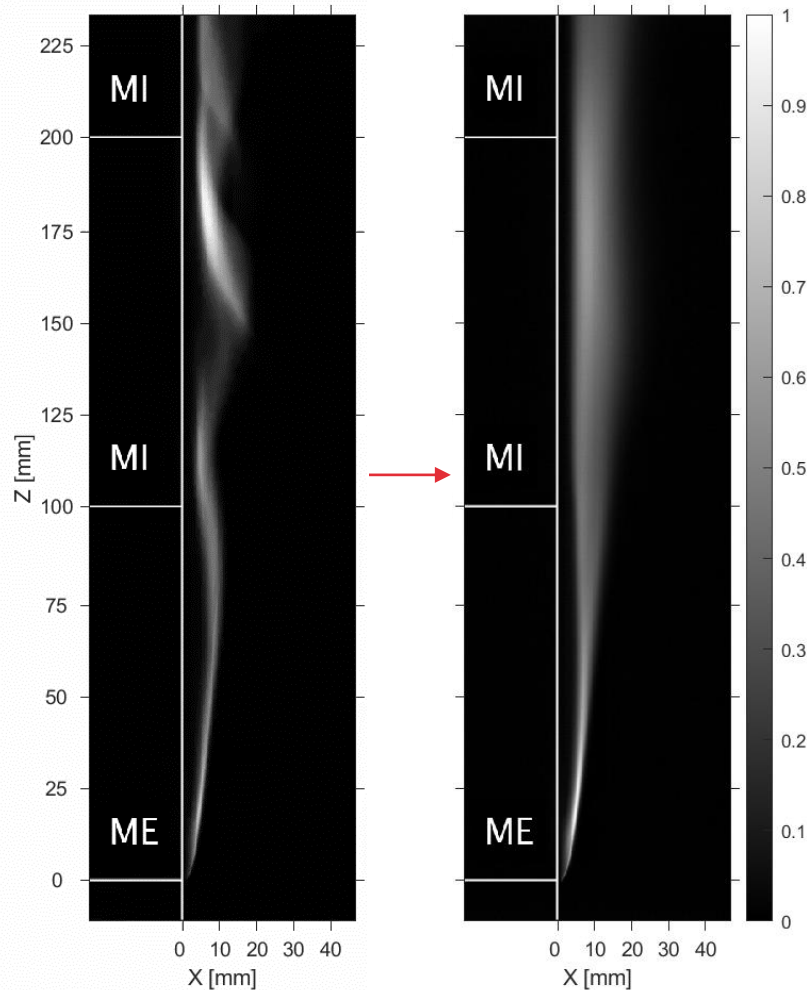
Caractérisation du dispositif à 1 ME : Chimiluminescence



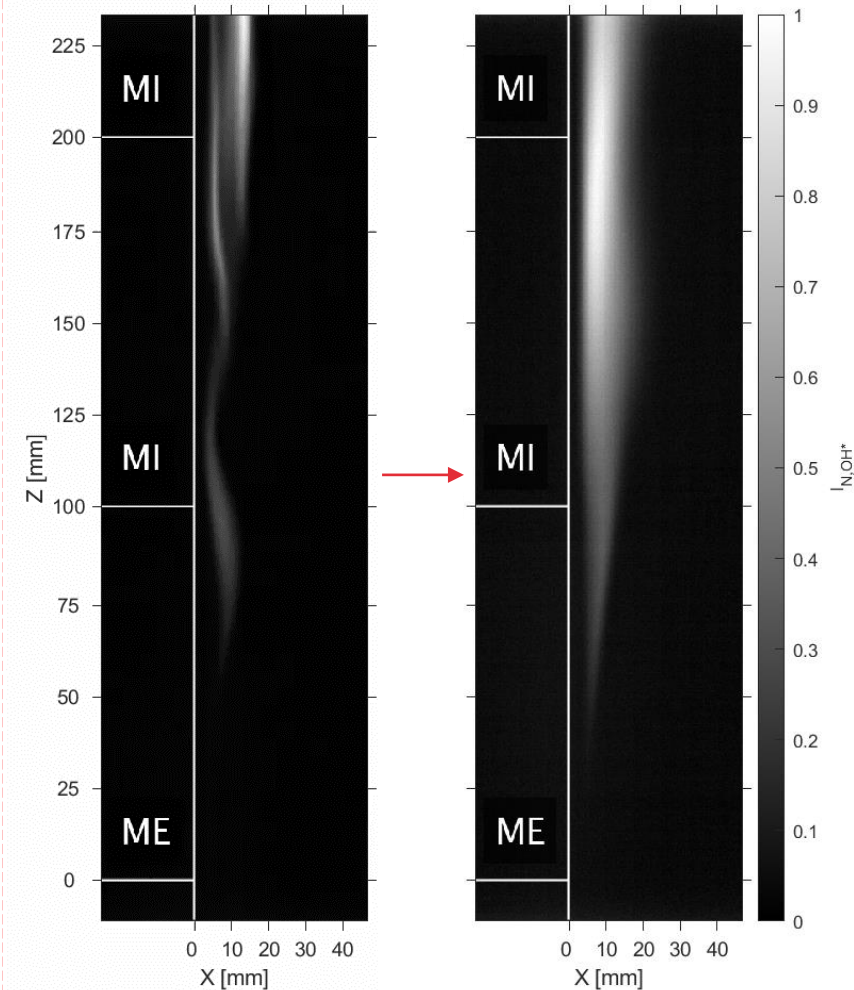
$$\dot{m}''_{ME} = 9,53 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\dot{q}''_{ME} = 477 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$$

