

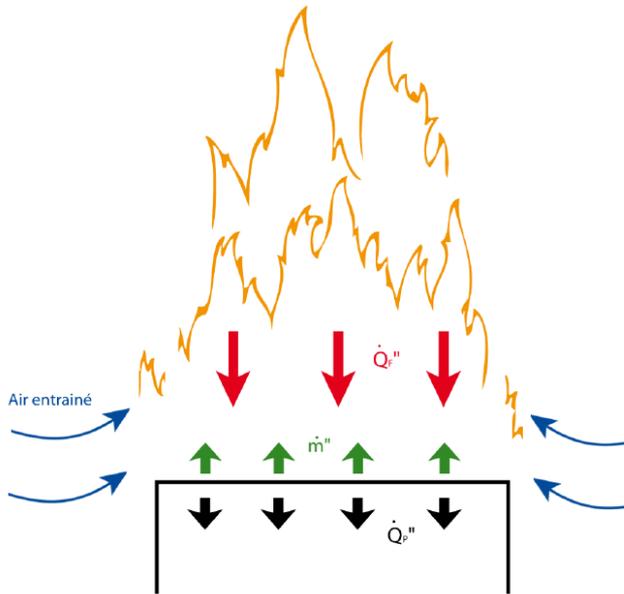


Effet du Confinement Thermique sur le Risque de la
Ré-inflammation des Fumées dans un Milieu Confiné sous-Ventilé

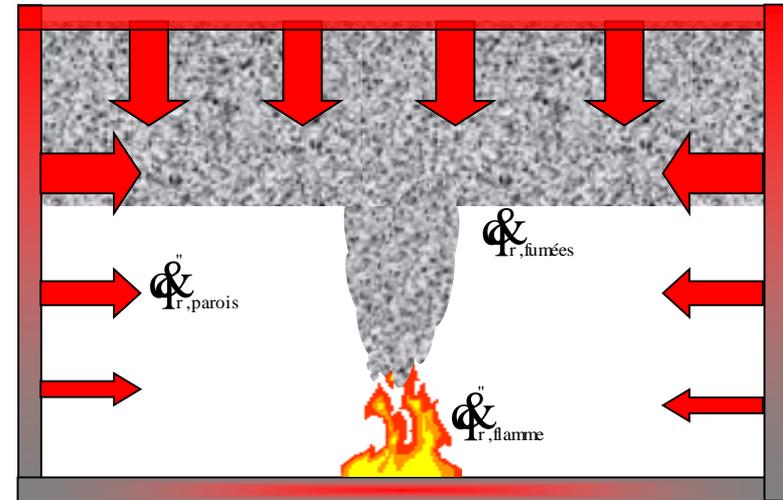
B. Magnognou, L. Acherar
J. P. Garo, B. Coudour et H. Y. Wang



En milieu ouvert



En milieu fermé

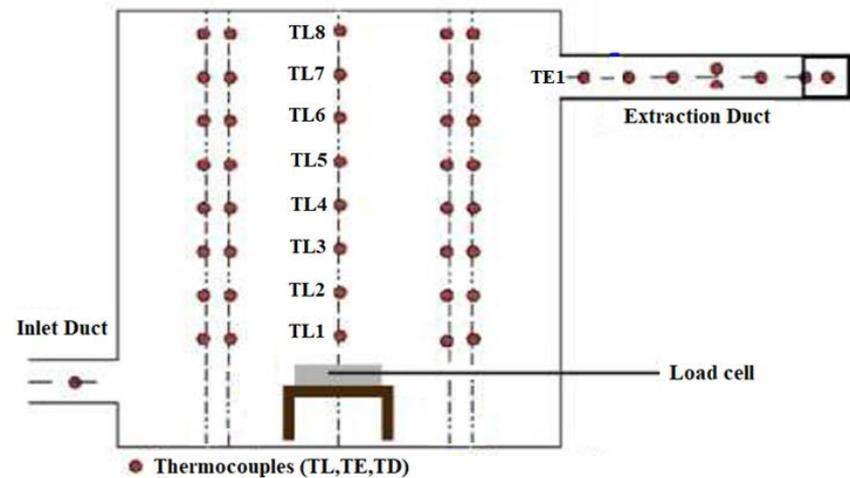
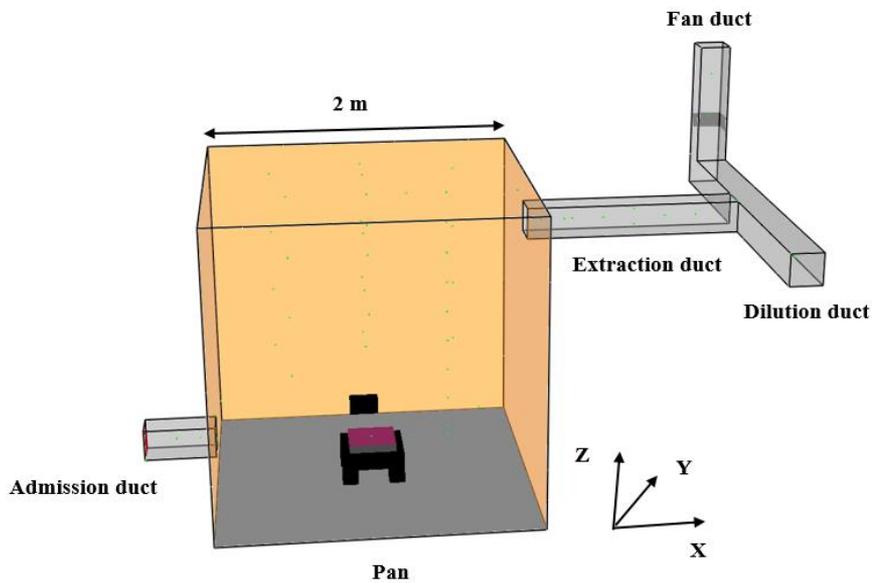


