



Simulation numérique de feu d'une grande nappe avec prise en compte de volumes encombrants représentant la présence d'un avion soumis à un vent

Présentateur : Guoda WANG

Directeurs de thèse: Hui Ying WANG

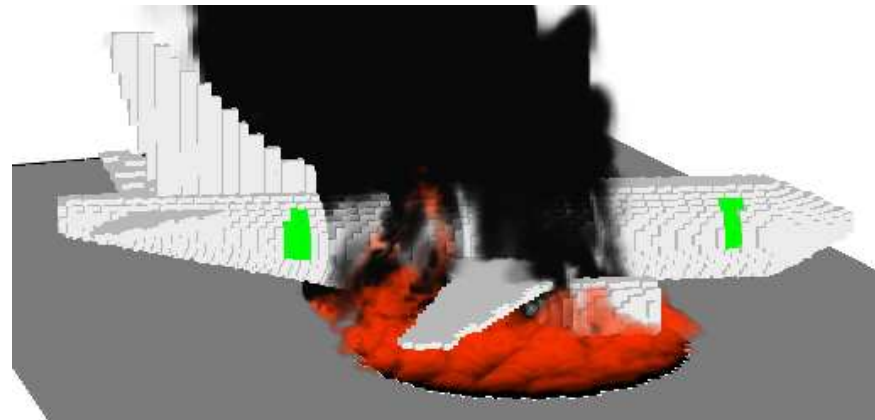


Plan de présentation

- **Introduction**
- **Modèles numérique**
- **Configuration du feu**
- **Résultats**
- **Conclusions**

Introduction

- Influence du vent sur la structure de flamme, gaz toxique et flux de chaleur



Equations de Navier-Stokes

$$\frac{d\rho}{dt} + \rho \operatorname{div} \mathbf{u} = \Gamma$$

$$\frac{d\rho \mathbf{u}}{dt} + \operatorname{div} (\rho \mathbf{u} \cdot \mathbf{u}) = -\operatorname{grad} p + \operatorname{div} \boldsymbol{\tau} + \mathbf{S}_u$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho h) + \nabla \cdot \rho h \mathbf{u} = \frac{Dp}{Dt} - \nabla \cdot \mathbf{q}_r + \nabla \cdot \mathbf{k} \nabla T + \sum_1 \nabla \cdot h_1 \rho D_1 \nabla Y_1$$

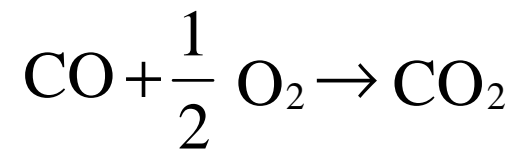
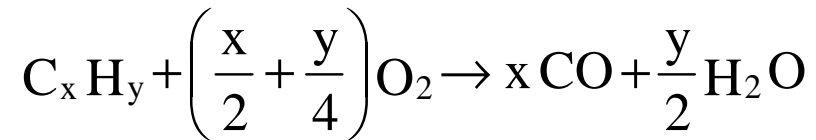
Equation d'énergie cinétique de la turbulence

$$\frac{\partial \rho k_{SGS}}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho u_i k_{SGS}) = -\tau_{ij,SGS} \frac{\partial u_i}{\partial x_j} - \frac{C_\epsilon \rho (k_{SGS})^{3/2}}{\Delta} + \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\mu_t \frac{\partial k_{SGS}}{\partial x_i} \right)$$