Chimiluminescence CH*



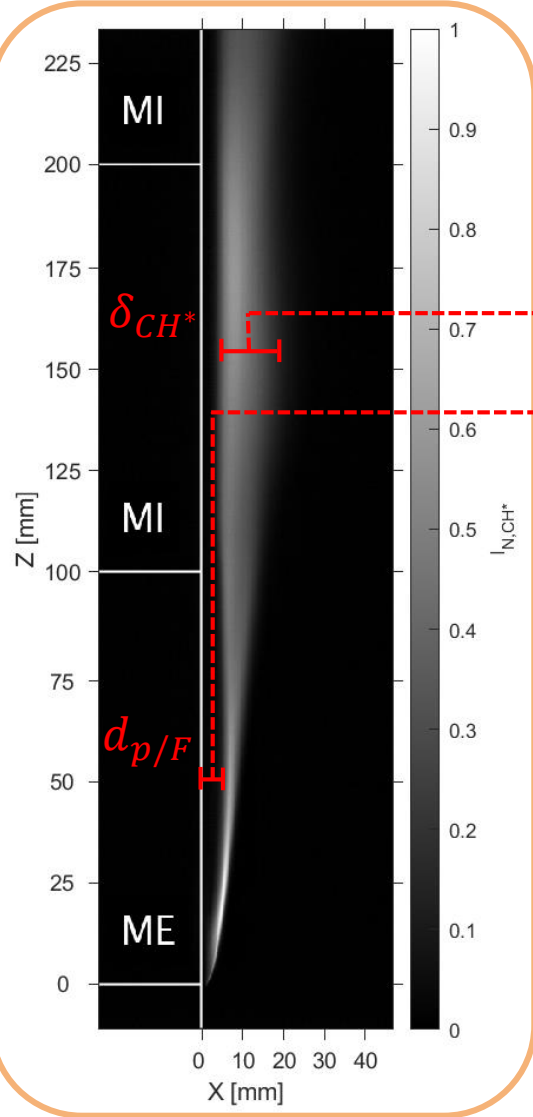
Chimiluminescence OH*



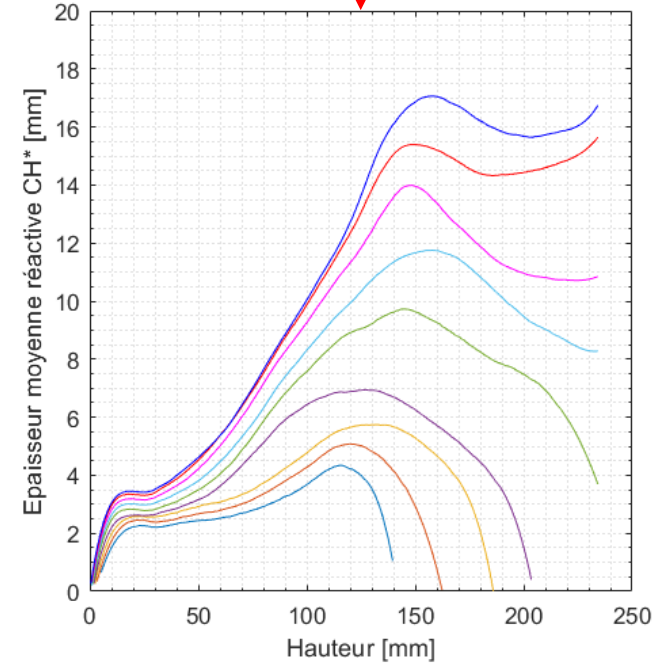
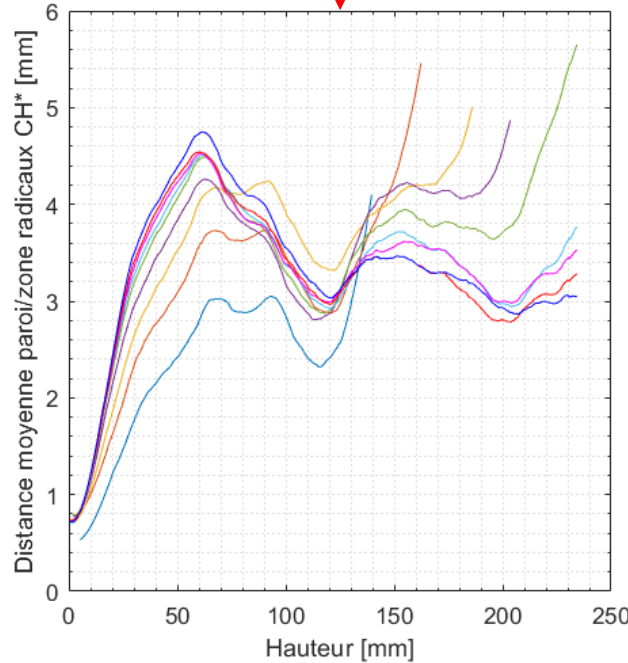
1000 images à 50 Hz sur 20 s

Caractérisation du dispositif à 1 ME : Chimiluminescence CH*

Image moyenne

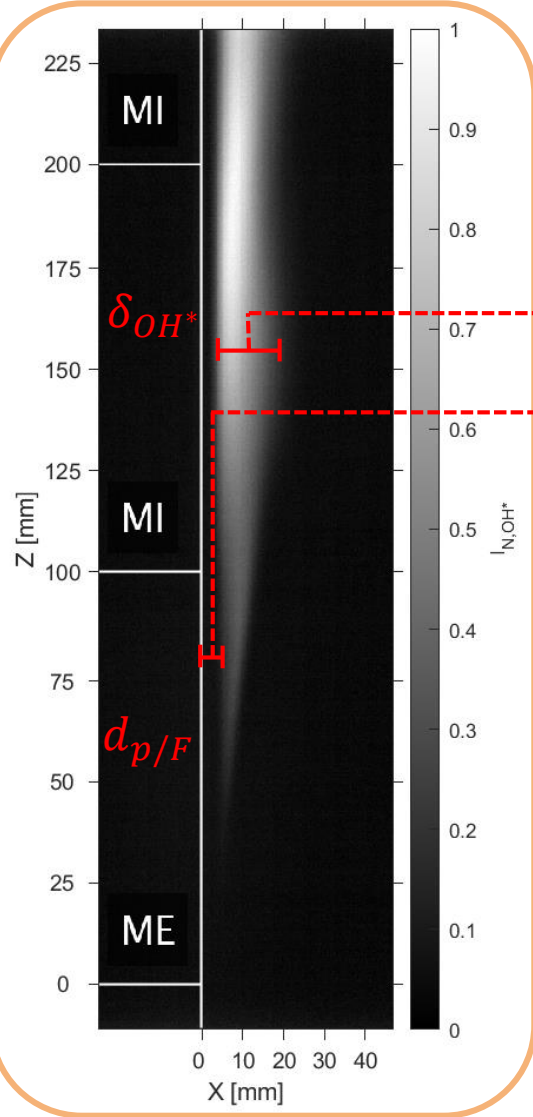


Post-traitement



Caractérisation du dispositif à 1 ME : Chimiluminescence OH*

Image moyenne



Post-traitement

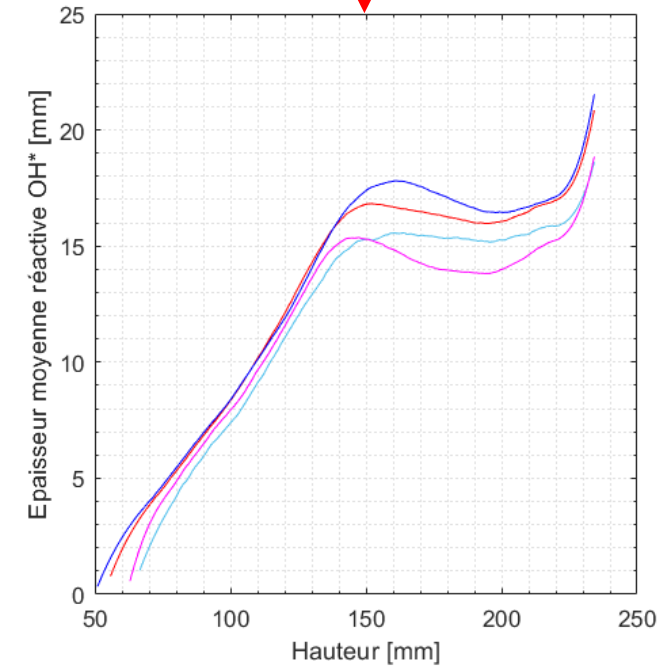
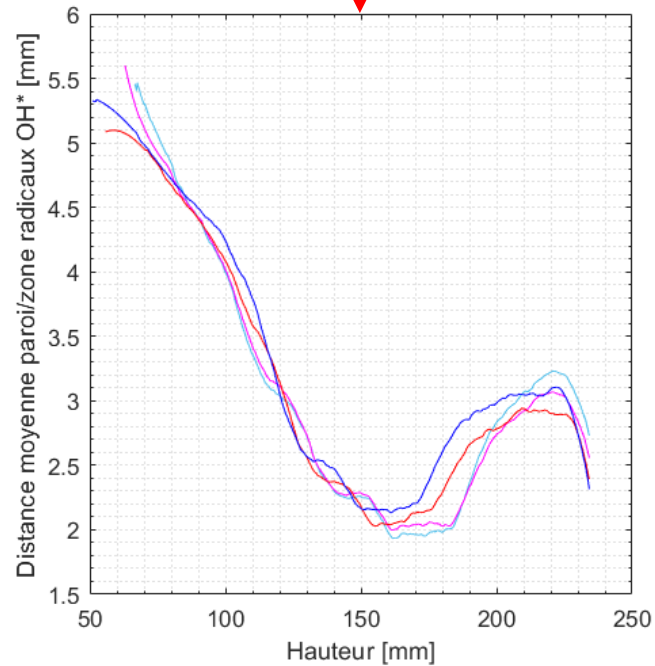
Filtrage de
l'image
moyenne

