



Analyse de la structure de flammes de propane et d'heptane

Benjamin Truchot^a, Jean-Pierre Bertrand^a, Stéphane Mania^a, Fatiha Nmira^b, Shihab Rahman^a

^aINERIS, Parc technologique ALATA, 60550 Verneuil en Halatte, France

^bEDF Lab Chatou, 6 quai Watier, 78401 Chatou, France

GDR Feux – Lille – 13/14 Février 2020

INERIS

maîtriser le risque
pour un développement durable

Modélisation des incendies

- Chimie infiniment rapide
- Peu d'espèces chimiques prise en compte
- Difficulté de modélisation des phénomènes de rayonnement

EDF 2017 : Modèle théorique pour décrire l'évolution et la ré-inflammation de poches de gaz imbrûlés au cours d'un incendie en milieu confiné :

- Transport de pdf (non présumée)
- Chimie détaillée : flammelettes laminaires
- Interactions rayonnement/turbulence et rayonnement/combustion
- Génération de suies

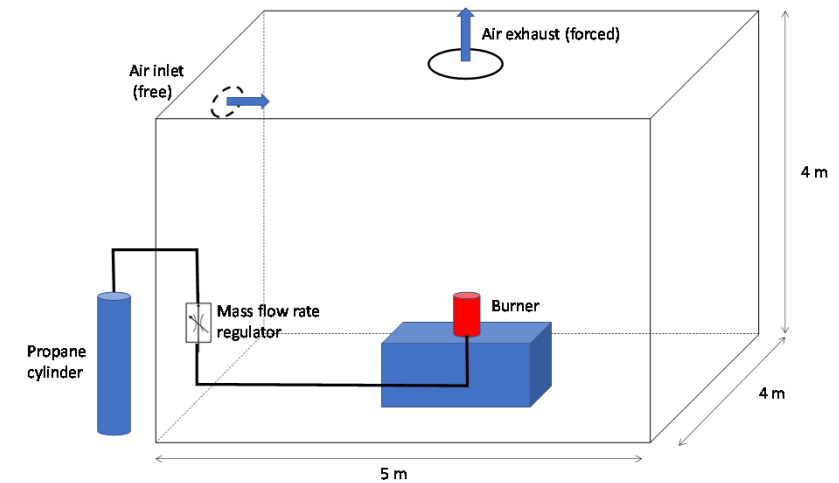
Besoin de données expérimentales pour validation

- Mesure de chimie de la combustion
- Evaluation du rayonnement des flammes
- Influence de la nature du combustible

Objectif : Caractérisation des incendies

3 types de feu

- Feu de gaz (Propane) reproduisant un feu de solide / liquide
 - Maîtrise de l'influence du nombre de Froude : $2.0E-6 < Fr < 1.2E-5$
 - Contrôle du débit de propane (débitmètre massique)
 - Chimie « simplifiée »
- Feu de liquide (Heptane)
 - Pas de contrôle du débit d'évaporation, « feu naturel »
 - Chimie réaliste même si on reste mono-espèce
- *Feu de solide (PMMA)*
 - Difficulté expérimentale de maîtrise du foyer



Matrice d'essais

N°	Produit	Diamètre du feu [cm]	Taille de flaque [m ²]	Chambre de test
1	Propane	11	0,01	80
2	Heptane	11	0,01	80
3	<i>PMMA</i>	<i>11</i>	<i>0.01</i>	<i>80</i>
4	Propane	50	0,2	80
5	Heptane	50	0,2	80
6	<i>PMMA</i>	<i>50</i>	<i>0,2</i>	<i>80</i>
7	Propane	200	3,1	1 000
8	Heptane	200	3,1	1 000
9	<i>PMMA</i>	<i>200</i>	<i>3,1</i>	<i>1 000</i>

Température

- Distribution de TC type K dans la flamme
- Maillage de 5 x 5 cm dans la zone de flamme

Vitesse

- Utilisation d'ADL pour mesure de vitesse
- Point spécifique : pas d'ensemencement à ce stade