Equilibre énergétique à la surface du combustible condensé

$$\dot{m}'' = \frac{\dot{Q}_{r, flamme} + \dot{Q}_{cv}}{L_v + C_p (T_s - T_0)}$$

$$\dot{m}'' = \frac{\dot{Q}_{r, flamme} + \dot{Q}_{cv}}{L_v + C_p (T_s - T_0)} + \frac{\dot{Q}_{r, fumées} + \dot{Q}_{r, parois}}{L_v + C_p (T_s - T_0)}$$

Ré-inflammation des Fumées dans la gaine d'extraction



DISPOSITIF EXPERIMENTAL

- Echelle Réduite : $L = W = H = 2 \text{ m}$
- Diamètre du foyer : $D=40 \text{ cm}$
- Combustible Liquid : Dodécane
- Taux de renouvellement horaire : 3 – 5

- Sans isolation : béton cellulaire (20cm, $\lambda = 1 \text{ W/m.K}$)
- Avec isolation : Promatech_H (3.5cm, $\lambda = 0.17 \text{ w/m.K}$)

$$n\dot{Q}'' = \frac{\dot{Q}_{r,flamme}'' + \dot{Q}_{r,cv}''}{L_v + C_p(T_s - T_0)} + \frac{\dot{Q}_{r,fumées}'' + \dot{Q}_{r,parois}''}{L_v + C_p(T_s - T_0)}$$

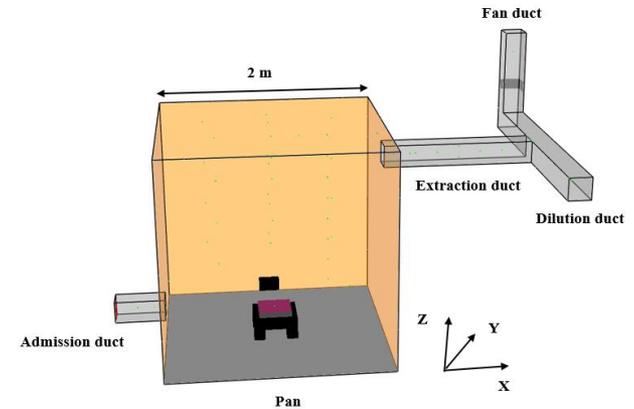
Effet du confinement thermique sur l'évolution de la pression

En absence du feu :

Caisson en dépression

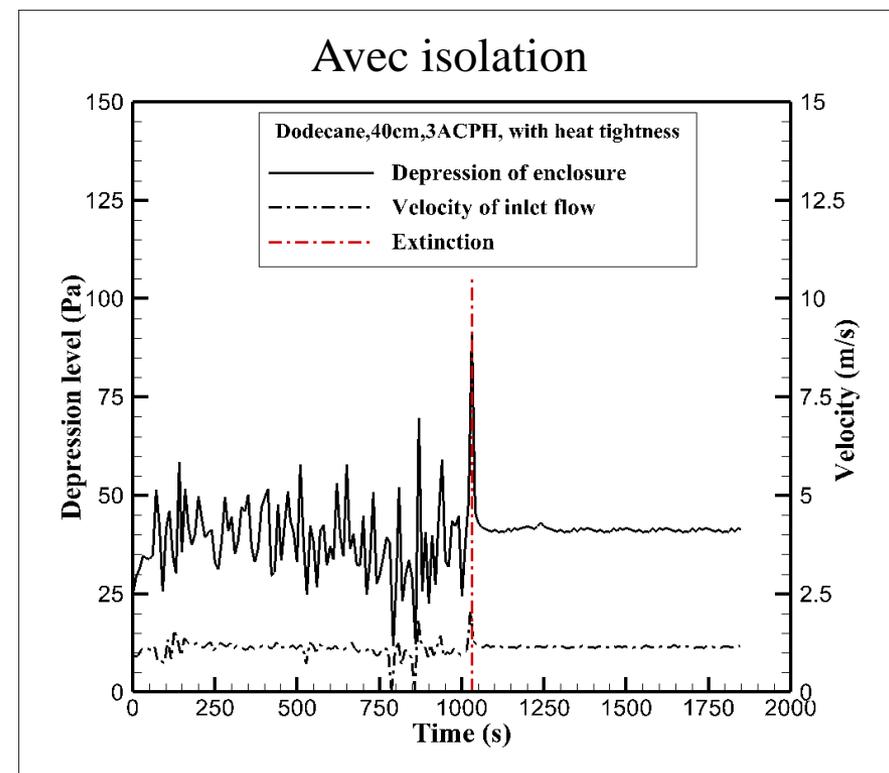
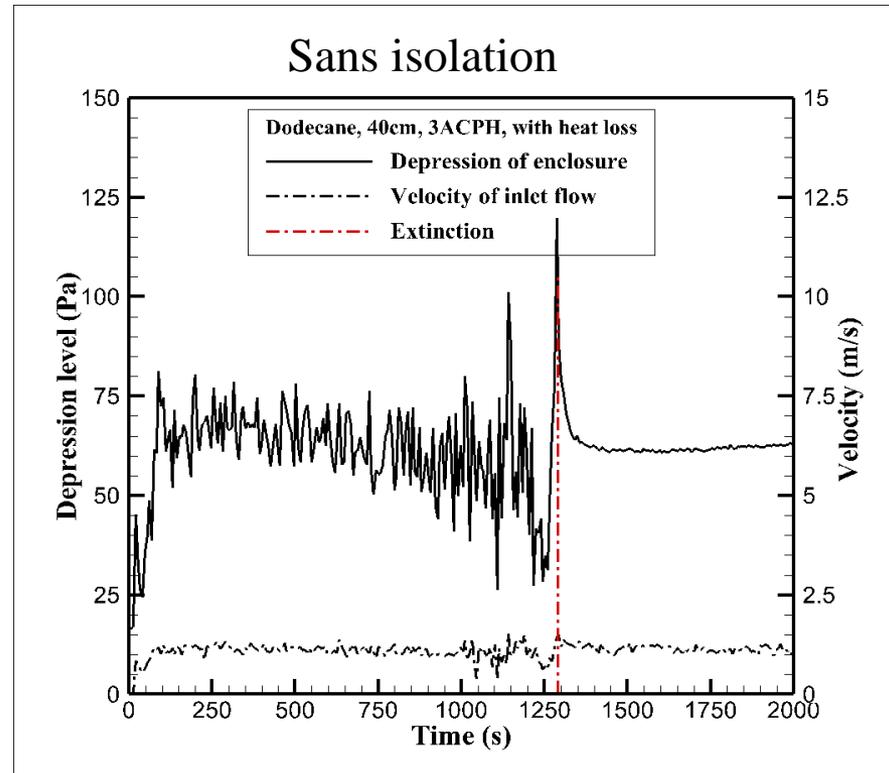
Taux de renouvellement horaire : 3 – 5 ($24-40 \text{ m}^3/\text{h}$)