Binarisation
de l'image
moyenne

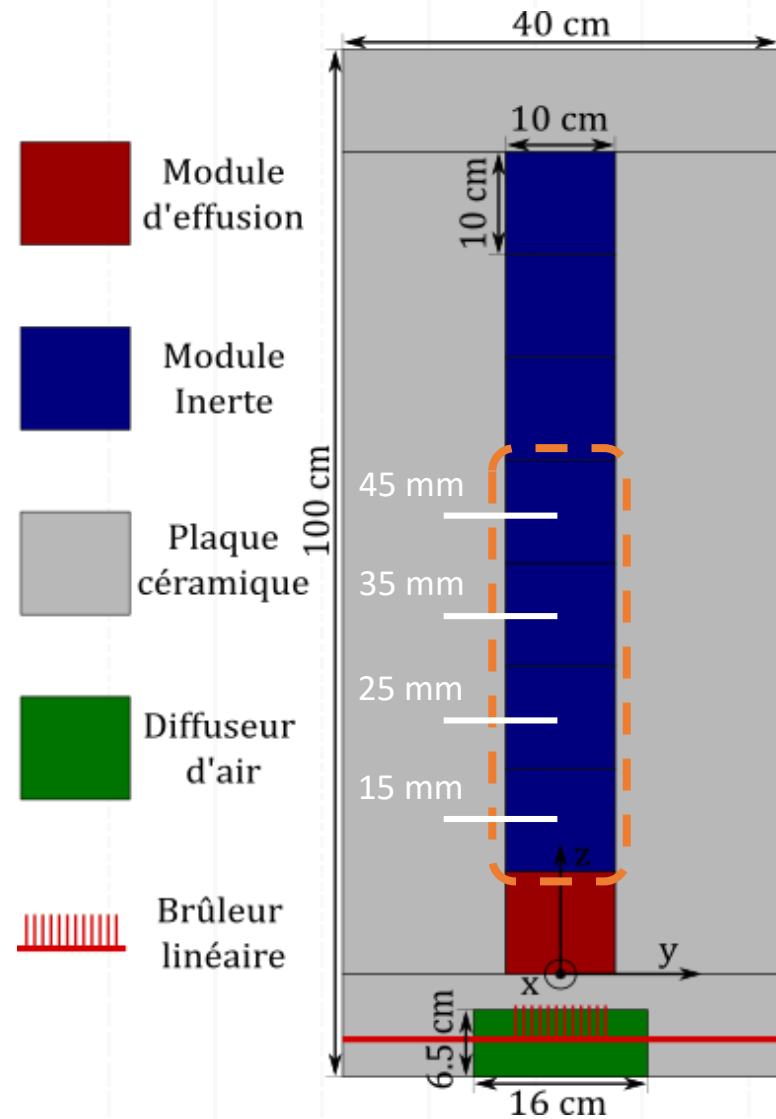
Récupération
des contours

Lissage des
contours

Calcul des
grandeurs



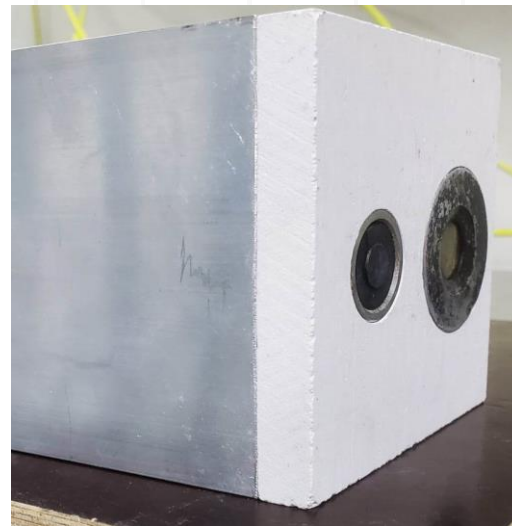
Caractérisation du dispositif à 1 ME : Mesure de flux de chaleur



$$f_{aq} = 1 \text{ kHz}$$



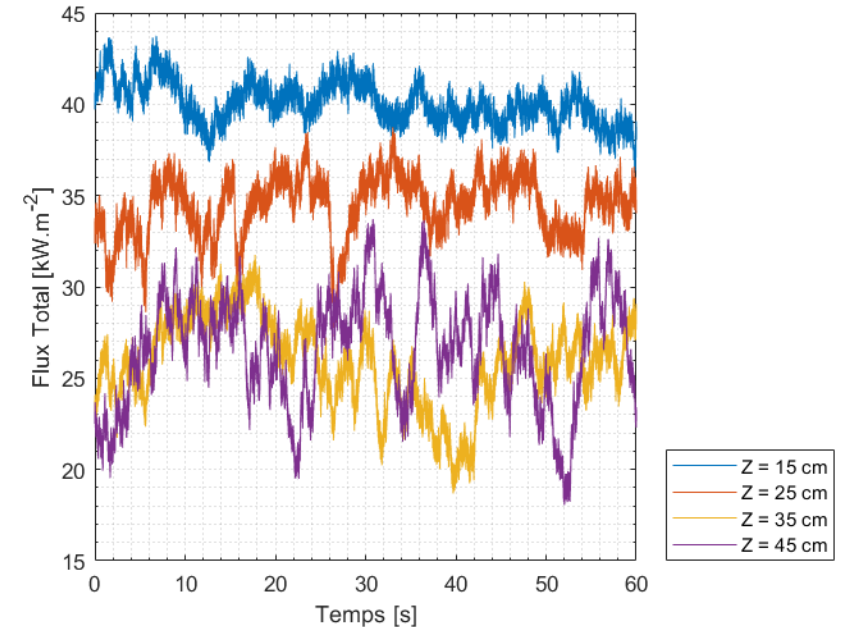
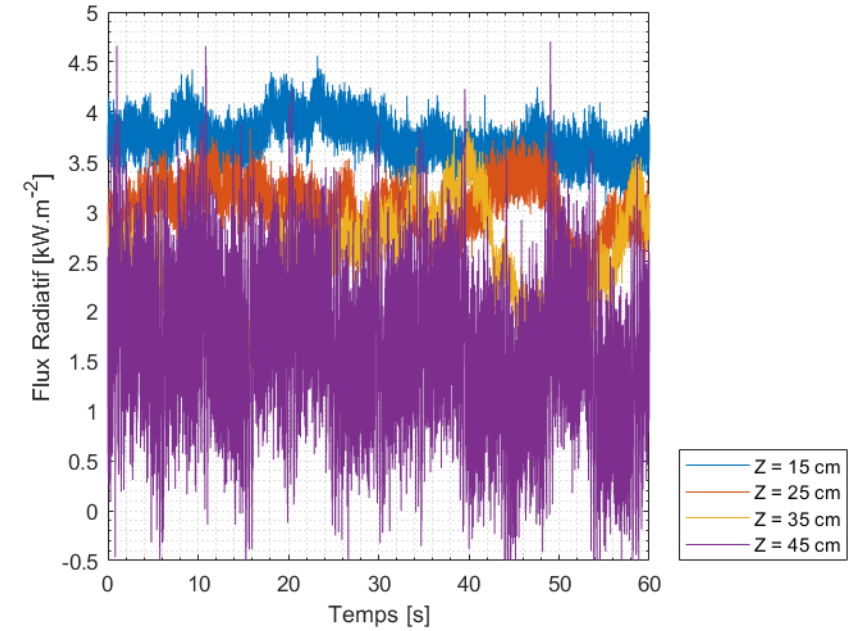
Fluxmètre total



