

INSTITUT



Etude numérique du risque d'inflammation de fumées riches en mélanges gazeux inflammables en milieu confiné sous-ventilé

Présenté par : Brady Magnognou

Directeurs de thèse: Hui Ying Wang
Jean Pierre Garo

Institut P' • UPR CNRS 3346
SP2MI • Téléport 2
11, Boulevard Marie et Pierre Curie • BP 30179
F86962 FUTUROSCOPE CHASSENEUIL Cedex



SOMMAIRE

I-Contexte et Objectifs.

II-HVAC: Méthode utilisée.

III-Quelques résultats.

IV-Objectifs atteints jusqu'à présent

V-Conclusion.

SOMMAIRE

I-Contexte et Objectifs.

II-HVAC: Méthode utilisée.

III-Quelques résultats.

IV-Objectifs atteints jusqu'à présent

V-Conclusion.

I-Contexte et Objectifs

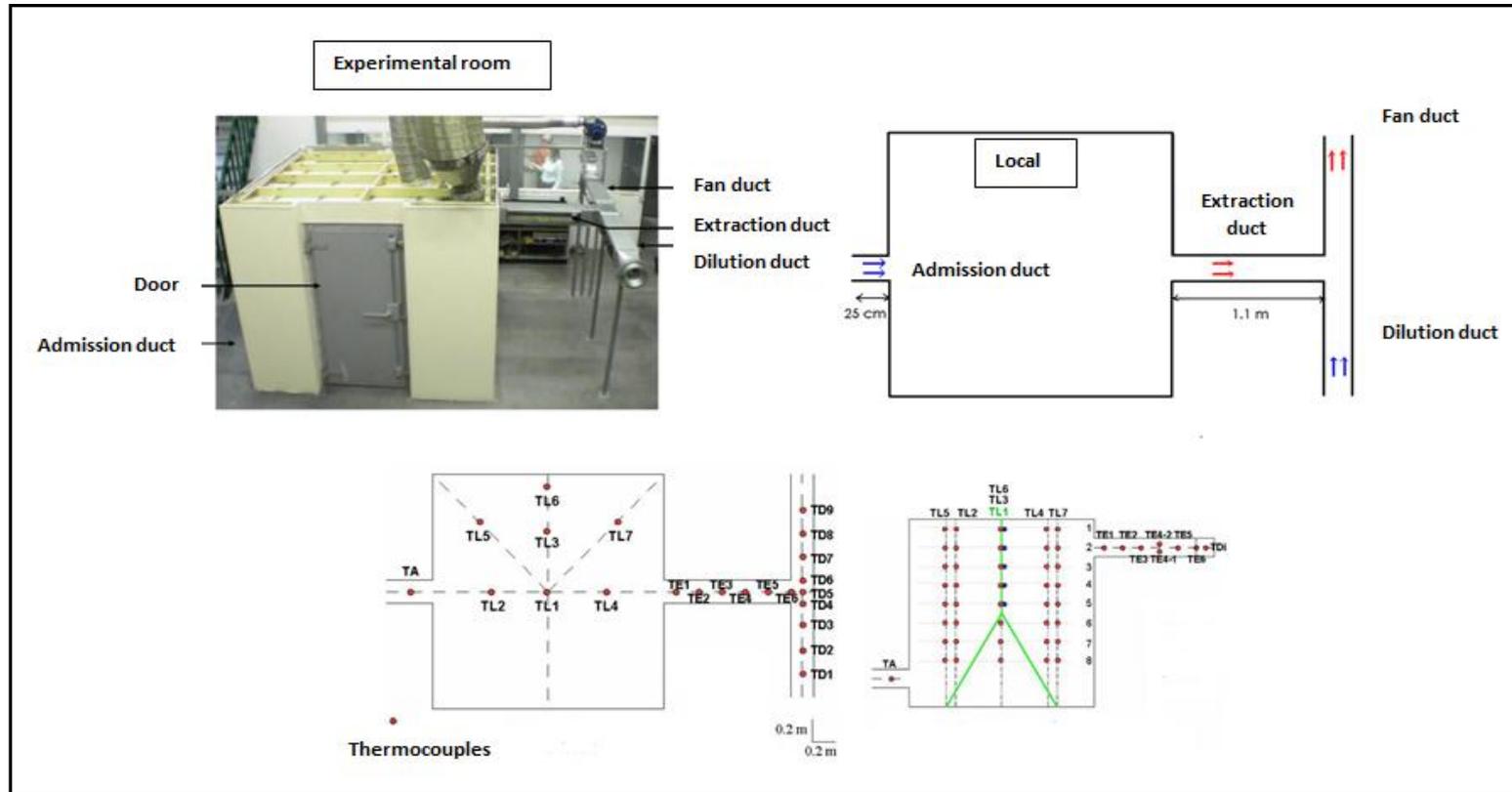
➤ Contexte

Evaluation du risque d'inflammation des fumées dans un milieu confiné sous-ventilé à l'aide de la simulation numérique:

- Basée sur les travaux expérimentaux de Julie LASSUS.
- Basée également sur les calculs numériques avec des vitesses fixées comme conditions initiales.

I-Contexte et Objectifs

➤ Contexte



Evaluation du risque d'inflammation des fumées au niveau du conduit d'extraction lors d'un feu en milieu confiné sous-ventilé.