⇒ Débit massique d'air à l'entrée de la gaine d'admission



En présence du feu :

Dynamique du feu ⇒ vitesse, température, niveau de dépression

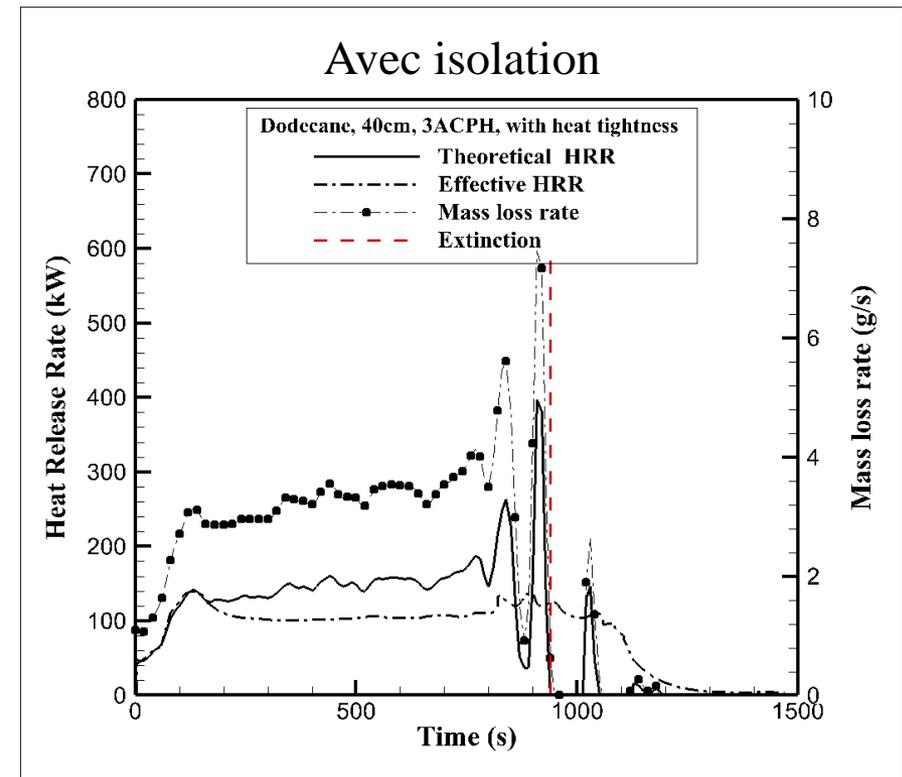
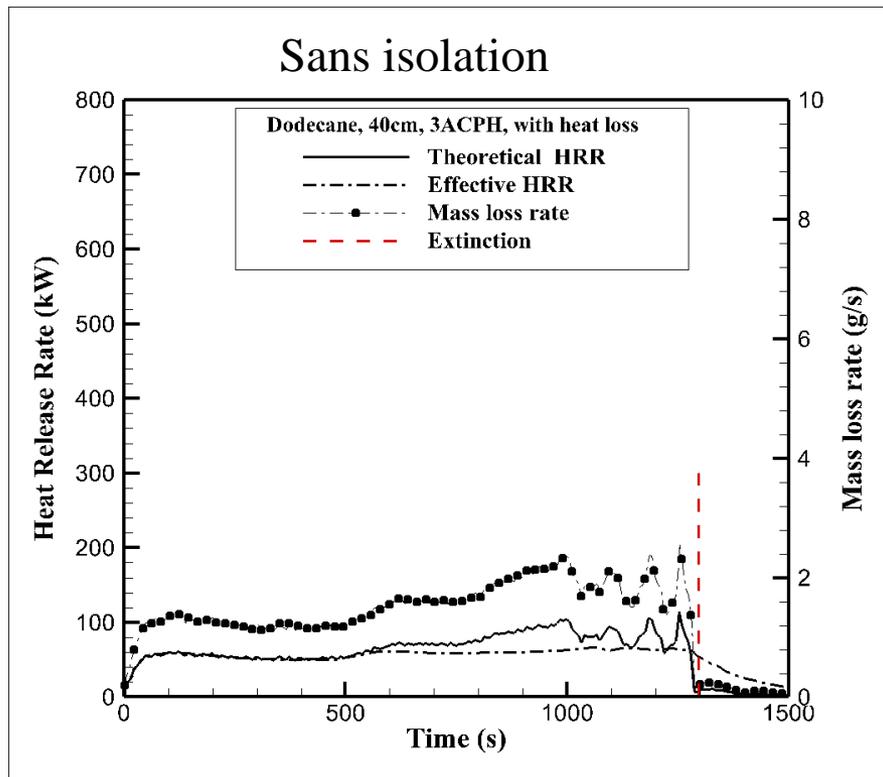