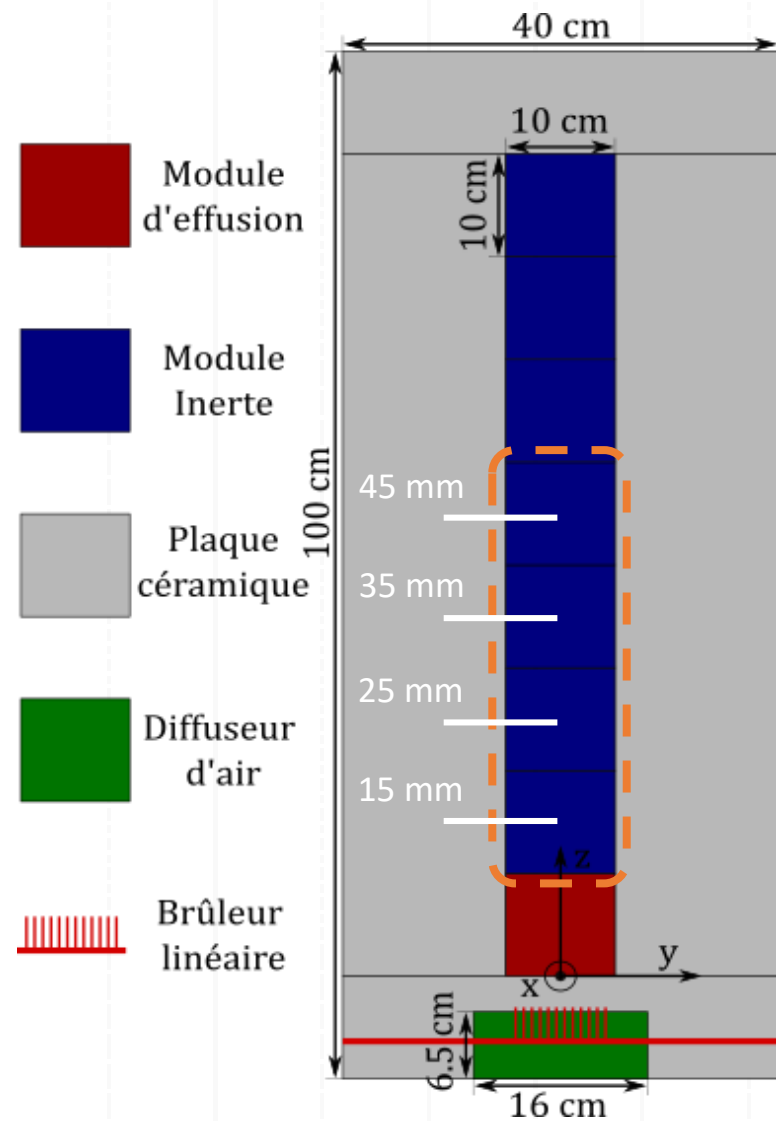
Fluxmètre radiatif

$$\dot{m}''_{ME} = 9,53 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\dot{q}''_{ME} = 477 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$$



Caractérisation du dispositif à 1 ME : Mesure de flux de chaleur

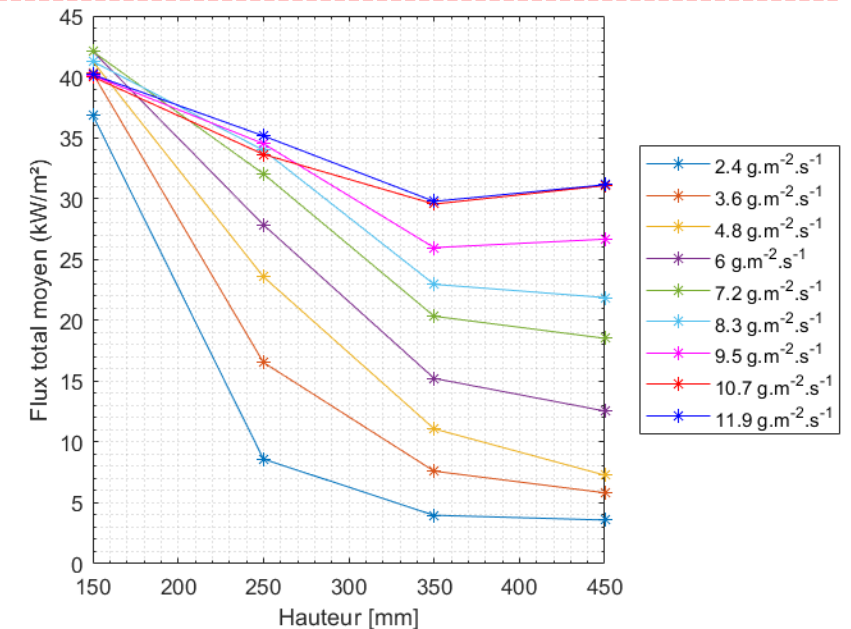
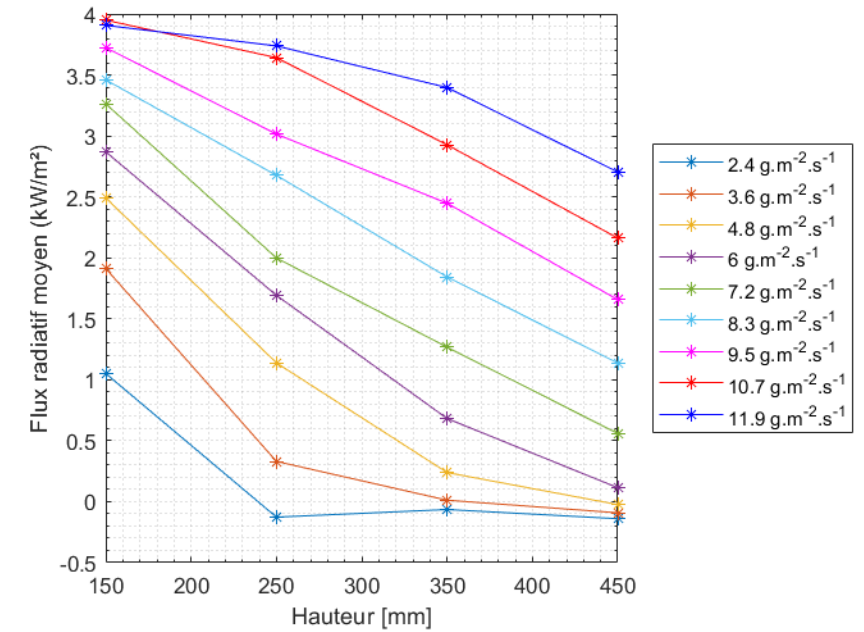
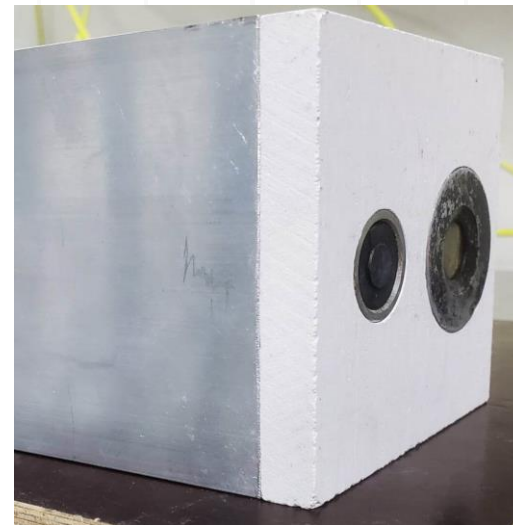


