

CONTEXTE

Caractérisation de la combustion sans flamme dans un four de laboratoire alimenté en gaz naturel



Etude expérimentale

En fonction des paramètres de fonctionnement :
(puissance gaz, température de l'air, excès d'air, température des fumées)

- Déterminer les niveaux de température et leur répartition dans le four pour caractériser le transfert de chaleur → Mesures de température
- Déterminer la forme et la position de la zone réactionnelle.

→ **Mesure de la distribution des espèces chimiques**

Etude numérique

Modéliser l'installation grâce à un code commercial de CFD (Fluent)

- Tester les différents modèles d'écoulement du fluide et de réaction chimique disponibles
- Comparer les résultats obtenus avec les valeurs expérimentales pour valider la démarche et déterminer les modèles les plus appropriés à la modélisation de la combustion sans flamme

PRESENTATION DU PROBLEME

Combustion sans flamme



Caractéristiques

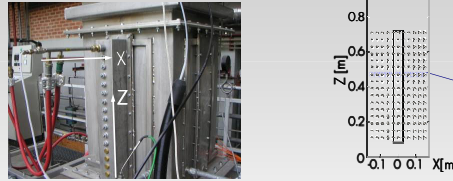
- Faible émission de NOx
- Uniformité de la température
- Zone réactionnelle - détachée du brûleur - volume important
- Flamme invisible à l'œil nu

Deux régimes observés

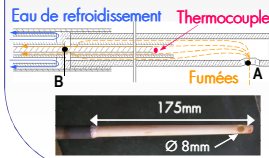
- 2 zones réactionnelles de part et d'autre de l'axe Z aux environs de $Z=0.33m$
↓ si $T_{fumées}$ diminue
- 1 zone réactionnelle dans l'axe avec éloignement ↗
La température de transition d'un régime à l'autre varie en fonction de l'excès d'air considéré.

Mesures intrusives

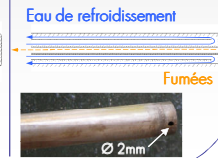
Les sondes de mesure sont déplacées dans le plan de symétrie pour relever les températures et concentrations en chaque point de la zone d'investigation



Pyromètre à aspiration
Mesure de température et prélèvement pour analyse

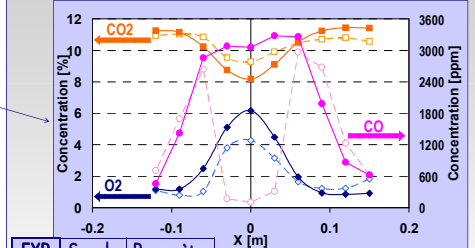


Sonde d'analyse
Prélèvement pour analyse



Problème rencontré

Les concentrations obtenues avec chaque sonde sont comparées sur un profil $Z=0.51m$ pour $E=10\%$.



EXP	Sonde	Pyromètre
O ₂	◆	◆
CO ₂	■	■
CO	●	●

Espèces principales:
Les différences sont très marquées selon l'axe Z. Avec le pyromètre: -1% d'O₂ et +2% de CO₂

Pour le CO, représentatif de la zone réactionnelle:
Un maximum avec la sonde et deux avec le pyromètre
→ Le régime de combustion identifié change selon l'instrument utilisé

ORIGINE DE LA DIFFERENCE ENTRE SONDES

Différence de volumes aspirés ?

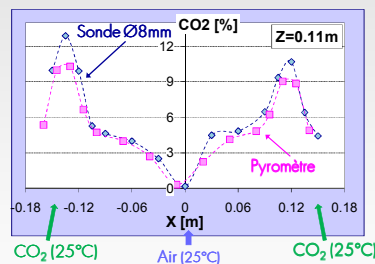
La mesure représente une moyenne sur un certain volume qui peut être différent d'une sonde à l'autre.

1> **Uniformisation de la taille de l'orifice de prélèvement**
Les vitesses obtenues avec la sonde sont 16x plus grandes puisque les diamètres sont dans un rapport 4.

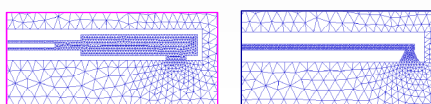


→ L'allure des profils de concentration ne change pas en augmentant la taille de l'orifice.

2> **Comparaison sur un écoulement non réactif à température ambiante**
Pour s'affranchir de l'effet de la température et de la réaction, la comparaison se base sur des profils réalisés en introduisant du CO₂ inerte dans les injecteurs gaz.



→ La différence qui subsiste est de l'ordre de 1% de CO₂. La modélisation de la sonde permet de vérifier que la géométrie interne des instruments en est la cause.



La réaction se poursuit dans le pyromètre ?

Pour s'assurer que la composition mesurée corresponde au point de mesure, la réaction doit être figée au point de prélèvement (A). Or, l'échantillon prélevé avec le pyromètre n'est pas refroidi immédiatement, la réaction pourrait se poursuivre dans la partie chaude (de A → B).

Pour vérifier cette hypothèse, considérons un réacteur parfaitement mélangé à pression atmosphérique constante représentant la partie non refroidie du pyromètre et supposons que:

- La composition initiale (τ_0) est celle mesurée avec la sonde et correspond à la concentration réelle au point A
- La température est celle mesurée au même point par le pyromètre
- Le réacteur est adiabatique
- Le temps de séjour ($\Delta\tau$) peut être calculé en fonction du débit de prélèvement et de la géométrie du pyromètre

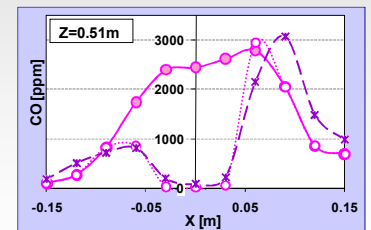
Le logiciel *Caslab* est utilisé pour calculer la composition de l'échantillon en $\tau_0 + \Delta\tau$ sur base d'un mécanisme réactionnel détaillé (GRI).

→ Si les concentrations obtenues sont semblables à celles relevées avec le pyromètre, l'hypothèse est vérifiée.

Pyromètre	Sonde (τ_0)	Sonde ($\tau_0 + \Delta\tau$)
◆	●	○

La chute de CO autour de l'axe et la position des maximums sont très bien reproduits avec la simulation de la réaction. Les résultats sont aussi probants sur les profils de CO₂ et d'O₂

→ Hypothèse validée



CONCLUSION

- L'influence de la géométrie interne de la sonde sur le volume aspiré est faible (~ 4x erreur de mesure)
- La différence observée entre les sondes de prélèvement provient de la réaction qui se poursuit dans la partie non refroidie du pyromètre
- Le pyromètre à aspiration ne peut donc pas être utilisé pour prélever un échantillon de gaz à analyser au sein de la zone réactionnelle.