Puissance théorique : $\dot{Q}_{thé} = \dot{m} \Delta H_c$

Puissance effective : $\dot{Q}_{eff} = (Y_{O_2, \infty} \dot{m}_A) (Y_{O_2, \infty} - Y_{O_2}) \Delta H_o$

Feu bien ventilé : $\Delta \dot{Q} = \dot{Q}_{thé} - \dot{Q}_{eff} = 0$ réaction parfaite

Feu sous-ventilé : $\Delta \dot{Q} = \dot{Q}_{thé} - \dot{Q}_{eff} \Rightarrow$ espèces imbrûlés



$$[\text{CO}] = \begin{cases} 0 & (X_{\text{O}_2} \in [X_{\text{MOC}}, X_{\text{O}_2, \infty}]) & \text{Feu bien ventilé} \\ -\frac{a}{X_{\text{MOC}}} \cdot X_{\text{O}_2} + a & (X_{\text{O}_2} \in [X_{\text{MOC, co}}, X_{\text{MOC}}]) & \text{Feu sous-ventilé} \\ -\frac{b}{X_{\text{MOC}}} X_{\text{O}_2} + b + a \left(1 - \frac{X_{\text{MOC, co}}}{X_{\text{MOC}}}\right) & (X_{\text{O}_2} \in [0, X_{\text{MOC, co}}]) & \text{Feu très sous-ventilé} \end{cases}$$

$$[\text{CO}] = c \sum [\text{C}_m\text{H}_n]$$

$$[\text{CO}] = [\text{H}_2] + d \sum [\text{C}_m\text{H}_n]$$

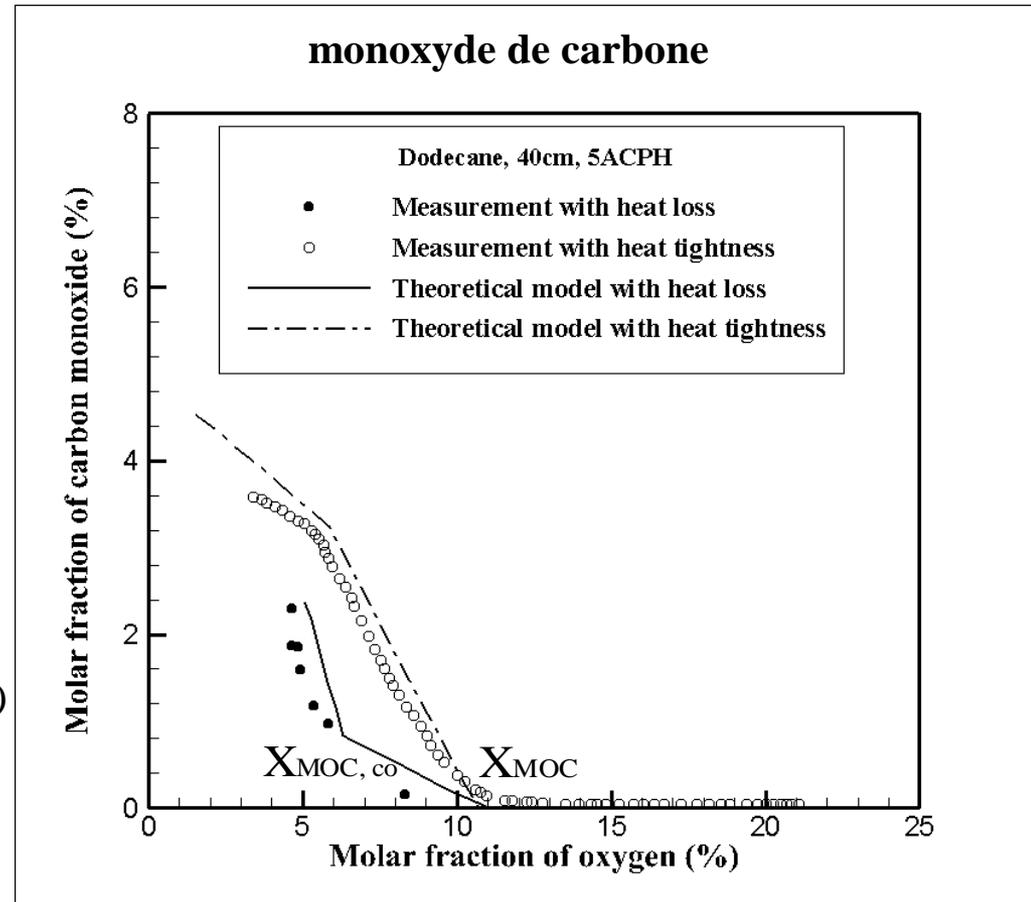
Richesse Globale : $\phi = \frac{n_{\text{C}} S}{n_{\text{O}_2}}$