$$f_{aq} = 1 \text{ kHz}$$

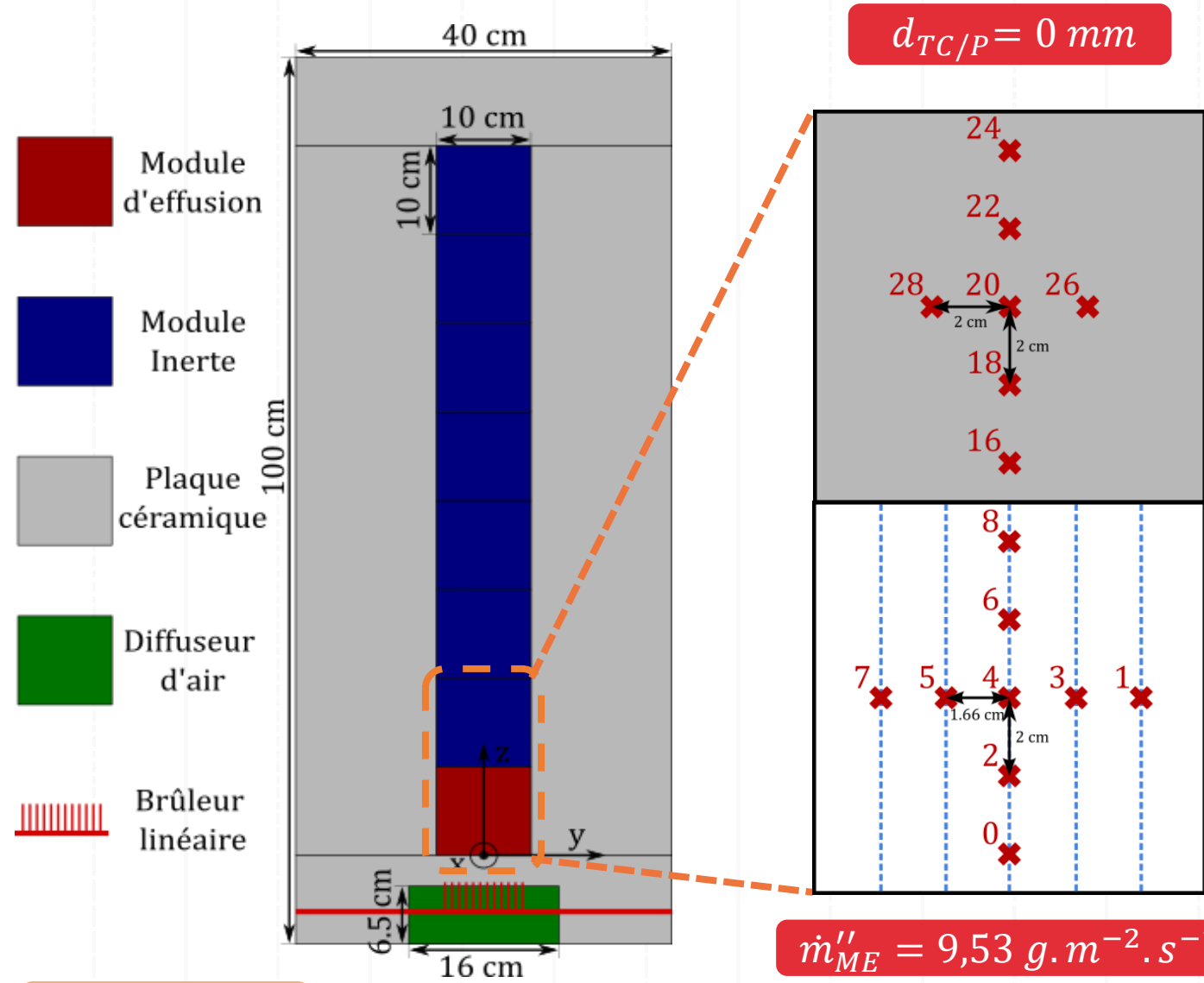
Fluxmètre total



Fluxmètre radiatif



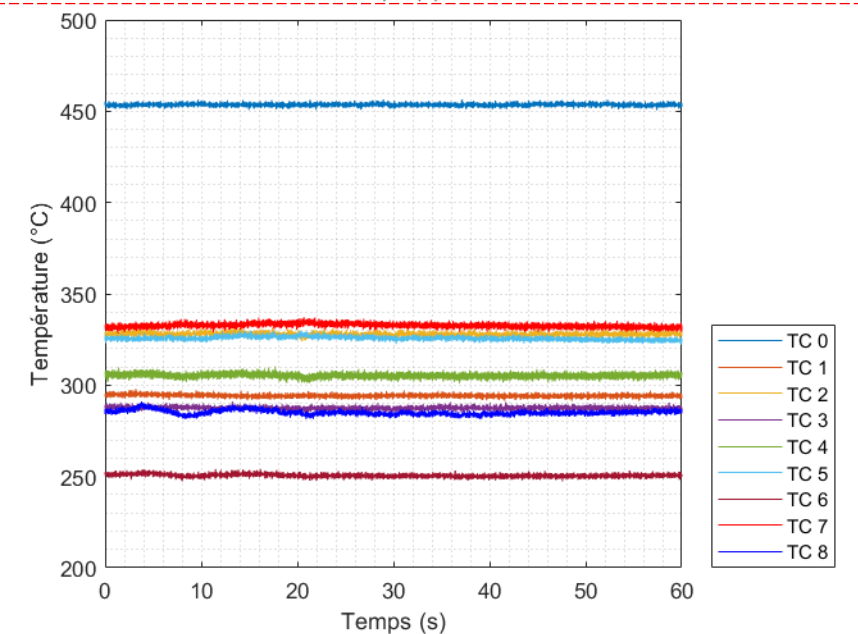
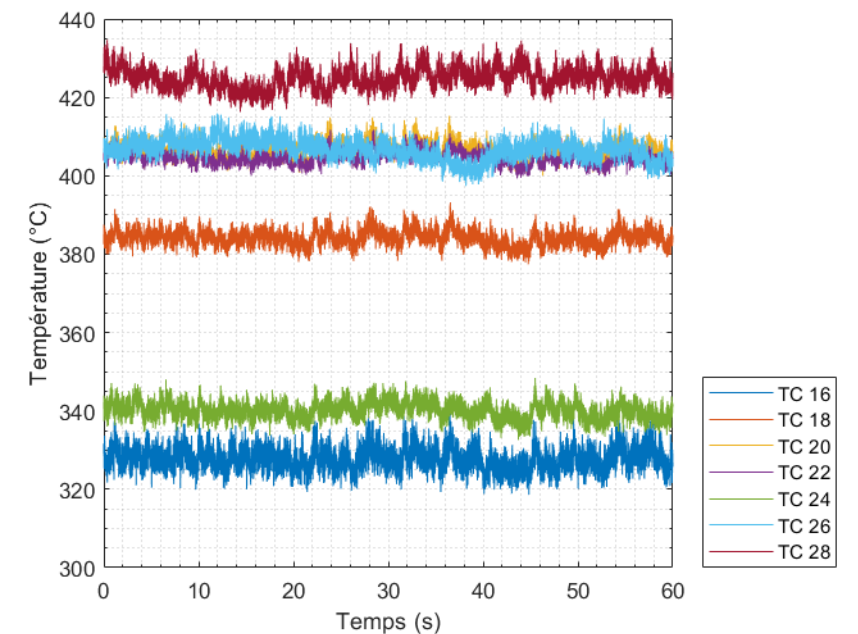
Caractérisation du dispositif à 1 ME : Mesure de température