$$\epsilon_{SGS} = \sqrt{\frac{2}{3}} C_{D1} \frac{(k_{SGS})^{3/2}}{\Delta}$$

Modèles de combustion

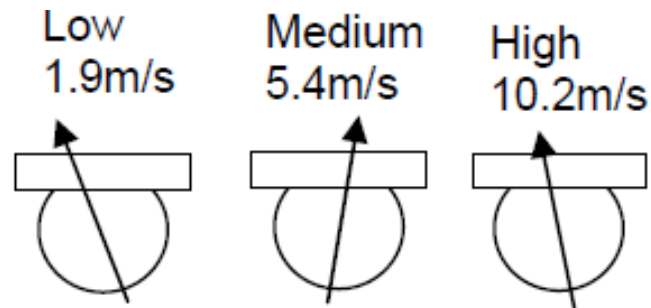
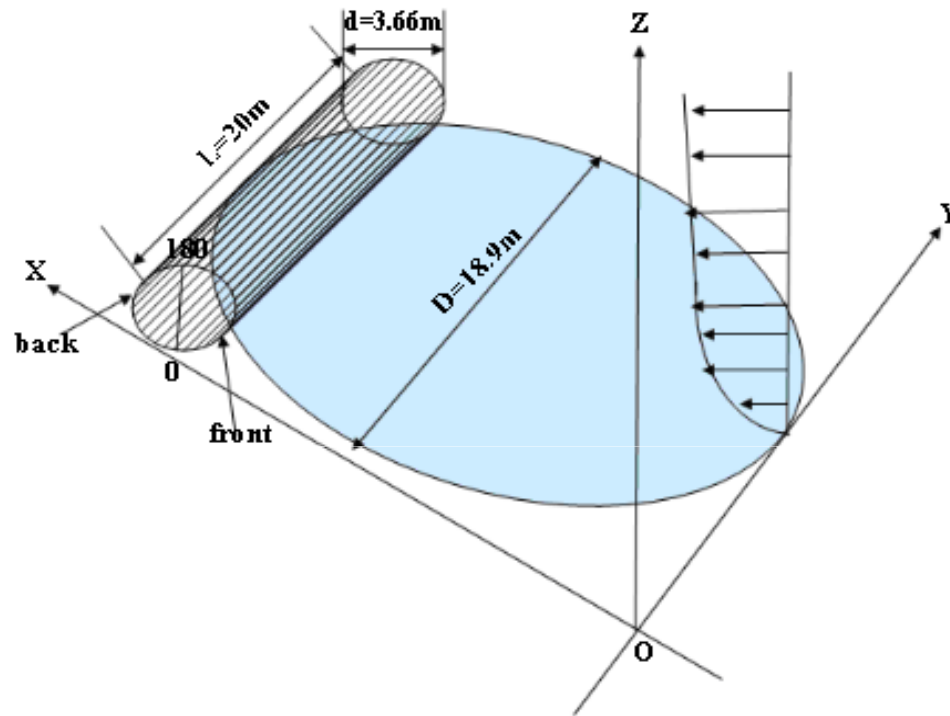
La réaction d'oxydation d'un hydrocarbure à deux étapes



$$\dot{W}_{C_x H_y}''' = -\rho C_{Ebu} \frac{\varepsilon}{k} \min(\tilde{Y}_{C_x H_y}, \frac{\tilde{Y}_o}{v_1^*})$$

$$\dot{\omega}_{CO,ARR} = -A \rho^{1+0.5+0.25} \exp(E / RT) \bar{Y}_{CO} \bar{Y}_{H_2O}^{0.5} \bar{Y}_{O_2}^{0.25}$$

Configuration du feu



Cylindre :

$L=20\text{ m}$, $d=3.7\text{ m}$

La taille de carburant

Piscine : $D=19\text{ m}$

Domaine de calcul

($60\text{ m} \times 36\text{ m} \times 100\text{ m}$)

Mailles ($130 \times 120 \times 160$)

Carburant:

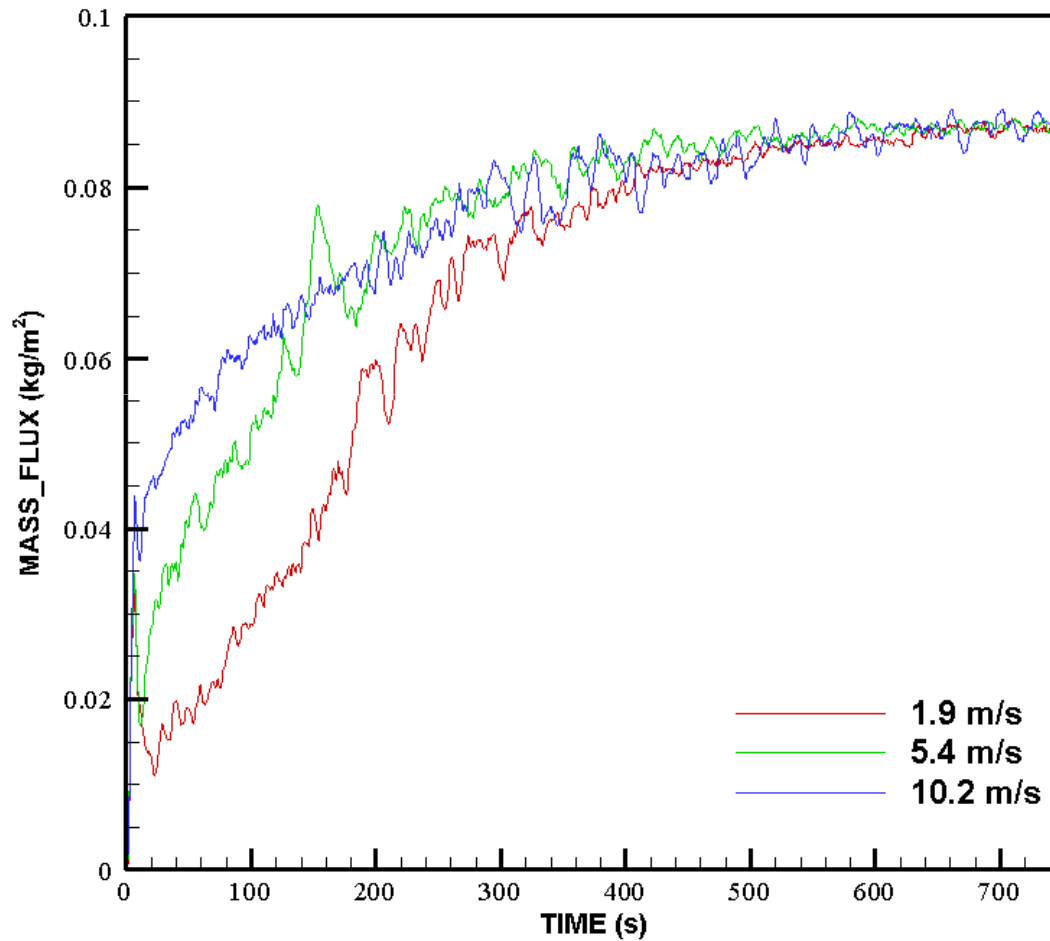
Kérosène($\text{C}_{12}\text{H}_{26}$)

Durée de simulation :

10 minutes

**(temps de calcul:
deux semaines)**

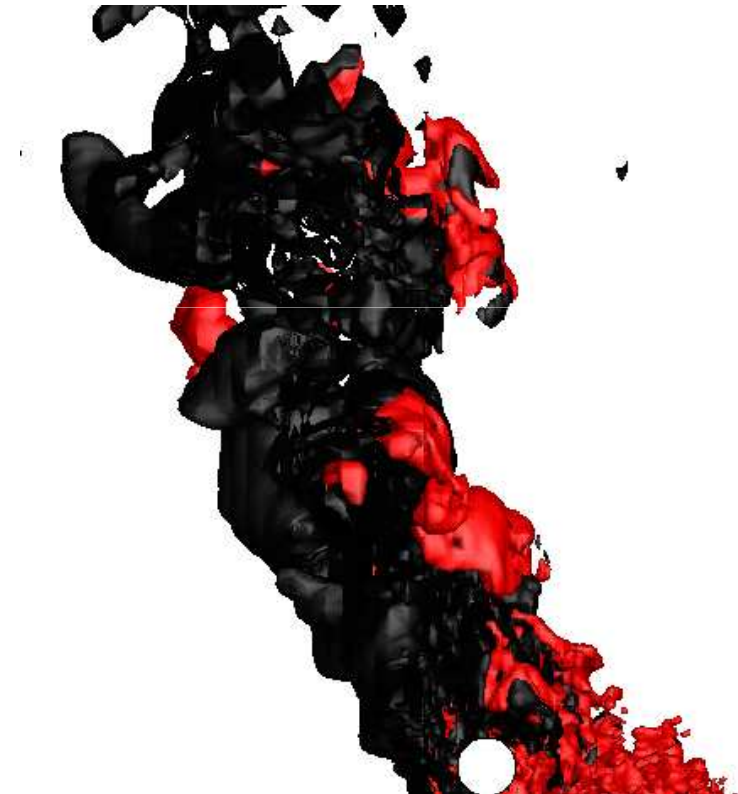
Vitesse de la perte de masse du combustible liquide