Sans isolation

($0.7 < \phi < 2$) ($a = 1.98, b = 8, c = 2, d = 1$)

Avec isolation

($2 \leq \phi < 3$) ($a = 7.45, b = 1.86, c = 1.2, d = 0.6$)

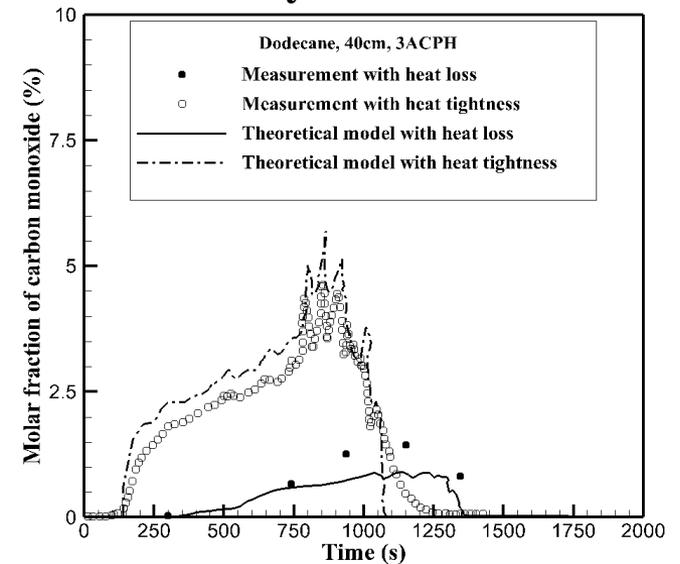


Richesse Globale : $\phi = n_E s / n_A$

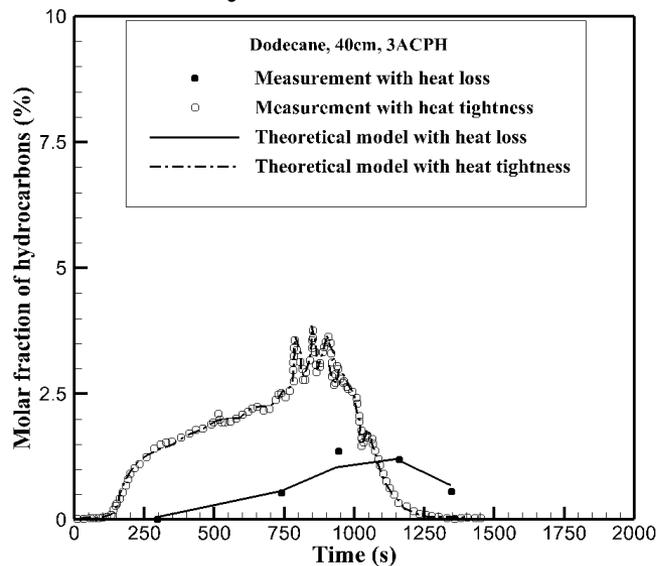
Sans isolation ($0.7 < \phi < 2$)

Avec isolation ($2 \leq \phi < 3$)