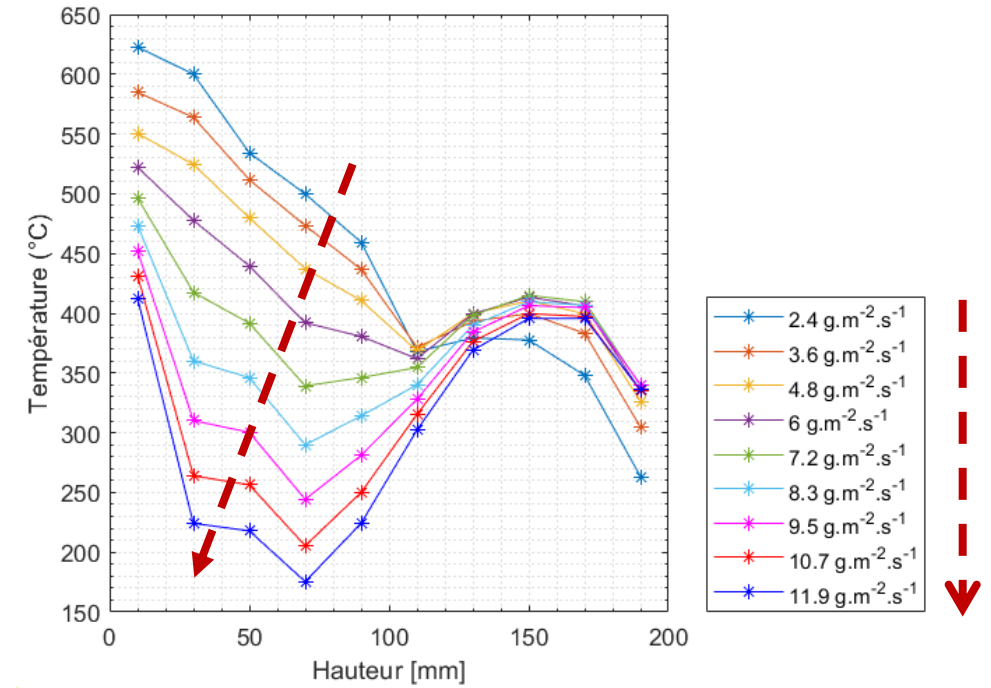
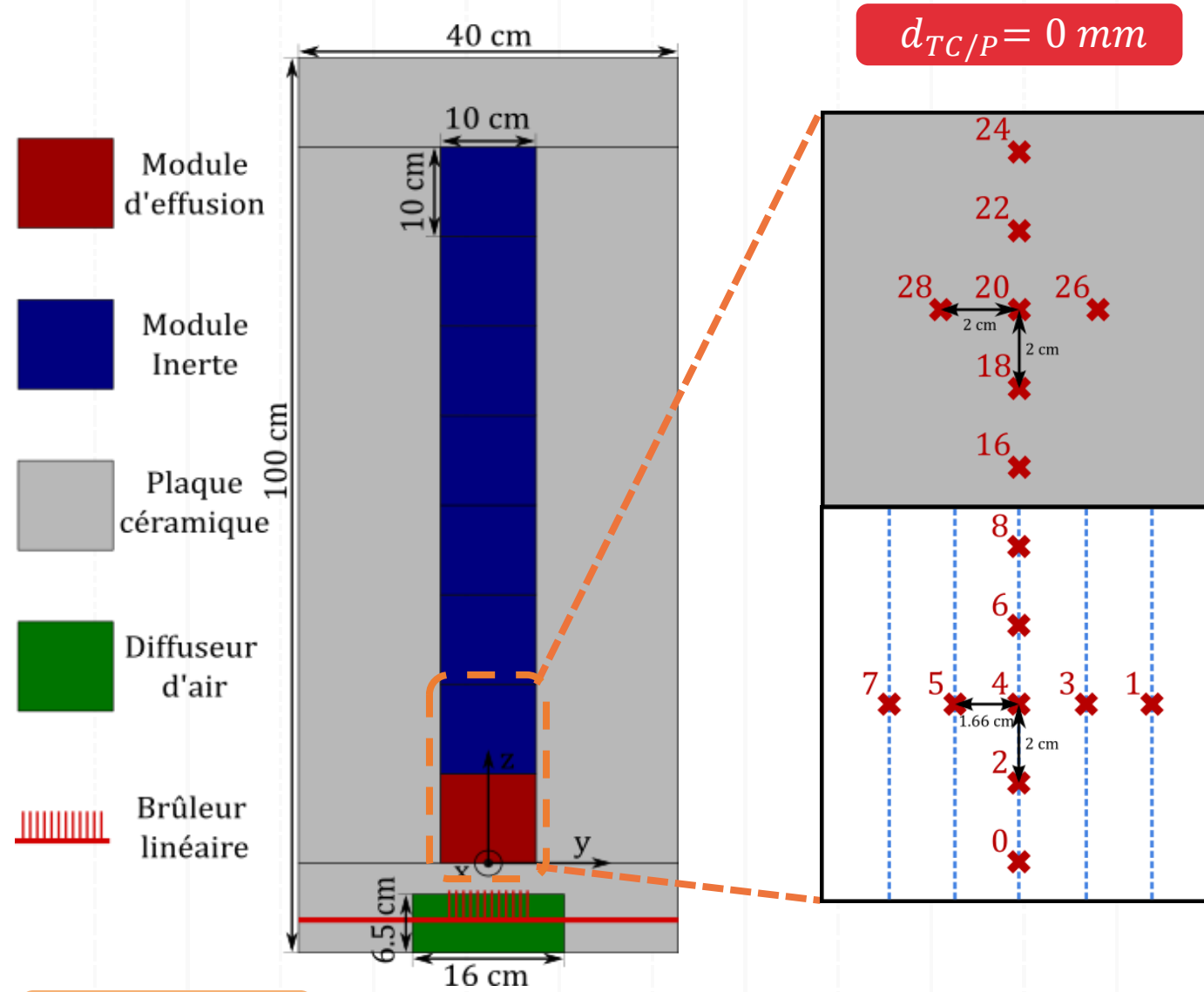
$f_{aq} = 1 \text{ kHz}$