Flamme instantanée et transport des suies à la vitesse de 1,9 m / s

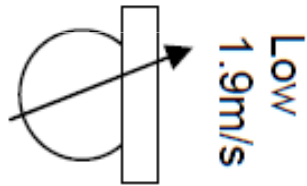
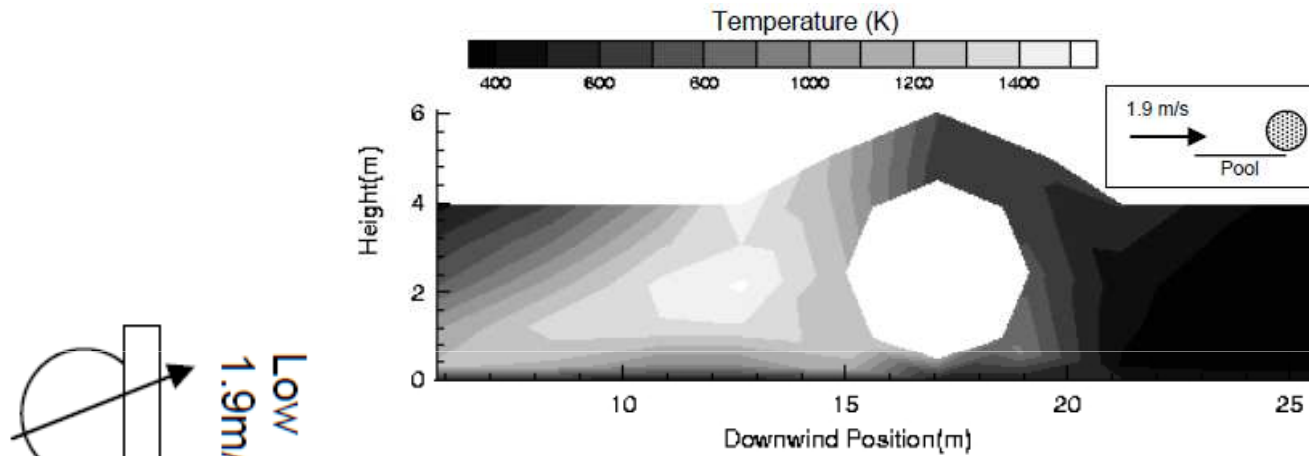
prédiction