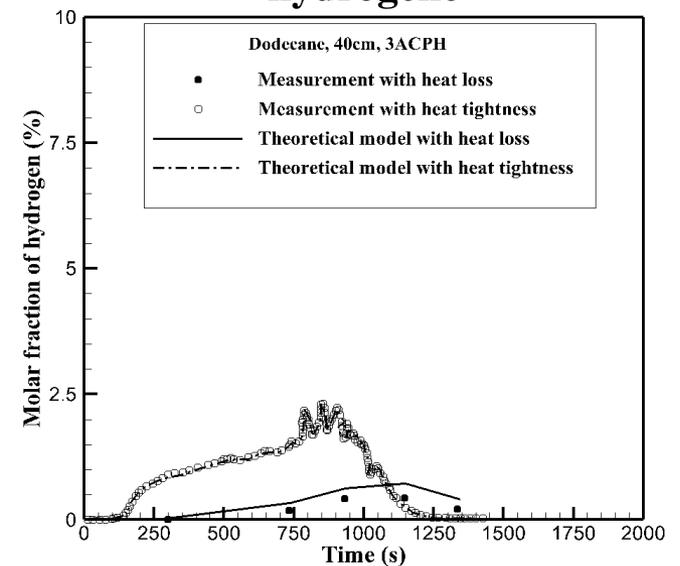
monoxyde de carbone



hydrocarbures

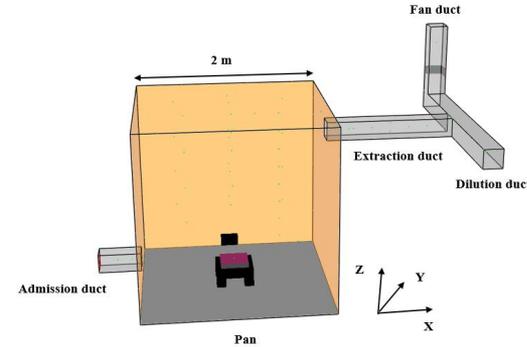


hydrogène



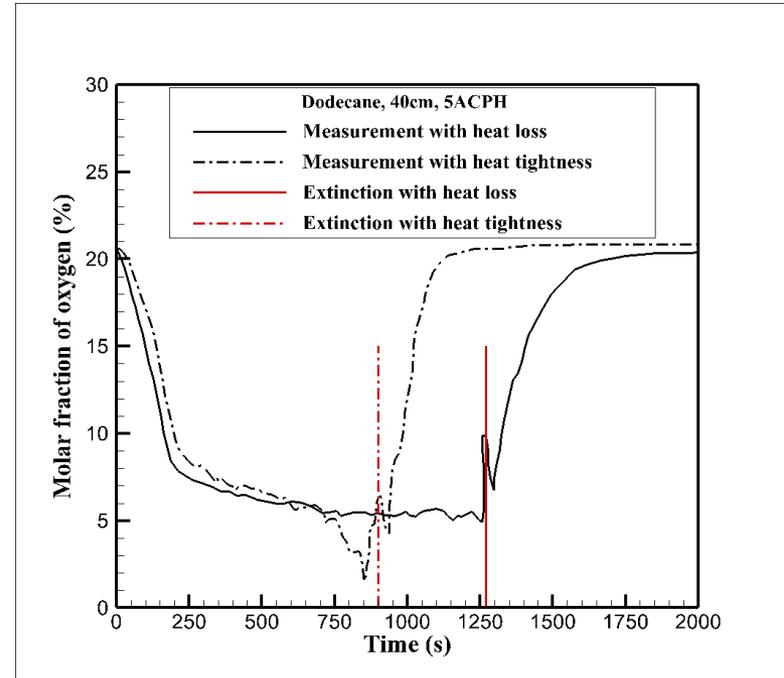
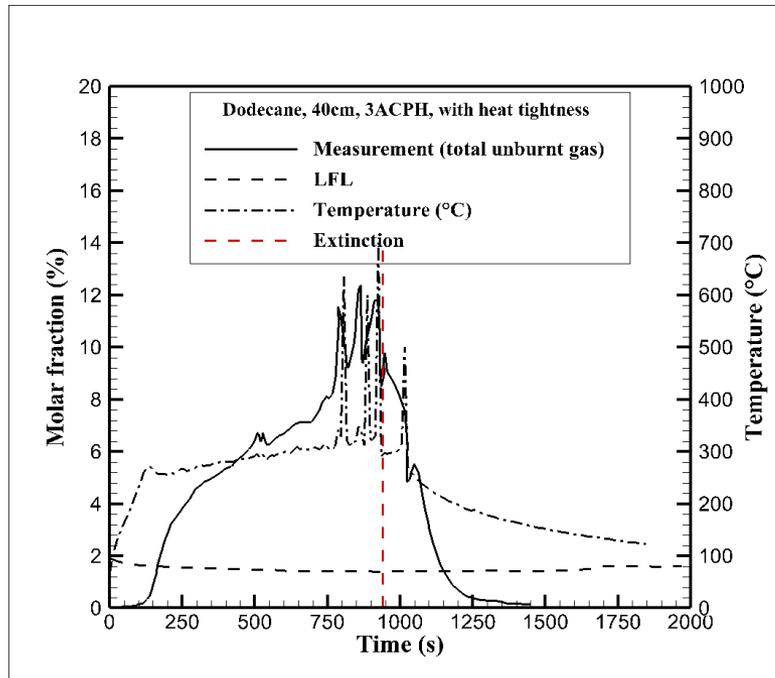
Conditions nécessaires

$$\left. \begin{array}{l} X_F(\text{imbrûlés}) \geq \text{LII} \\ T(\text{temperature}) \geq \text{TAI} \\ X_{O_2}(\text{extinction}) \geq 7\% \end{array} \right\} \Rightarrow \text{ré-inflammation}$$



Limite d'Inflammabilité Inférieure (LII) d'un mélange :
$$\text{LII}(T) = 100 \times \left[\sum_i \frac{X_i}{\text{LII}(T)} \right]^{-1}$$