$\dot{m}''_{ME} = 9,53 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

$\dot{q}''_{ME} = 477 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$



Caractérisation du dispositif à 1 ME : Mesure de température



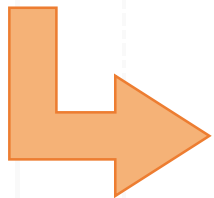
$f_{aq} = 1 \text{ kHz}$

Caractérisation à 1 ME

- ❖ Effectuer des mesures de températures et de flux de chaleur sur la partie haute de la façade
- ❖ Effectuer des visualisations latérales de chimiluminescence sur la partie haute de la paroi
- ❖ Effectuer des mesures par PIV

Caractérisation à 1 ME

- ❖ Effectuer des mesures de températures et de flux de chaleur sur la partie haute de la façade
- ❖ Effectuer des visualisations latérales de chimiluminescence sur la partie haute de la paroi
- ❖ Effectuer des mesures par PIV



Etudier l'influence de l'ajout de module d'effusion sur la propagation de la flamme



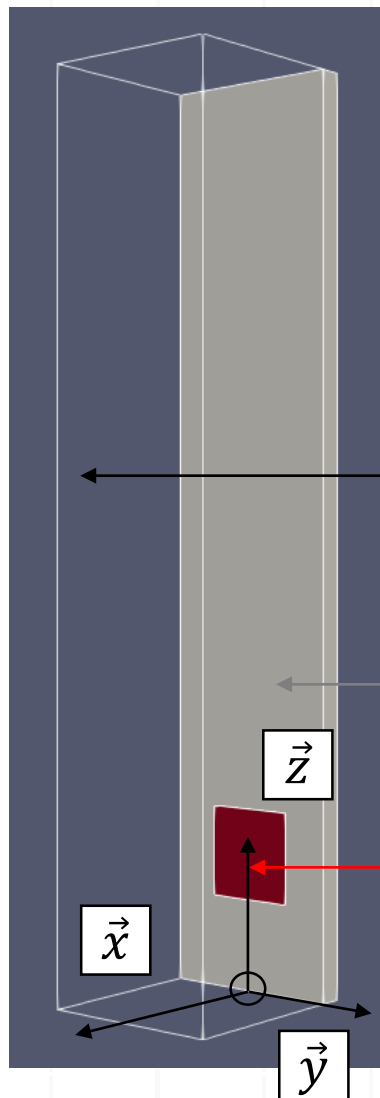
$$Q_{v,ME} = 4 \text{ NL} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$\dot{m}''_{ME} = 4,8 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\dot{q}''_{ME} = 239 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$$