I-Contexte et Objectifs

➤ Objectifs:

- ❑ Trouver numériquement les conditions à froid, afin d'avoir les bonnes conditions aux limites et de connaître les écoulements dans le caisson:
 - Pour une admission en partie basse;
- ❑ Trouver numériquement durant un feu les grandeurs physiques telles que:
 - La dépression et la puissance du feu dans le caisson;
 - La température et la production des espèces dans le conduit d'extraction;
- ❑ Arriver à prédire le risque d'inflammation des fumées riches en gaz imbrulés;

SOMMAIRE

I-Contexte et Objectifs.

II-HVAC: Méthode utilisée.

III-Quelques résultats.

IV-Objectifs atteints jusqu'à présent

V-Conclusion.

II-HVAC: Méthode utilisée.

➤ Objectifs à atteindre

- ❑ Retrouver les conditions limites à froid avec une admission en partie basse:
 - La conservation des débits au niveau des conduits d'entrée d'air et du conduit de sortie d'air;
 - La dépression présente dans le caisson lors des essais expérimentaux.
- ❑ Retrouver les résultats expérimentaux en utilisant les conditions limites à froid:
 - La pression dans le caisson,
 - La puissance du feu ;
 - La température dans la gaine d'extraction;
 - La production des espèces dans la gaine d'extraction.

II-HVAC: Méthode utilisée.

Pourquoi le système HVAC (Heating, Ventilating, and Air Conditioning) ?

❑ HVAC renferme:

- La présence d'un modèle de mouvement de fumée dans les systèmes avec recirculation;
- Le changement du comportement d'un ventilateur d'extraction ou d'alimentation due à la pressurisation d'un feu dans une local.

❑ HVAC est basé sur le solveur thermo-hydraulique :

- La conservation de masse : $\sum_j \rho_j u_j A_j = 0$
- La conservation d'énergie: $\sum_j \rho_j u_j A_j h_j = 0$
- La conservation de la quantité de mouvement:

j : nom du conduit
i et k : les nœuds du conduit
A : section du conduit
u : vitesse dans le conduit
K : perte de charge
 ΔP : différence de pression
L : longueur du conduit
 ρ : la densité du fluide

$$\rho_j L_j \frac{du_j}{dt} = (p_i - p_k) + (\rho g \Delta z)_j + \Delta p_j - \frac{1}{2} K_j \rho_j |u_j| u_j$$

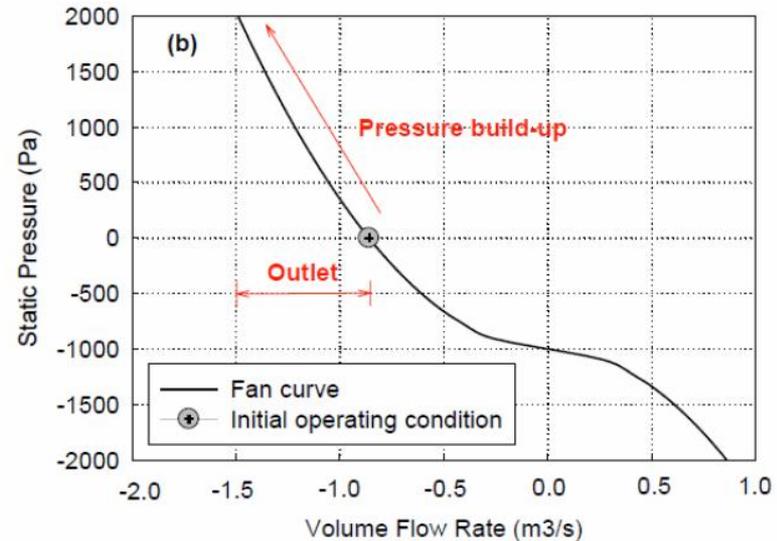
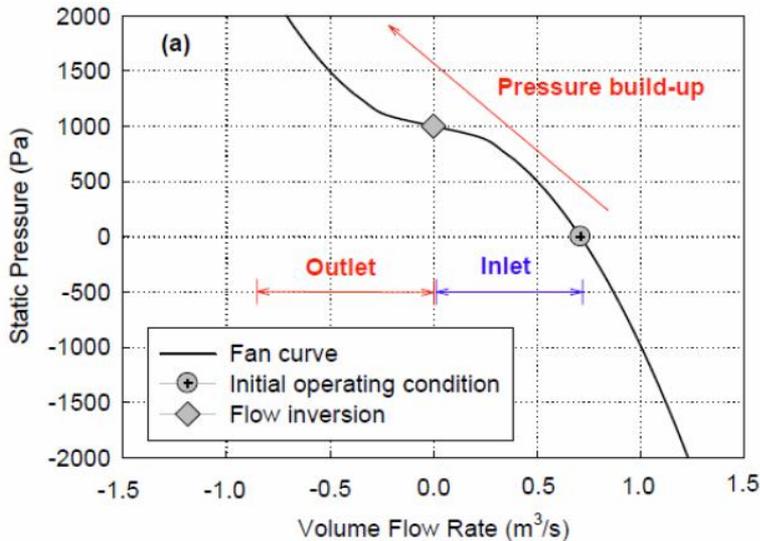
II-HVAC: Méthode utilisée.

□ Modélisation de la méthode:

- Trouver les pertes de charges à assigner au conduit afin d'avoir les conditions limites souhaitées, en utilisant l'équation de la quantité de mouvement simplifiée:

$$K = \frac{2 \cdot \Delta p_{nodes}}{\rho_{air} \cdot u_{duct}^2}$$

- Avoir la bonne courbe caractéristique du ventilateur.