Température d'Auto-Inflmmation (TAI) du mélange (CO, H₂, C_xH_y): 300 - 350°C

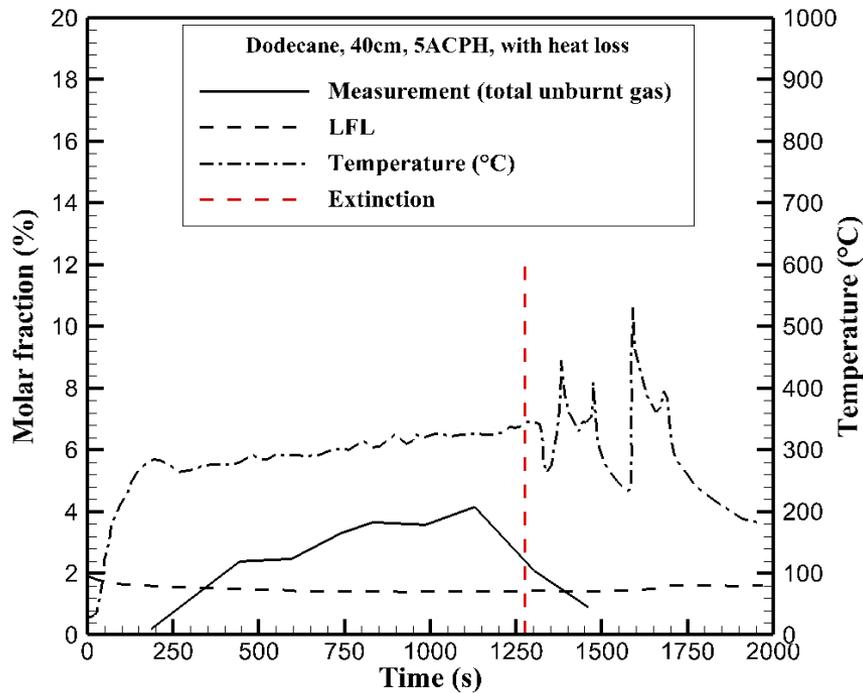


Effet du confinement thermique sur le délai de la ré-inflammation

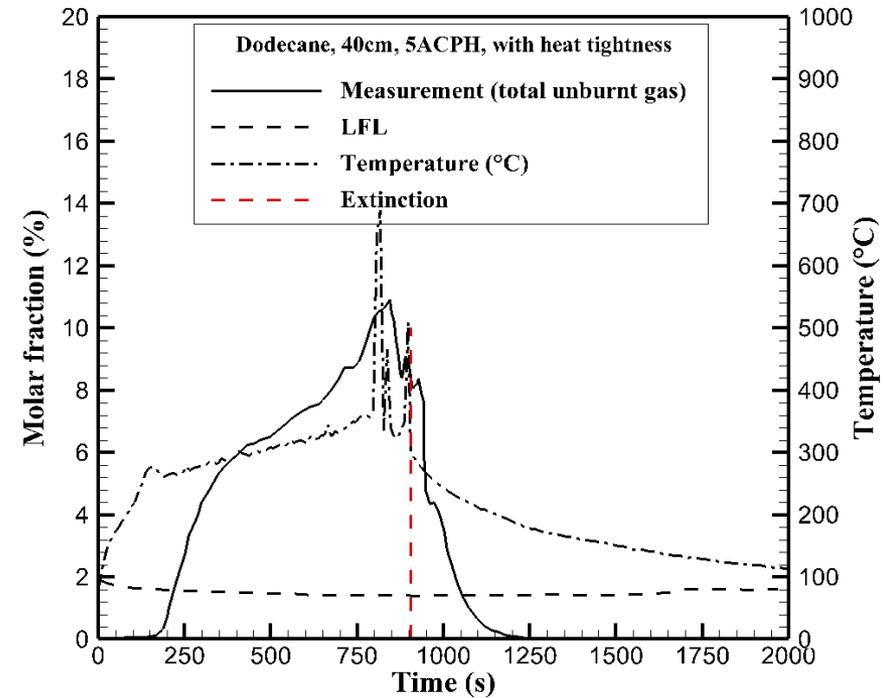
Richesse Globale : $\phi = \frac{m_{\text{fuel}}}{m_{\text{air}}} \geq 1.5$

Délai de ré-inflammation : 40% réduction avec isolation

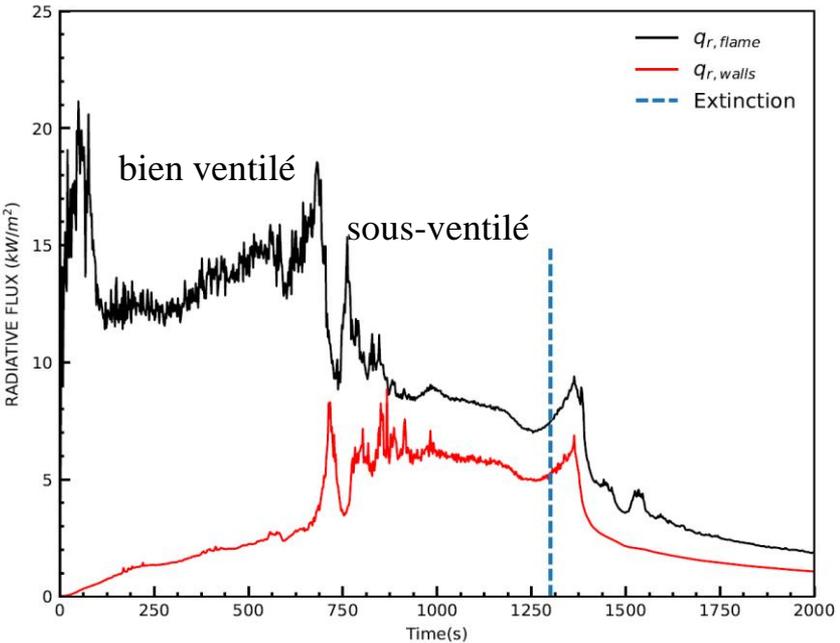
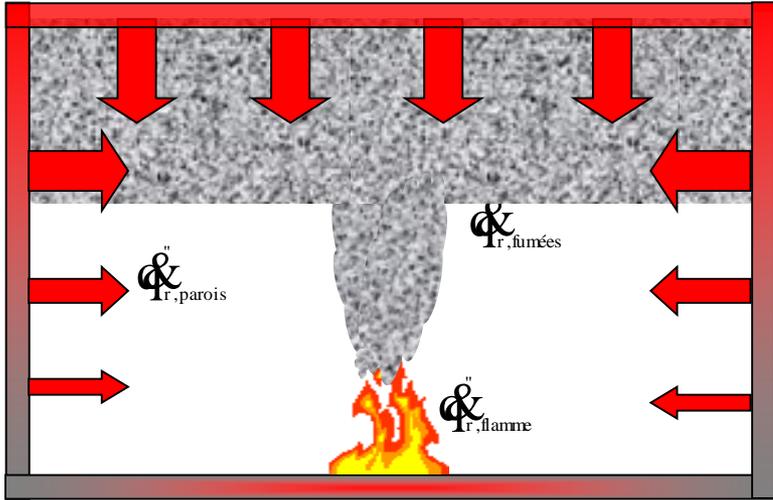
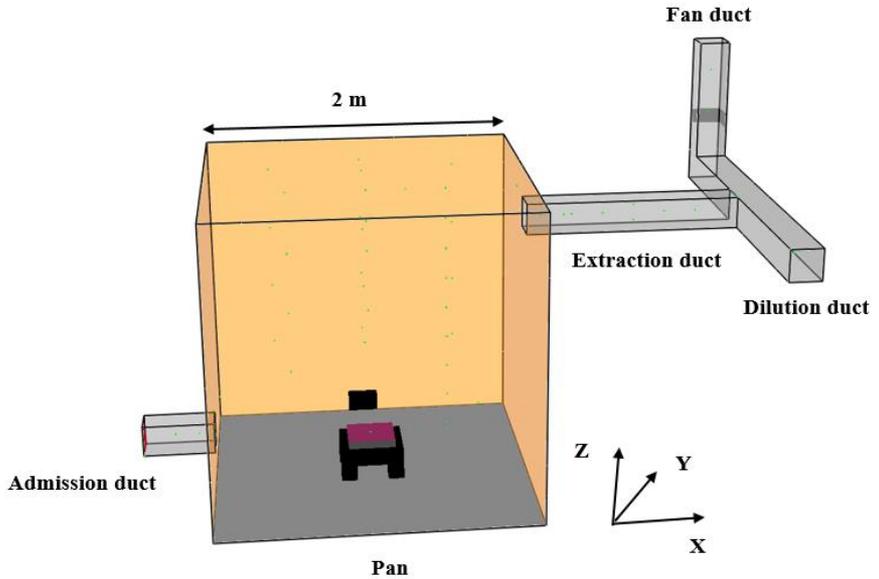
Sans isolation