FireFOAM : Comparaison avec les résultats expérimentaux

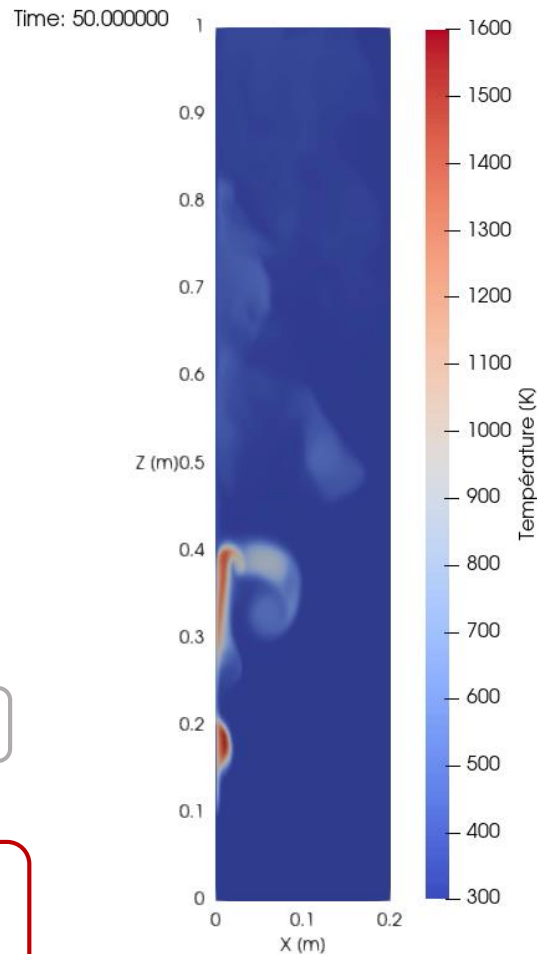
Géométrie



Conditions aux limites ouvertes

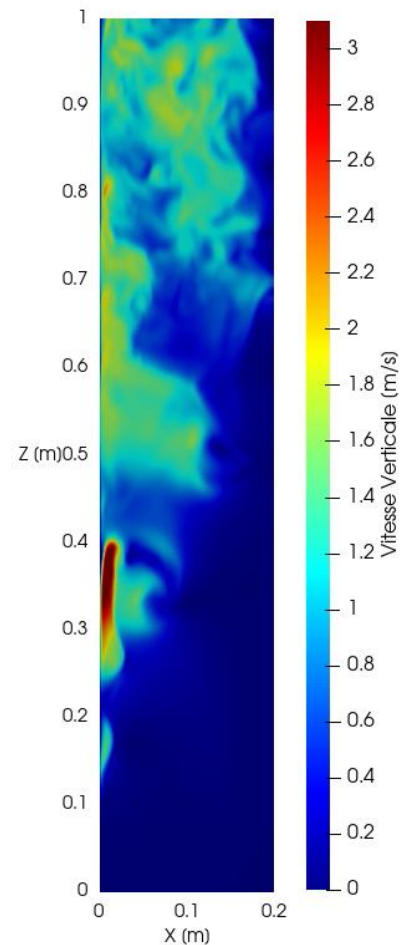
Paroi inerte

Injection de CH_4

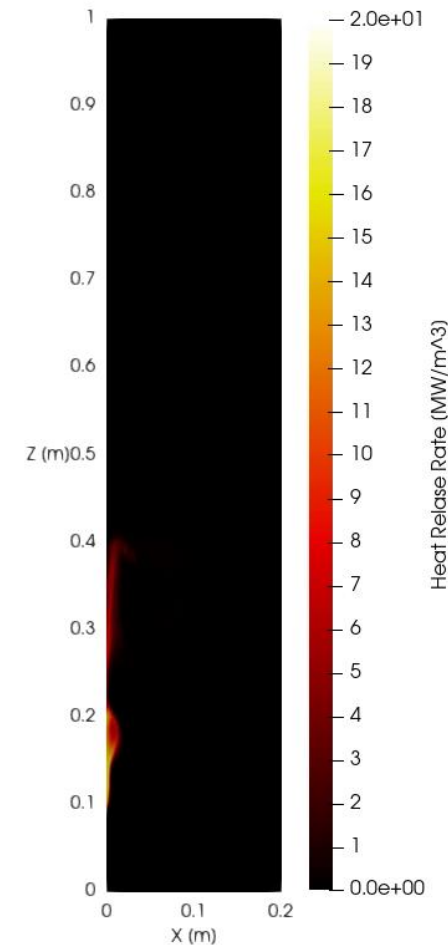


Température

Plan médian



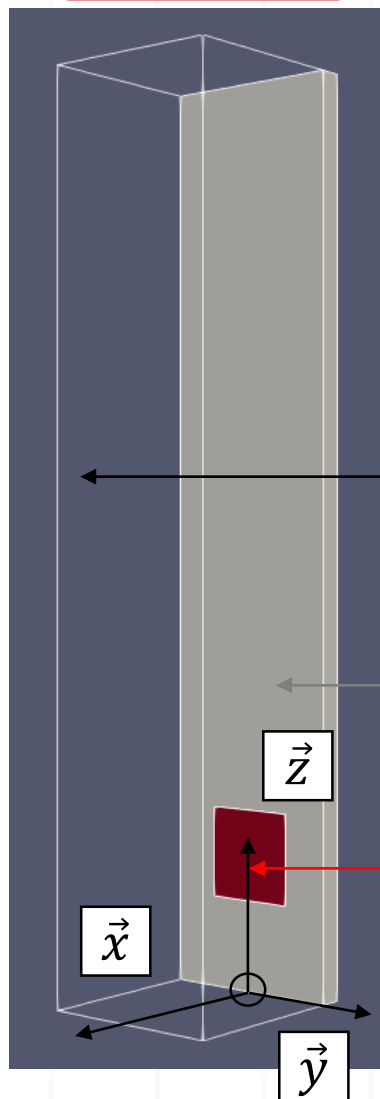
Vitesse ascendante



HRR

FireFOAM : Comparaison avec les résultats expérimentaux

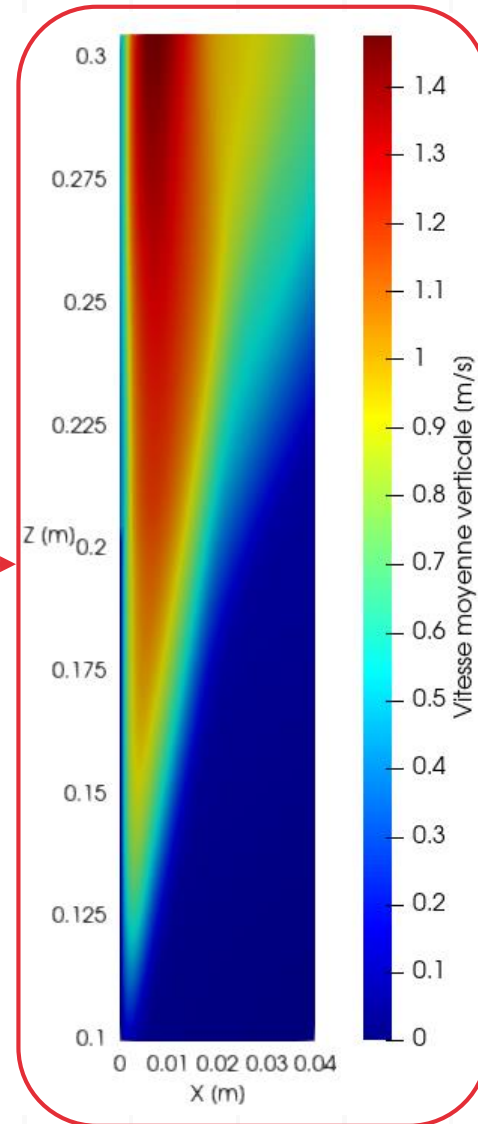
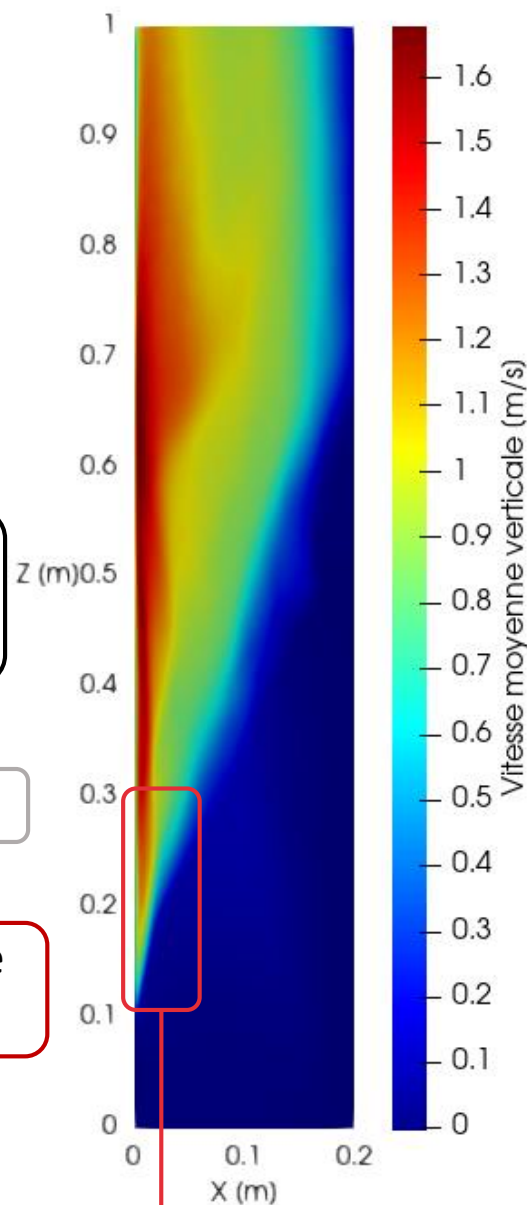
Géométrie



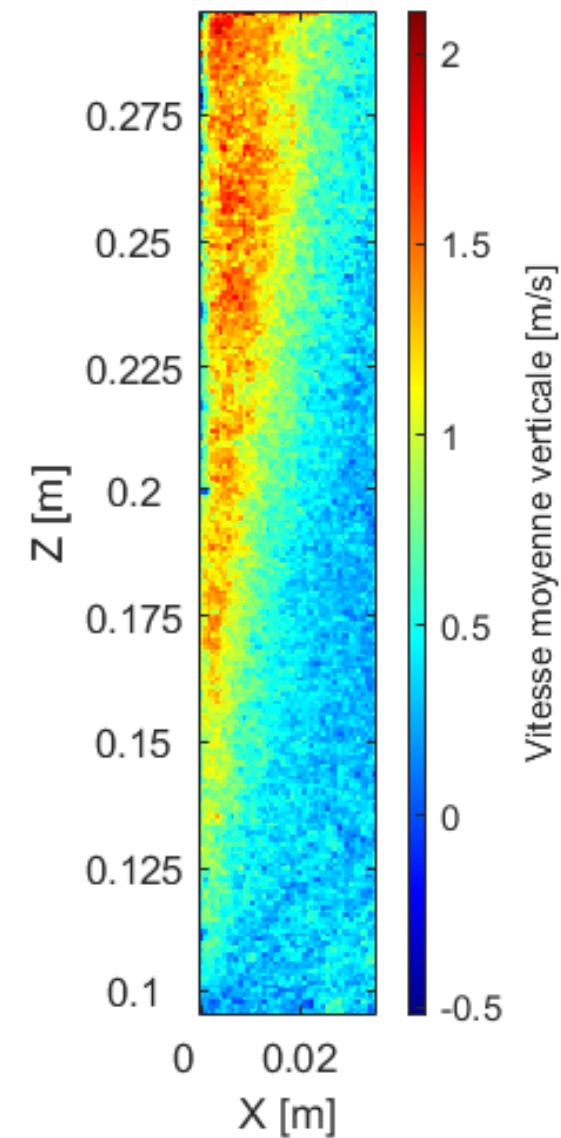
Conditions aux limites ouvertes

Paroi inerte

Injection de CH_4



FireFOAM



PIV



Merci de votre attention