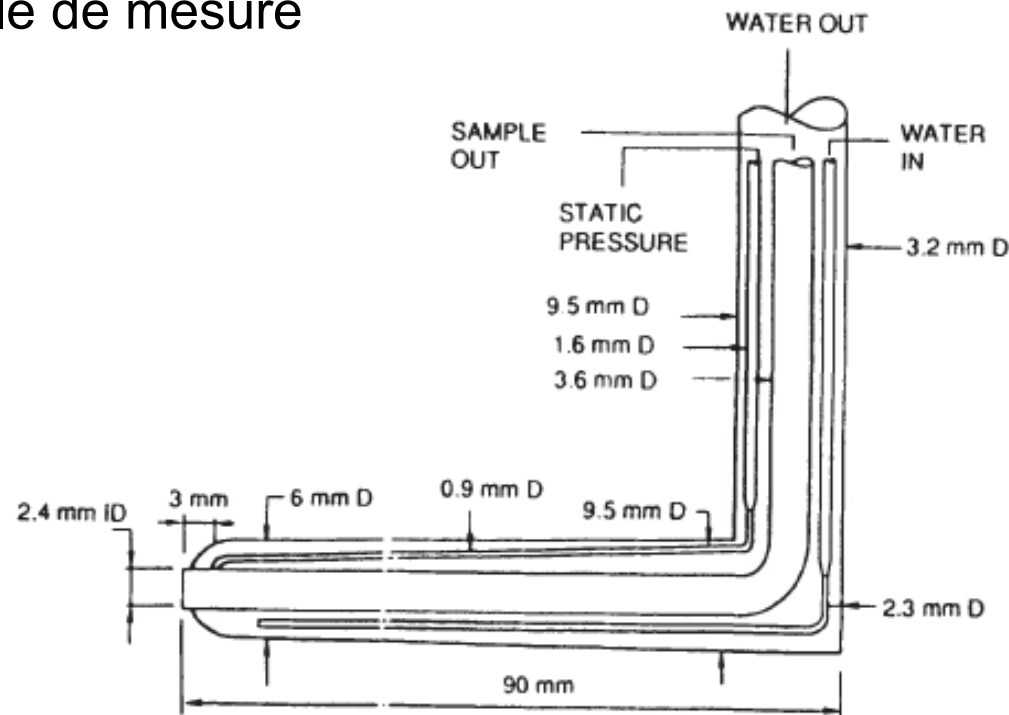
Mesure de la composition chimique des gaz dans la flamme

- Sonde de prélèvement
- Couplage FTIR/ μ GC



Sonde de prélèvement gaz : techniquement complexe

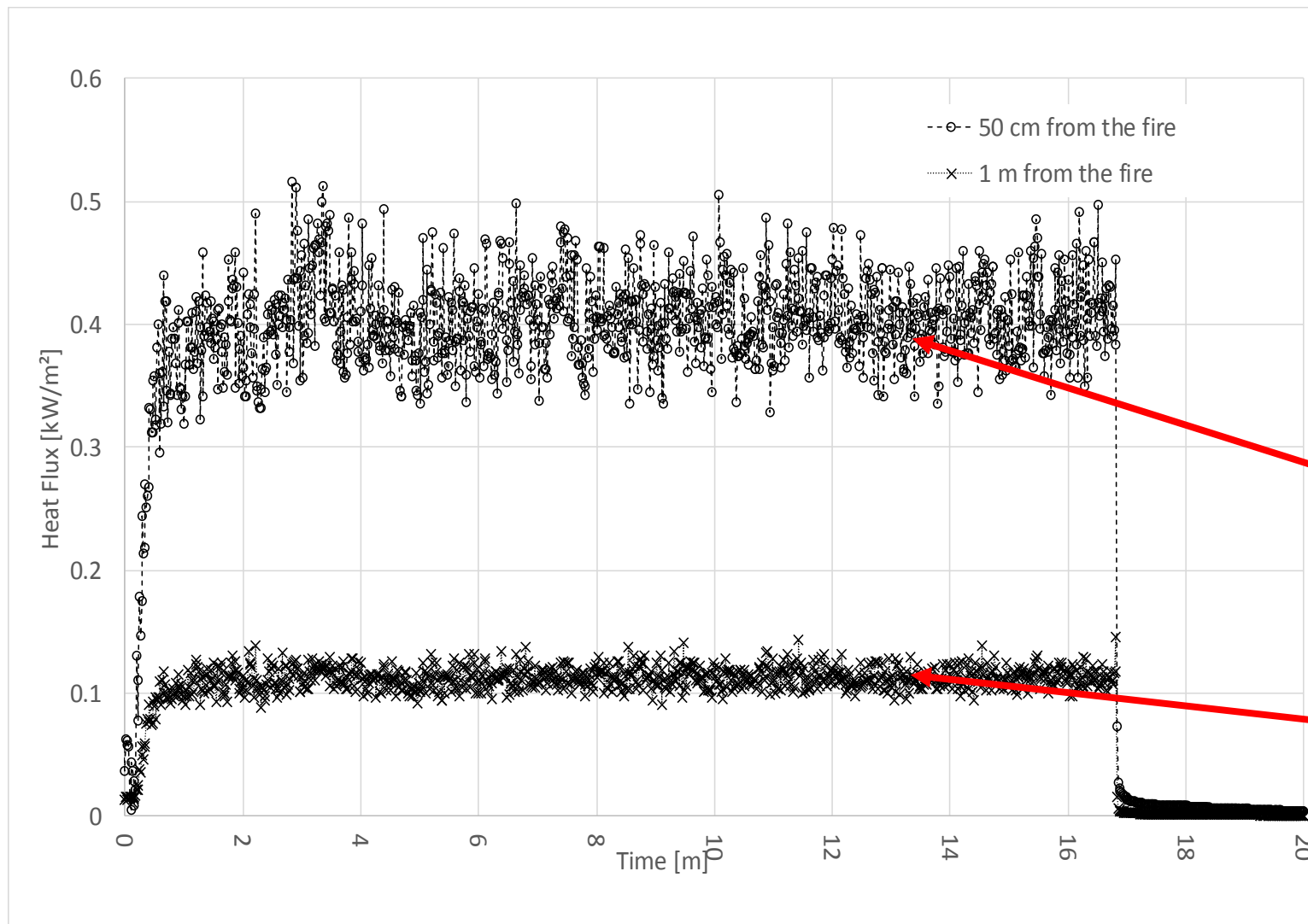
- La mesure ne doit pas être intrusive
- La composition chimique ne doit pas être modifiée entre le point de prélèvement et l'analyse, tout en évitant la condensation des gaz en paroi entre le prélèvement et l'analyseur
- La mesure peut présenter un risque pour l'analyseur – réaction chimique dans la cellule de mesure