II-HVAC: Méthode utilisée.

□ Modélisation de la méthode:

- La connaissance de l'équation décrivant la courbe du ventilateur définie par:

$$\dot{V}_{fan} = \dot{V}_{max} \cdot \text{sign}(\Delta p_{max} - \Delta p) \cdot \sqrt{\frac{|\Delta p - \Delta p_{max}|}{\Delta p_{max}}}$$

- En connaissant le débit du ventilateur, et par conservation du débit, on peut déduire si oui ou non, il y a présence de fuites dans la configuration étudiée, en utilisant l'équation suivante:

$$\dot{V}_{fan} = \dot{V}_{adm} + \dot{V}_{dil} + \dot{V}_{Leaks}$$

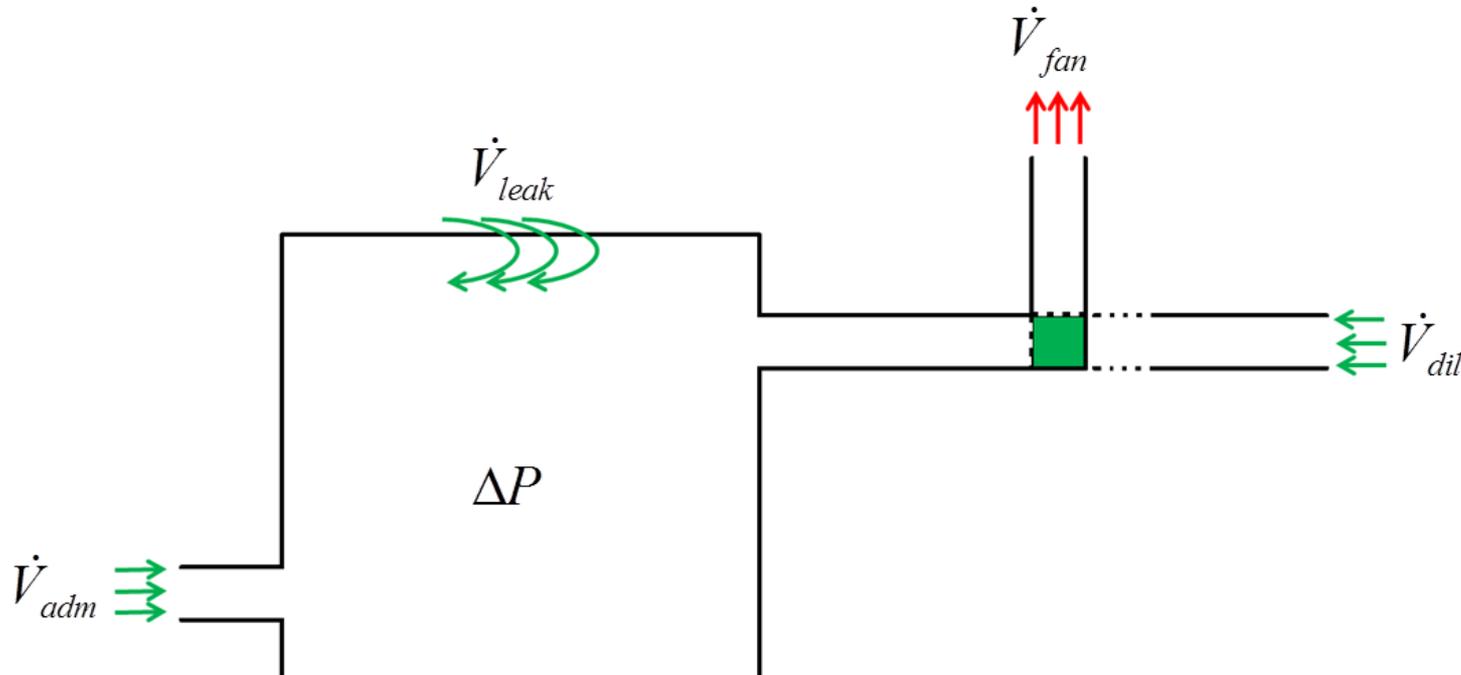
II-HVAC: Méthode utilisée.

❑ Modélisation de la méthode:

- De la connaissance du débit de fuite, on peut déduire l'aire de fuite dans notre configuration en utilisant l'équation:

$$\dot{V}_{leak} = A_L \cdot \text{sign}(\Delta p) \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{|\Delta p|}{\rho_\infty}} \quad \text{Soit :} \quad A_L = \frac{\dot{V}_{leak}}{\text{sign}(\Delta p) \cdot \sqrt{2 \cdot (|\Delta p|/\rho_\infty)}}$$

❑ Schéma de la méthode:



II-HVAC: Méthode utilisée.