Avec isolation



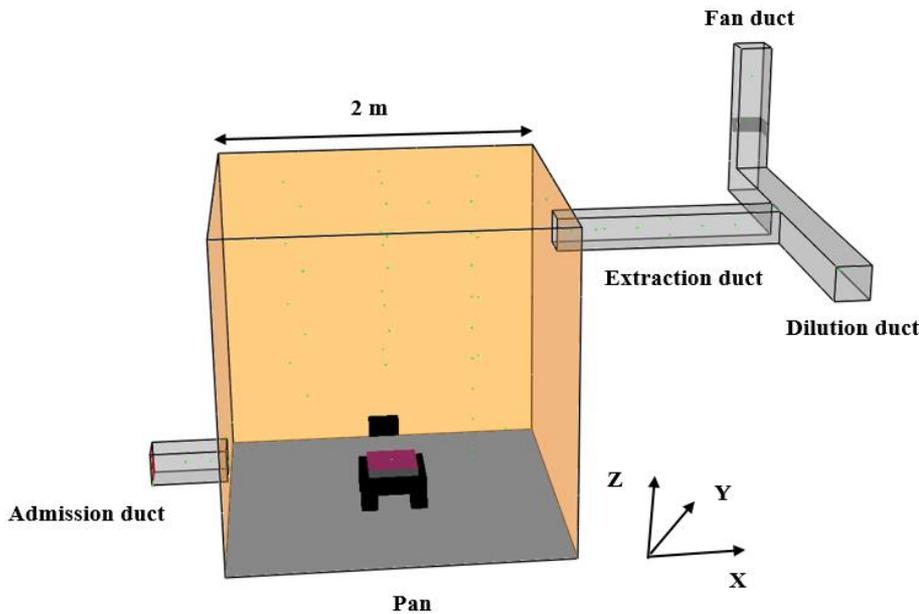
Analyse du flux radiatif en retour vers la surface du combustible liquide (prédiction)



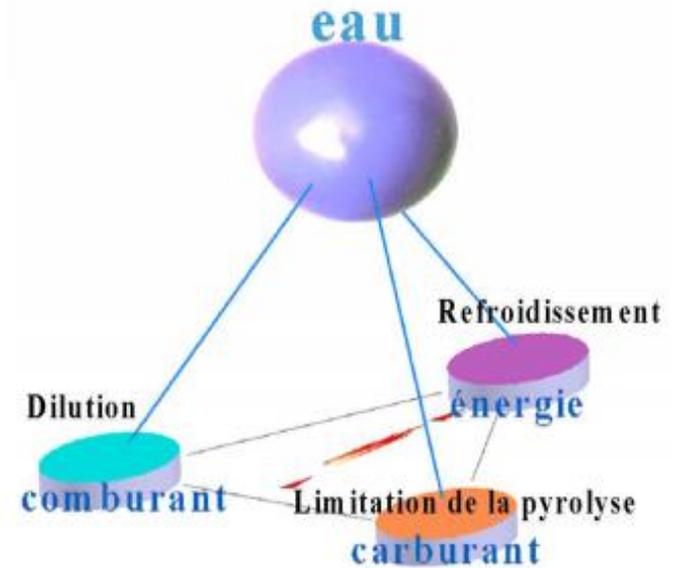
Feu bien ventilé : $\frac{\ddot{q}_{r,parois}}{\ddot{q}_{r,flamme}} \approx 20\%$ $\frac{\ddot{q}_{r,fumées}}{\ddot{q}_{r,flamme}} \approx 30\%$

Feu sous-ventilé : $\frac{\ddot{q}_{r,parois}}{\ddot{q}_{r,flamme}} \approx 70\%$ $\frac{\ddot{q}_{r,fumées}}{\ddot{q}_{r,flamme}} \approx 30\%$

Mécanismes d'extinction par ajout d'eau en milieu fermé



Trois actions sur le triangle du feu



- Refroidissement par puits de chaleur
- Déplacement d'oxygène
- Atténuation des flux rayonnés :
 - Vers l'environnement
 - En retour vers la surface du combustible

Conséquence \Rightarrow **dépression, gaz imbrûlés, ré-inflammation**