Application au propane (diamètre brûleur : 11 cm)



Application au propane

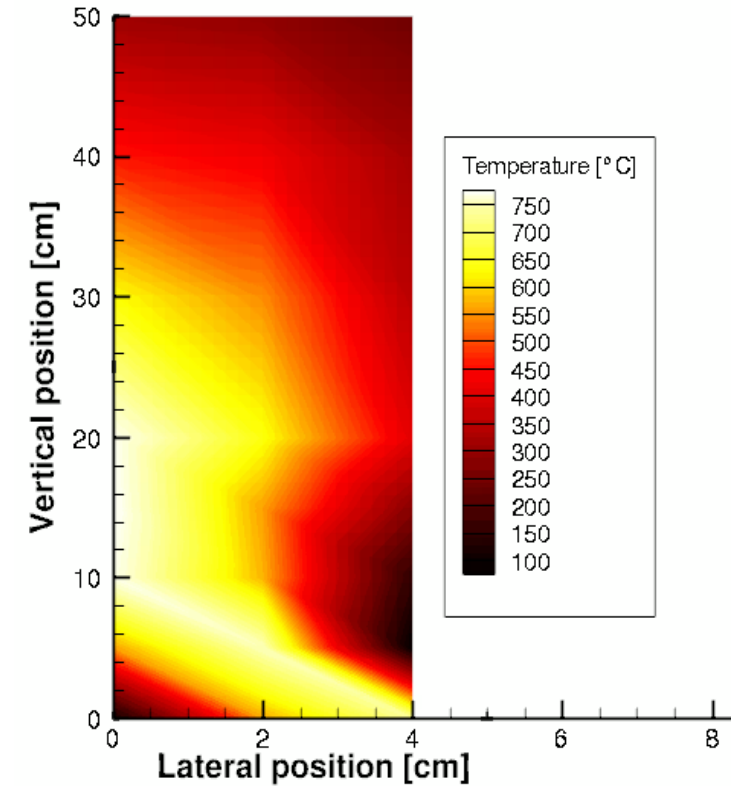
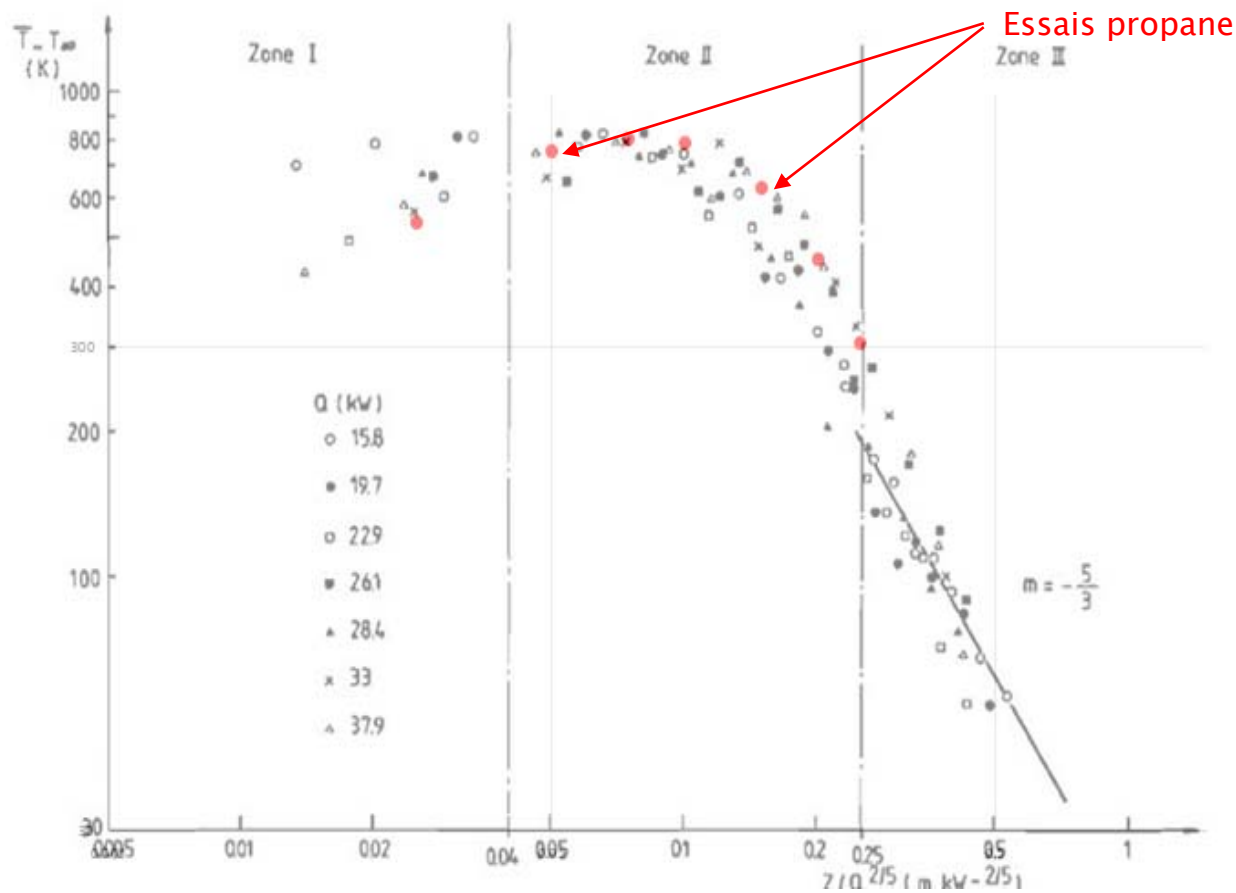