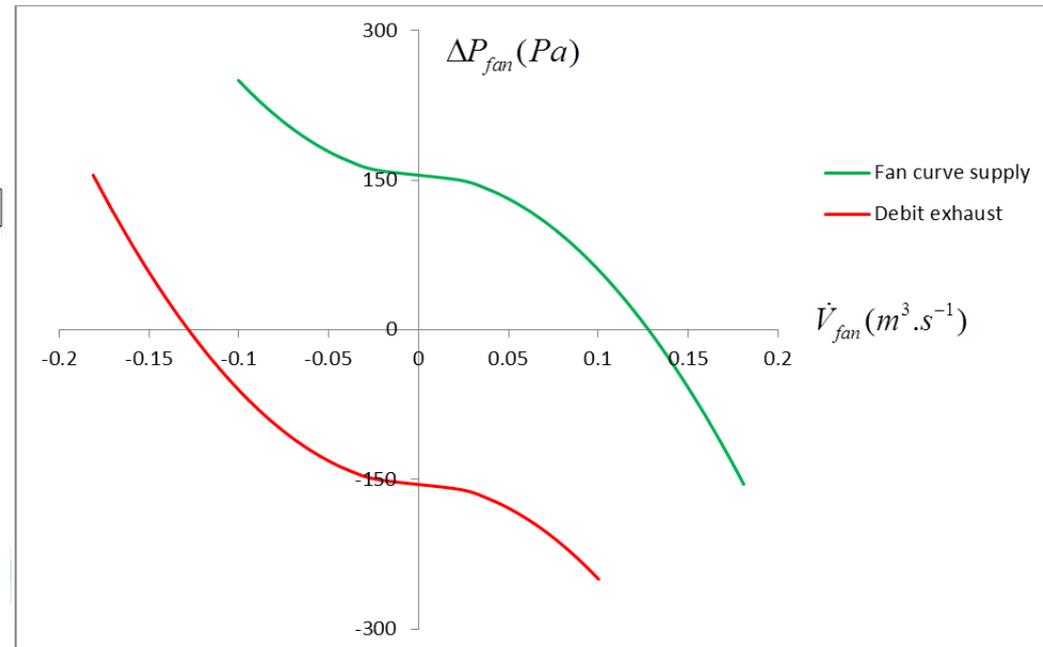
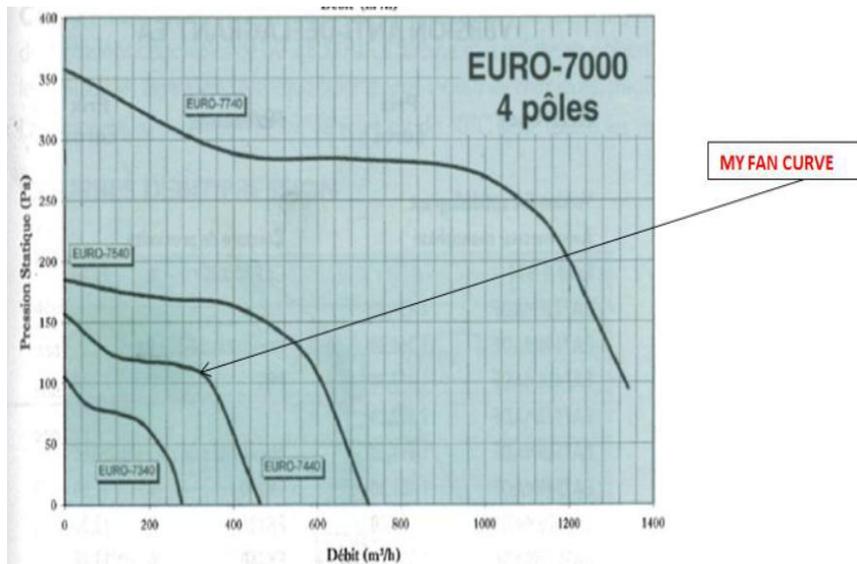
□ Application:

➤ Données:

$$\dot{V}_{adm} = \dot{V}_{dil} = 0.0066667 m^3 \cdot s^{-1} \quad \text{Pour 3 RH}$$

$$\dot{V}_{adm} = \dot{V}_{dil} = 0.0111111 m^3 \cdot s^{-1} \quad \text{Pour 5 RH}$$

La courbe caractéristique du fan



II-HVAC: Méthode utilisée.

□ Applications:

➤ Exploitation des données:

FUEL	Vfan (m3/s)	ΔP (Pa)	V Leak (m3/s)	Leak Area (m2)
H_23CM_3RH	0.073666842	-103.66	0.060332842	0.004590118
H_30CM_3RH	0.073666842	-103.66	0.060332842	0.004590118
H_23CM_5RH	0.091456527	-75.87	0.069234527	0.006156917
H_30CM_5RH	0.091456527	-75.87	0.069234527	0.006156917
D_30CM_3RH	0.077743877	-97.82	0.064409877	0.005044455
D_40CM_3RH	0.087257111	-82.97	0.073923111	0.006286303
D_30CM_5RH	0.086502782	-84.21	0.064280782	0.005425939
D_40CM_5RH	0.09583056	-68.12	0.07360856	0.006908227
D_40CM_5RH_INF	0.09583056	-68.12	0.07360856	0.006908227

SOMMAIRE

I-Contexte et Objectifs.

II-HVAC: Méthode utilisée.

III-Quelques résultats.

IV-Objectifs atteints jusqu'à présent

V-Conclusion.

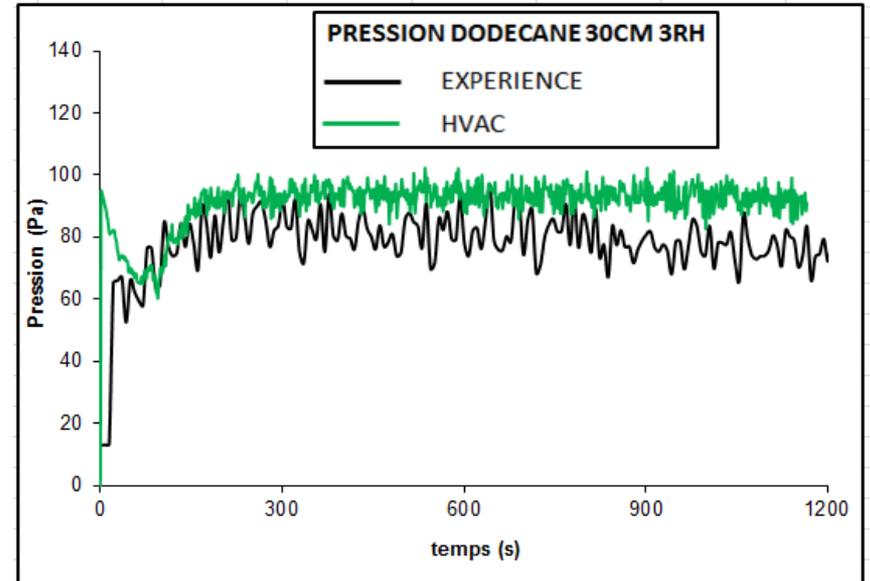
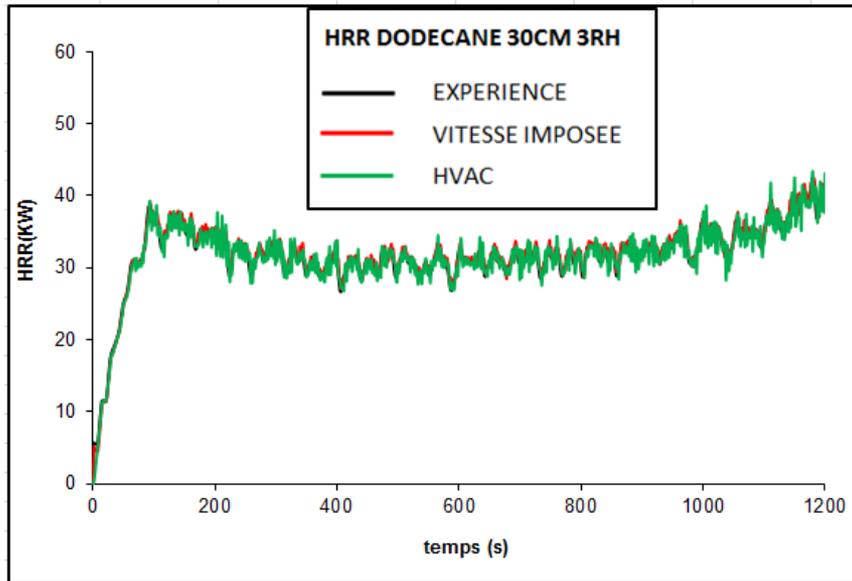
III-Quelques résultats.

❑ Résultats à froid:

ESSAIS	Préssion expérimentale (Pa)	Préssion numérique (Pa)	Différence (Pa)	Erreur (%)
HEPTANE 23 CM 3 ACPH	-99.66	-100.93	1.27	1.274
HEPTANE 23 CM 5 ACPH	-71.87	-72.89	1.02	1.42
HEPTANE 30 CM 3 ACPH	-99.66	-100.93	1.27	1.274
HEPTANE 30 CM 5 ACPH	-71.87	-72.89	1.02	1.42
DODECANE 30 CM 3 ACPH	-93.82	-94.64	0.82	0.874
DODECANE 30 CM 5 ACPH	-80.49	-81.63	1.14	1.416
DODECANE 40 CM 3 ACPH	-78.97	-79.6	0.63	0.8
DODECANE 40 CM 5 ACPH	-64.12	-65.97	1.85	2.89

III-Quelques résultats.

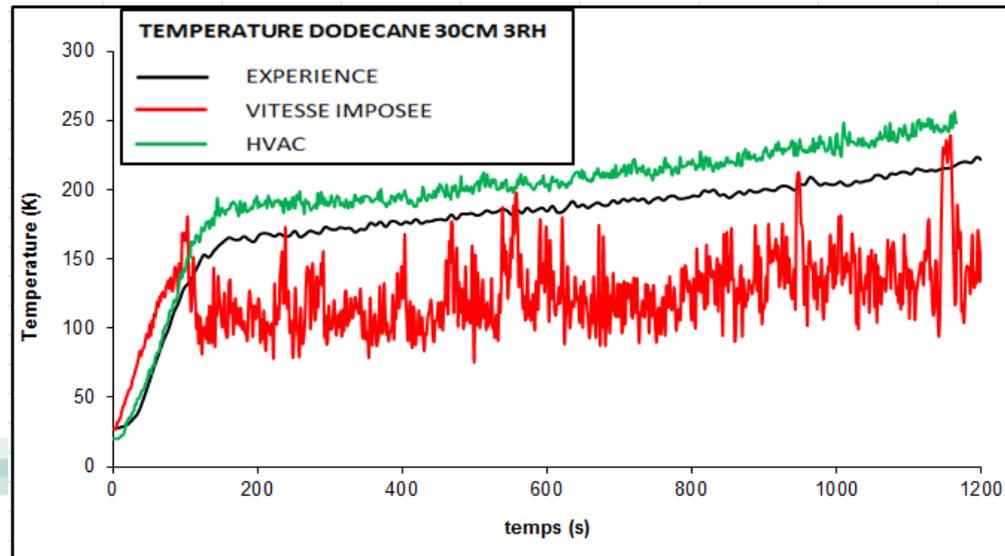
❑ Feu de dodecane en régime sous-ventilé à 3 RH:



Avec $\dot{Q}_{exp} = \dot{m}_{exp} \cdot \Delta H_c$

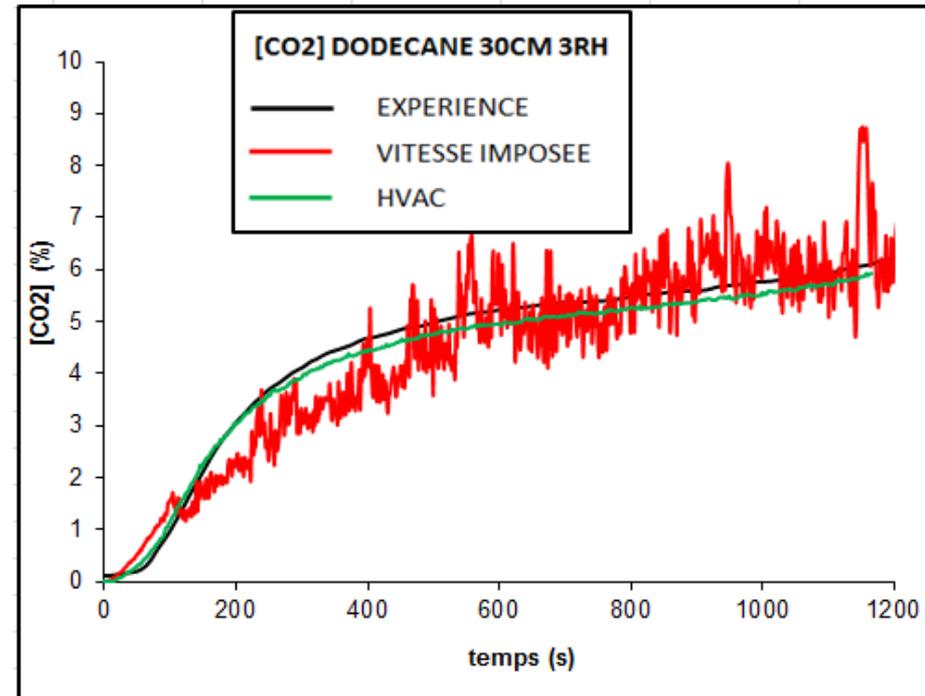
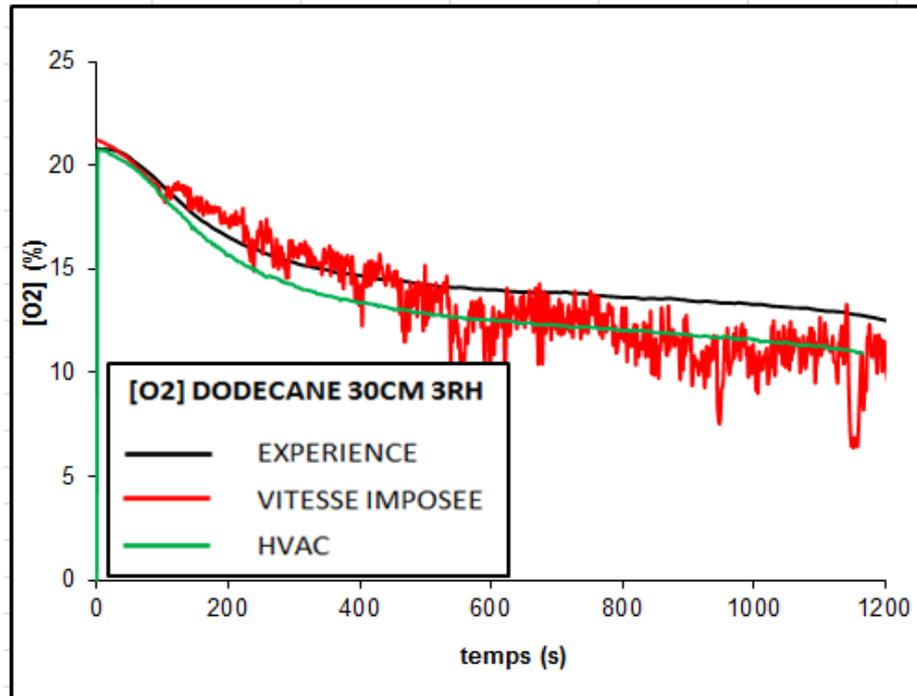
- \dot{m}_{exp} est la perte de masse expérimentale