Flux thermique à 50 cm de la flamme

Flux thermique à 1 m de la flamme

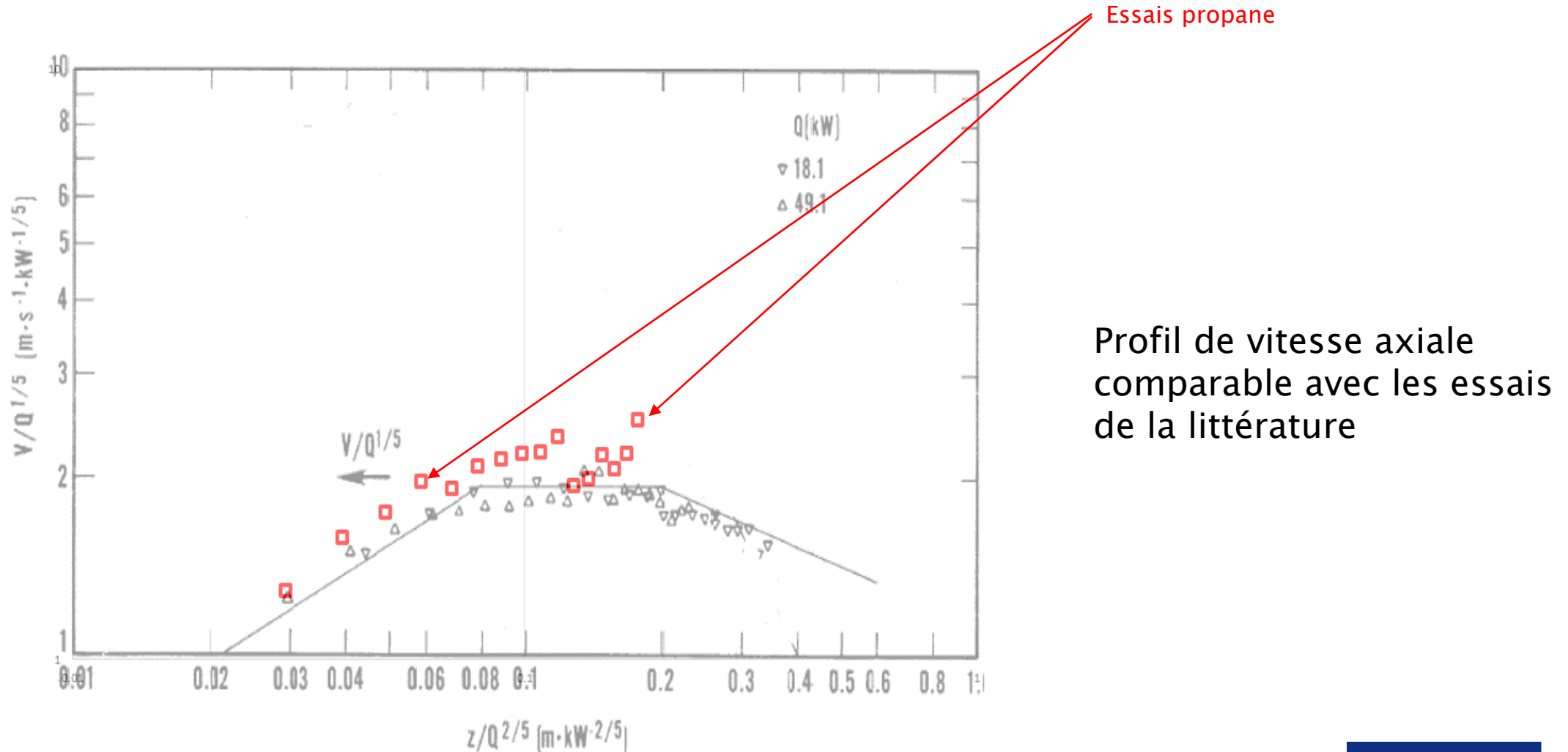
→ Flamme stable

➤ Profil de température sur l'axe central



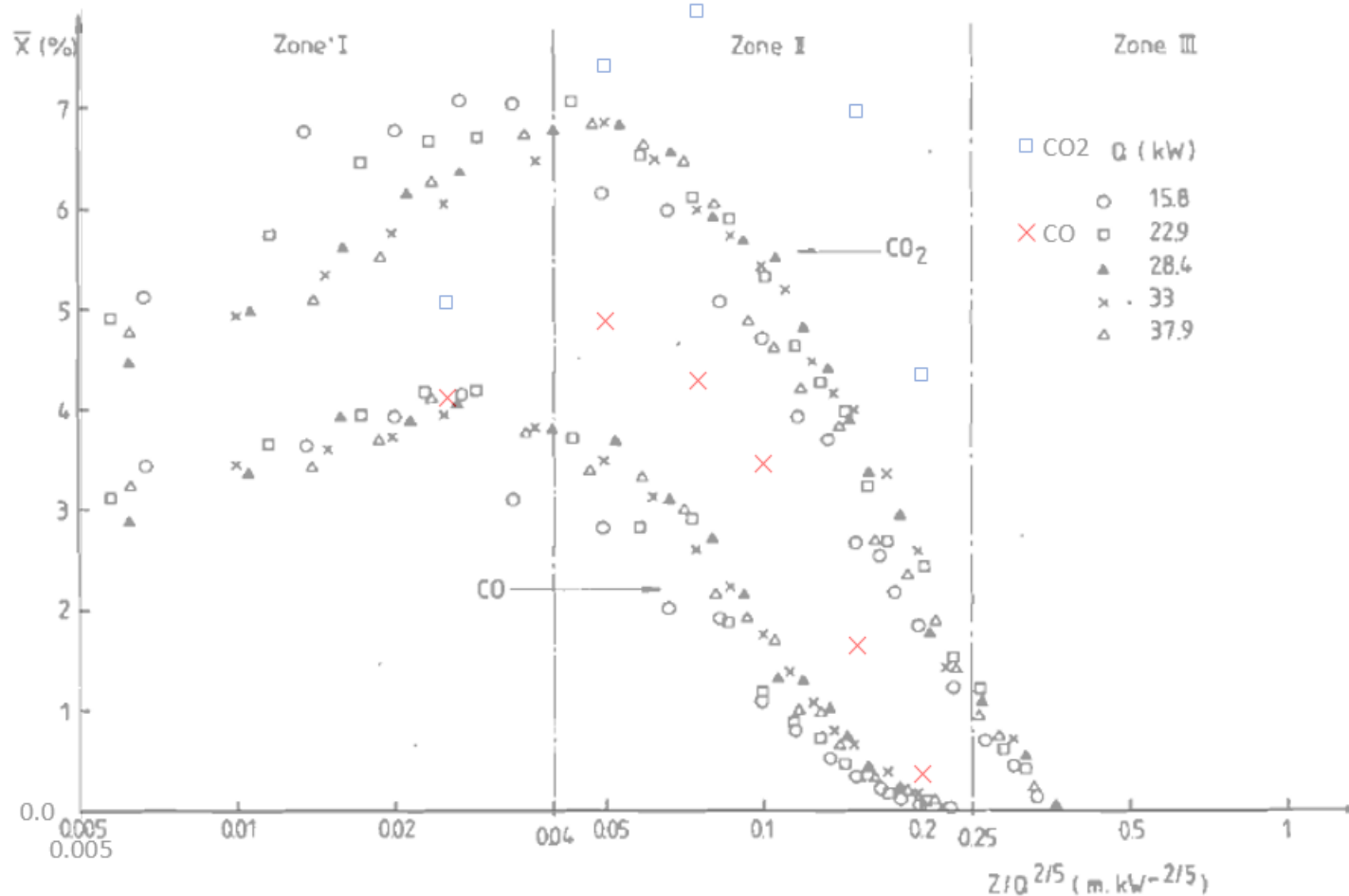
Profil axial de température comparable avec les essais de la littérature

➤ Profil de vitesse verticale sur l'axe central

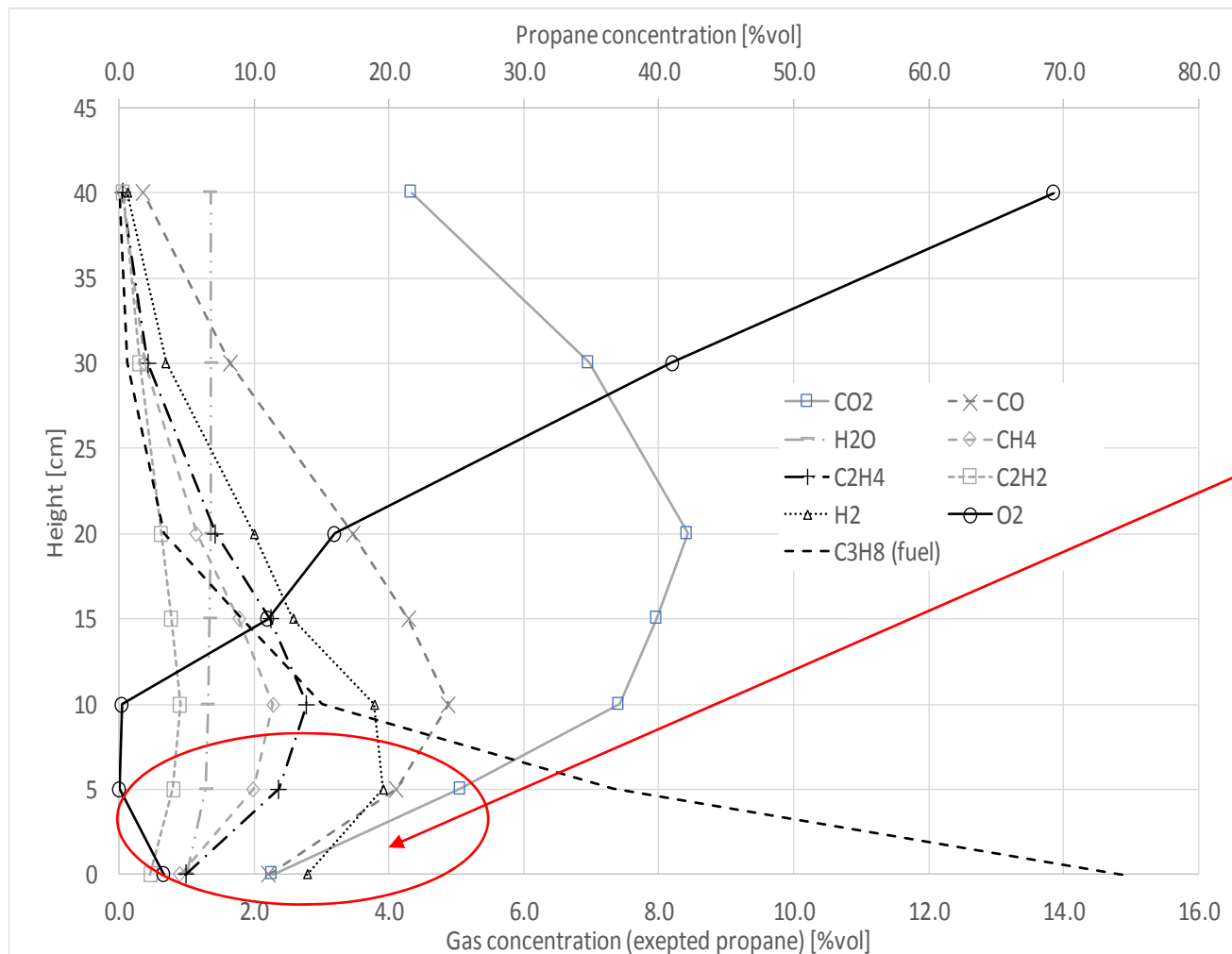


Application au propane

- Concentration en espèces chimiques : peu de données disponibles
- Mesure complexe : besoin de vérification de la pertinence de la mesure