- ΔH_c est la chaleur de combustion



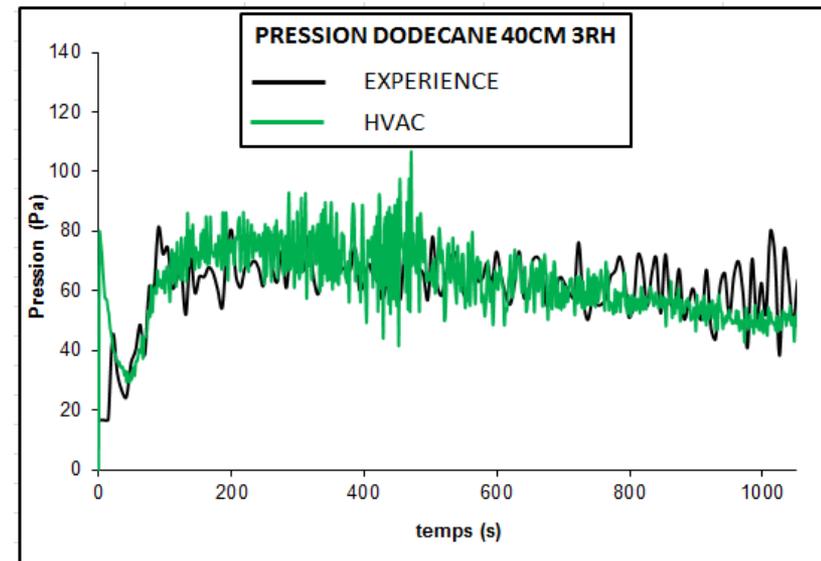
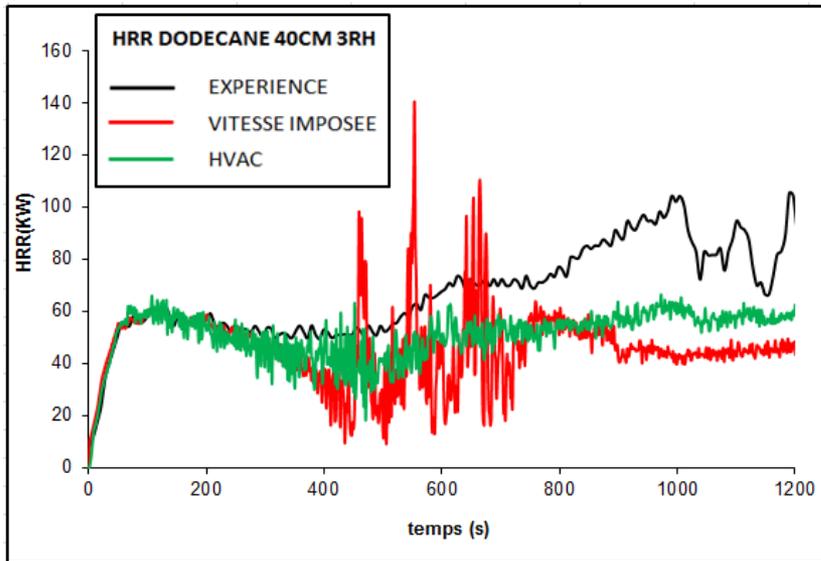
III-Quelques résultats.

❑ Feu de dodecane en régime sous ventilé à 3 RH:



III-Quelques résultats.

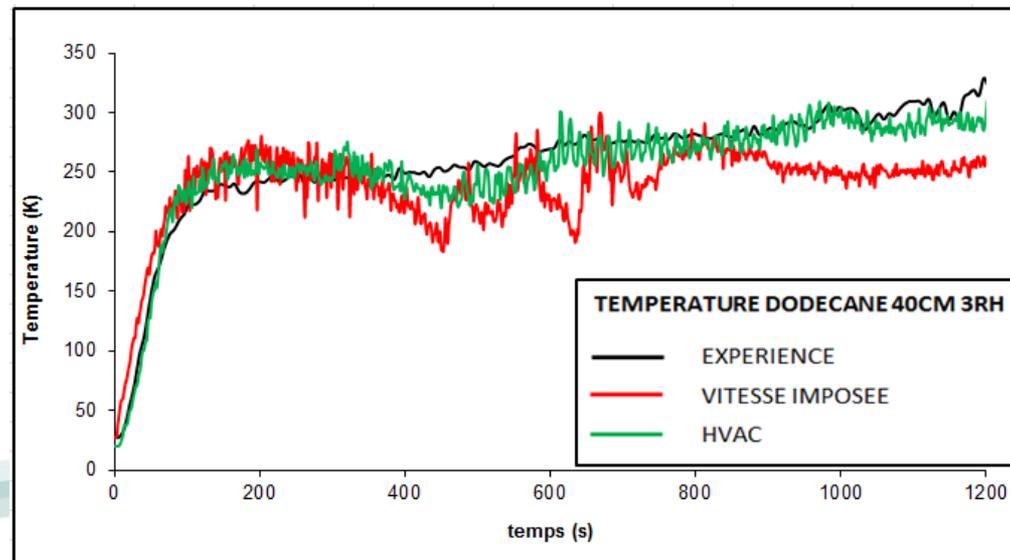
❑ Feu de dodecane en régime très sous ventilé à 3 RH:



Avec $\dot{Q}_{exp} = \dot{m}_{exp} \cdot \Delta H_c$

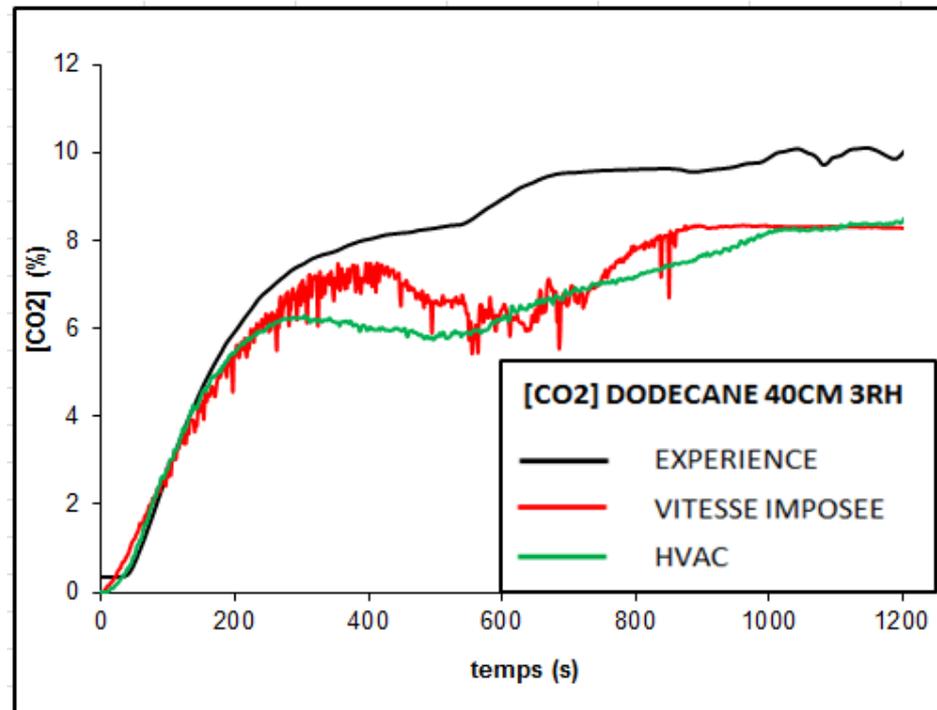
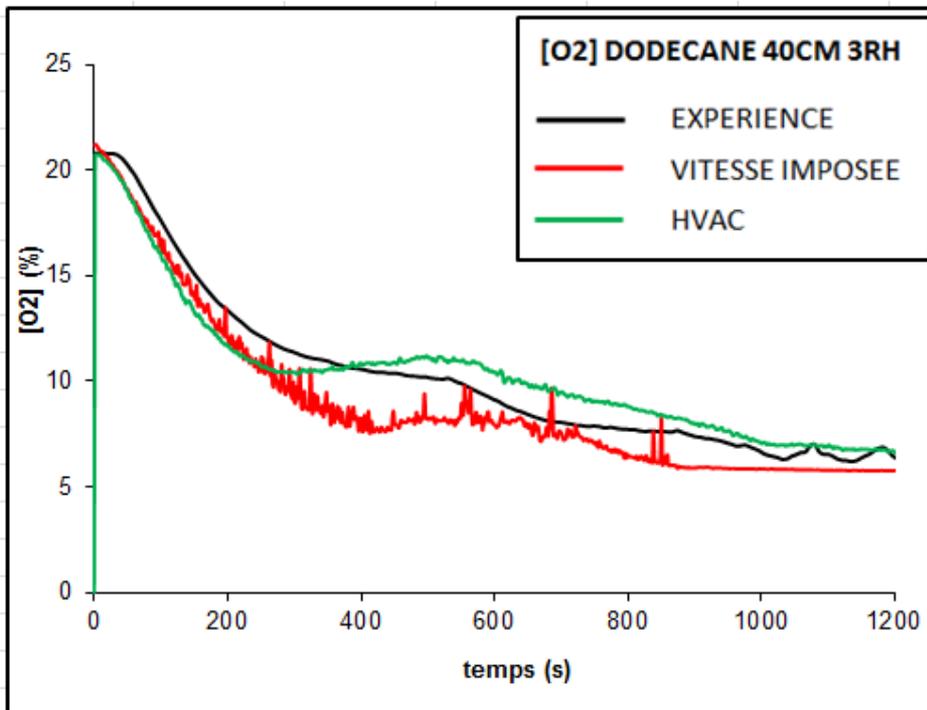
- \dot{m}_{exp} est la perte de masse expérimentale

- ΔH_c est la chaleur de combustion



III-Quelques résultats.

❑ Feu de dodecane en régime très sous ventilé à 3 RH:



SOMMAIRE

I-Contexte et Objectifs.

II-HVAC: Méthode utilisée.

III-Quelques résultats.

IV-Objectifs atteints jusqu'à présent.

V-Conclusion.

IV-Objectifs atteints jusqu'à présent.

➤ Objectifs atteints

- ❑ On retrouve les conditions limites à froid avec une admission en partie basse:
 - La conservation des débits au niveau du réseau de ventilation.
 - La dépression présente dans le caisson lors des essais expérimentaux.
- ❑ On arrive à prédire les grandeurs physiques telles que:
 - La pression dans le caisson;
 - La température et la production des espèces dans le conduit d'extraction.

➤ Objectifs restants:

- ❑ Arriver à prédire la production du Monoxyde de carbone
- ❑ Etre en mesure de prédire le risque d'inflammation de fumées
- ❑ Couplage du transfert de chaleur et de masse pour prédire la perte de masse du combustible

SOMMAIRE

I-Contexte et Objectifs.

II-HVAC: Méthode utilisée.

III-Quelques résultats.

IV-Objectifs atteints jusqu'à présent.

V-Conclusion.

IV-Conclusion

- ✓ De l'analyse de ces résultats, la prédiction numérique des grandeurs physiques cités ci-dessus était essentiellement basée sur la bonne mise en place du réseau de ventilation, appelé ici HVAC;
- ✓ Après donc être parvenu à prédire correctement ces grandeurs en utilisant HVAC, nous pourrions étudier d'autres cas de configurations , notamment:
 - ❑ Une admission fermée;
 - ❑ Une admission en partie haute;
 - ❑ Une position du foyer excentrée.

Merci pour votre
attention!