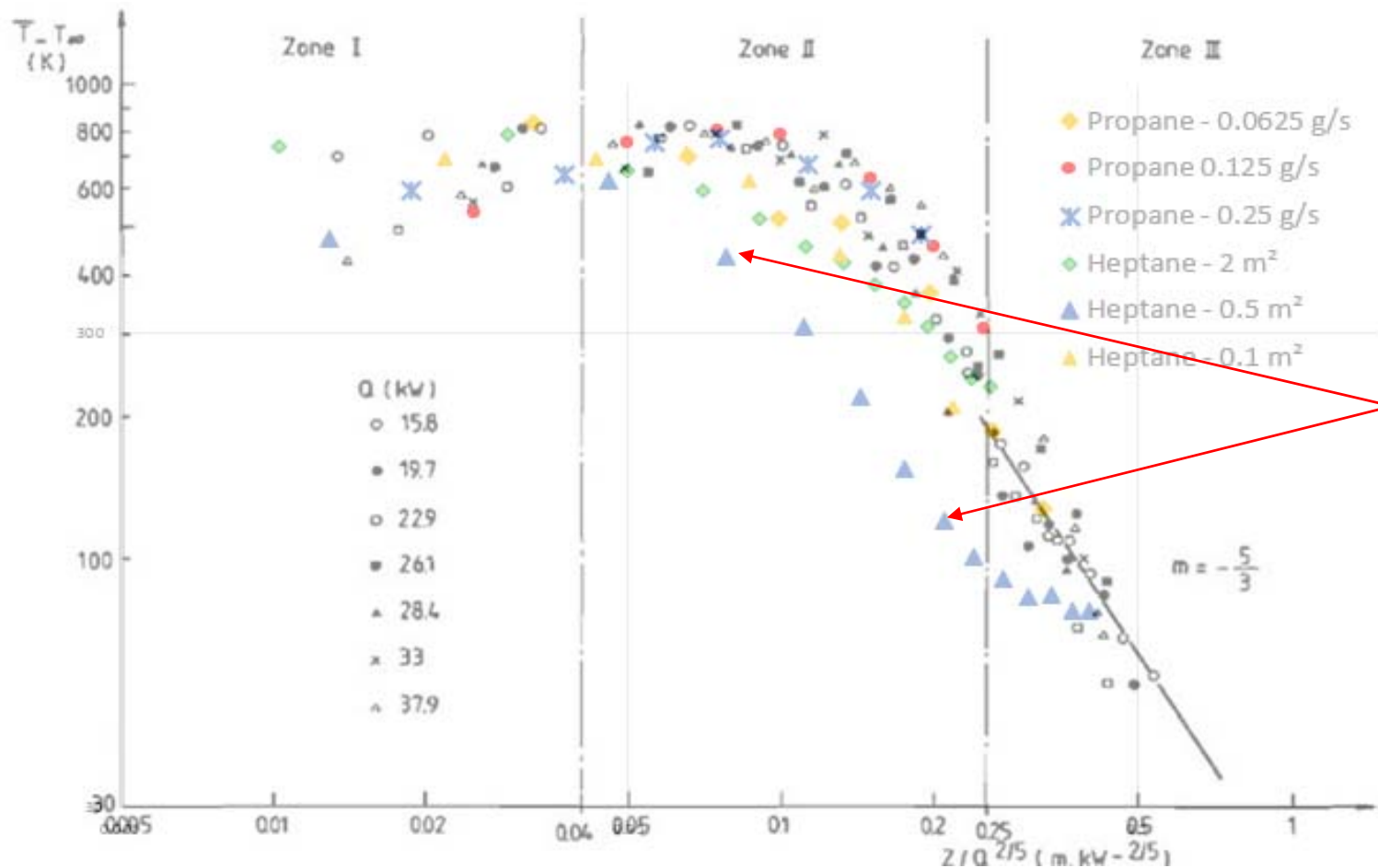


➤ Profil de concentration des espèces chimiques



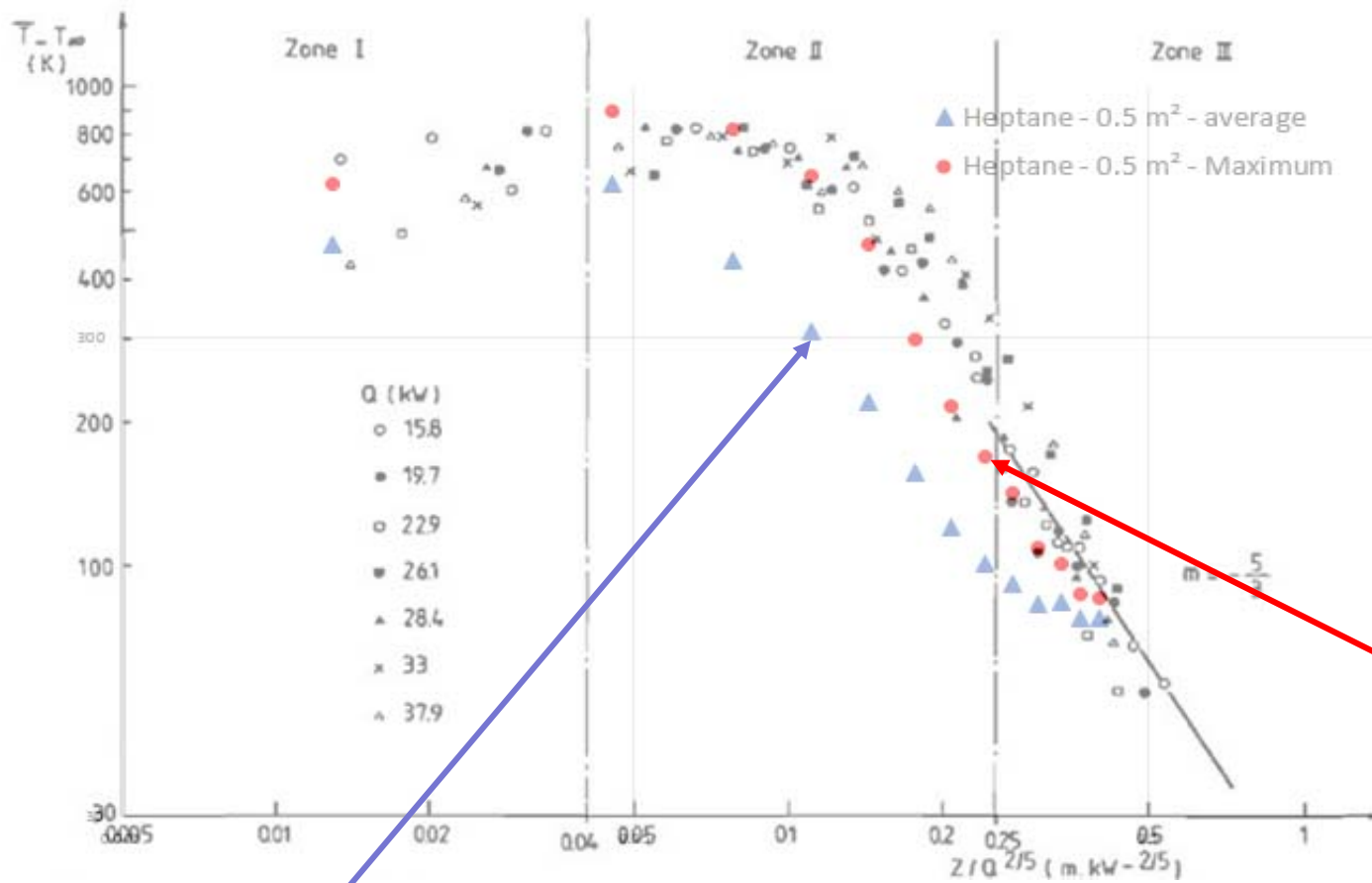
Existence d'espèces chimiques avant la flamme : réactions de pré-combustion, convection, diffusion ...
Phénomène également constaté dans la littérature

➤ Profil de température sur l'axe central



Profil de vitesse axiale comparable avec les essais de la littérature, mais écart pour le feu d'heptane de diamètre 0,5 m²

➤ Profil de température sur l'axe central



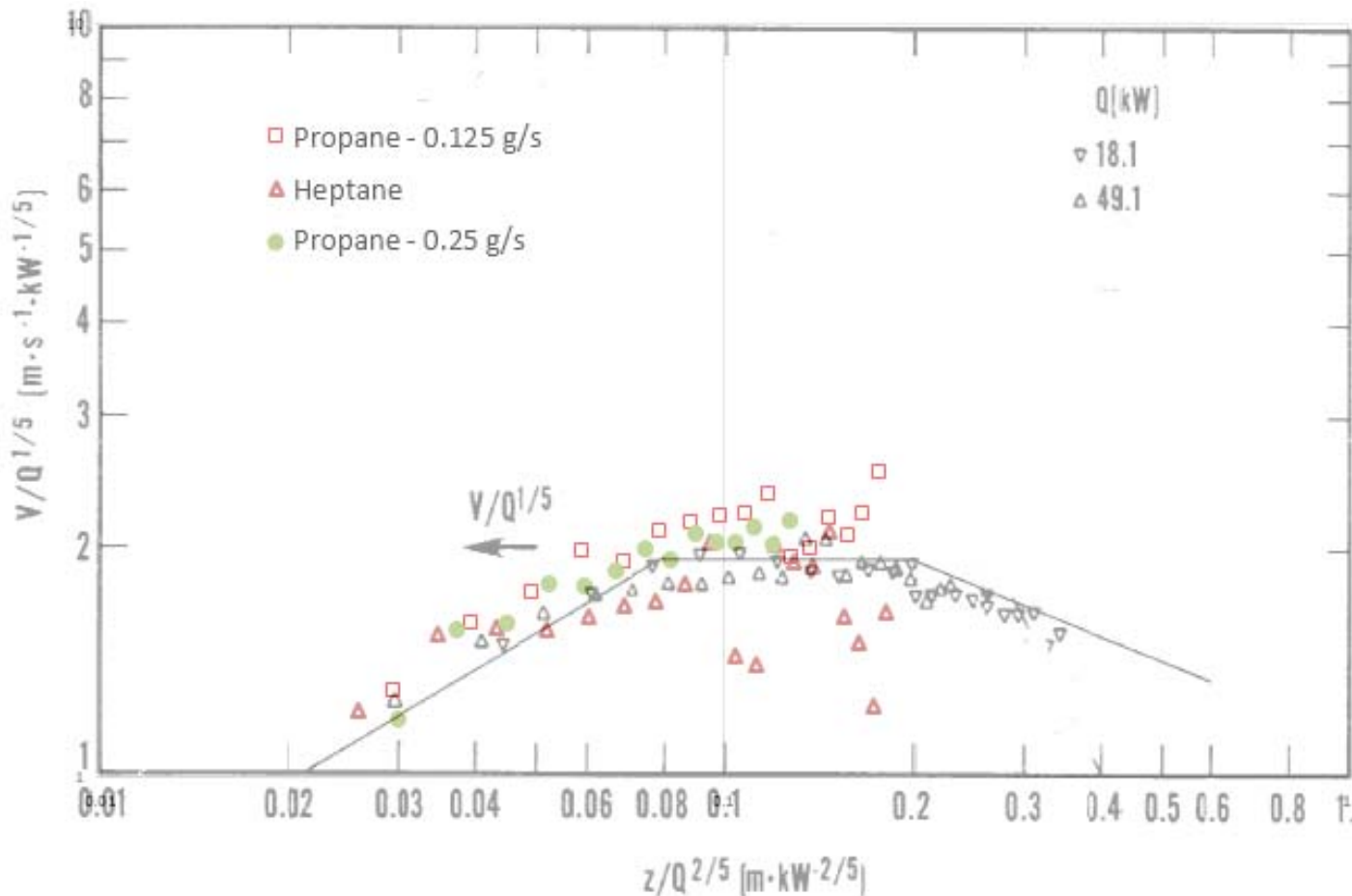
L'écart peut être dû à la ventilation impliquant des battements de la flamme d'heptane

Température max (0,5 m² heptane)

Température moyennée (0,5 m² heptane)

Influence de l'échelle et du combustible

➤ Profil de vitesse verticale sur l'axe central (propane et heptane 0,11 m)



Globalement, bon accord avec la littérature, malgré quelques écarts pour le feu d'heptane

- Mise en place d'un dispositif expérimental permettant d'étudier les flammes de propane et d'heptane
 - Validation des profils de température, de vitesse et de concentration dans l'axe de la flamme par comparaison à la littérature
 - Mise en évidence d'espèces chimiques présentes avant la zone de flamme : réactions de pré-combustion, convection, diffusion ...
 - Paramétrisation sur le combustible et l'échelle d'expérimentation : peu de différence sur les profils de vitesse et de température, excepté pour le feu d'heptane de 0,5 m²

- A venir : Modélisation et comparaison entre essais et calculs
 - FDS & FireFOAM