Image expérimentale

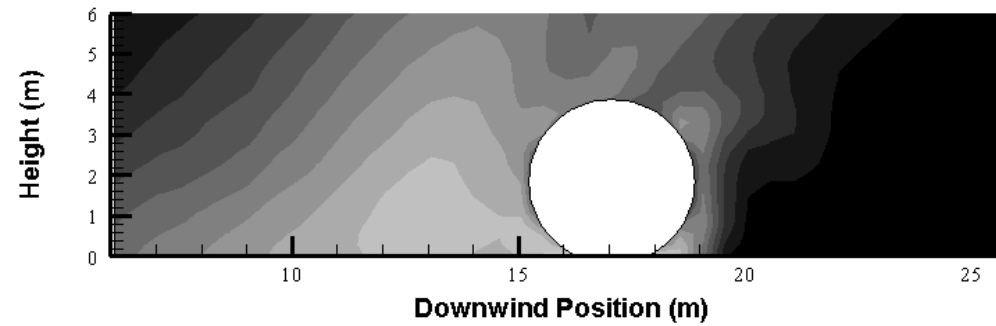


Iso-contours de la température à la vitesse de 1,9 m / s

Expérience

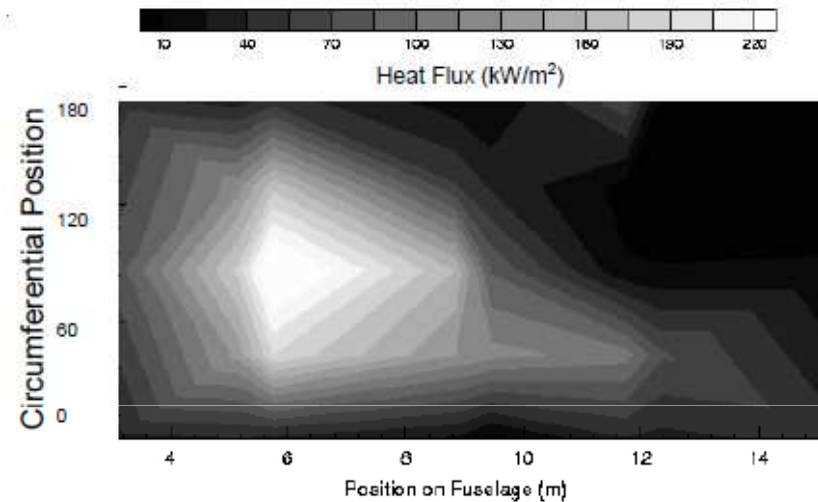


prédiction

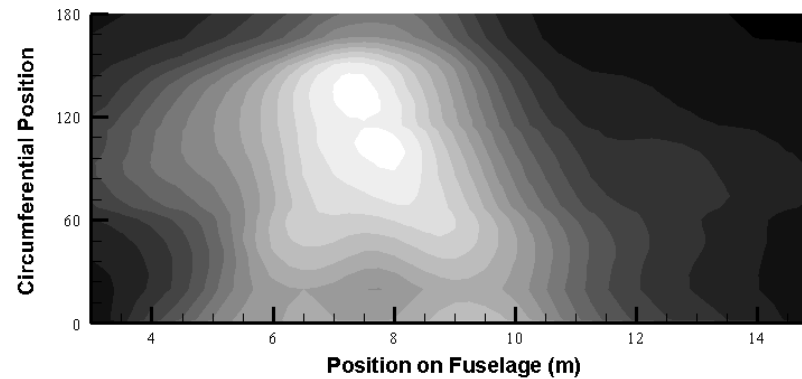


Iso-contours du flux de chaleur radiatif sur la surface du cylindre à la vitesse de 1,9 m / s

Expérience (devant)



prédiction (devant)

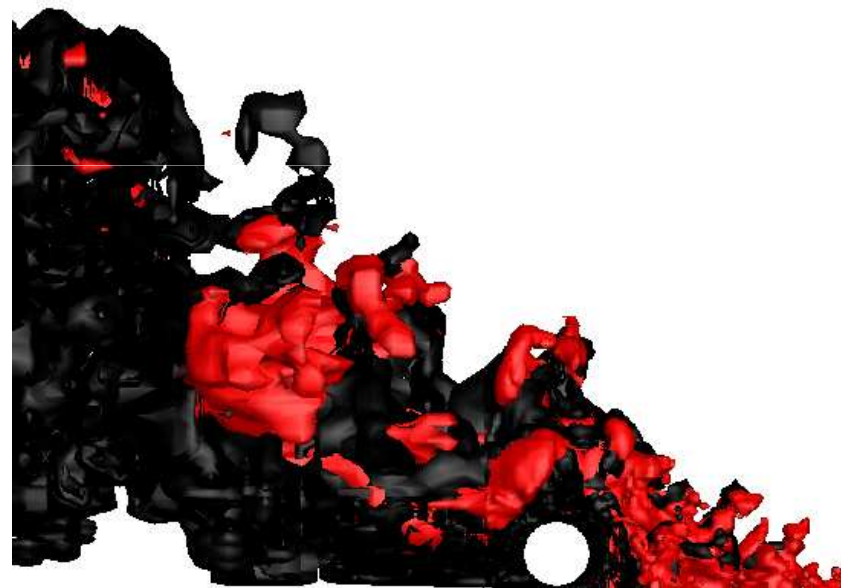


Flamme instantanée et transport des suies à la vitesse de 5,4 m/s

Image expérimentale

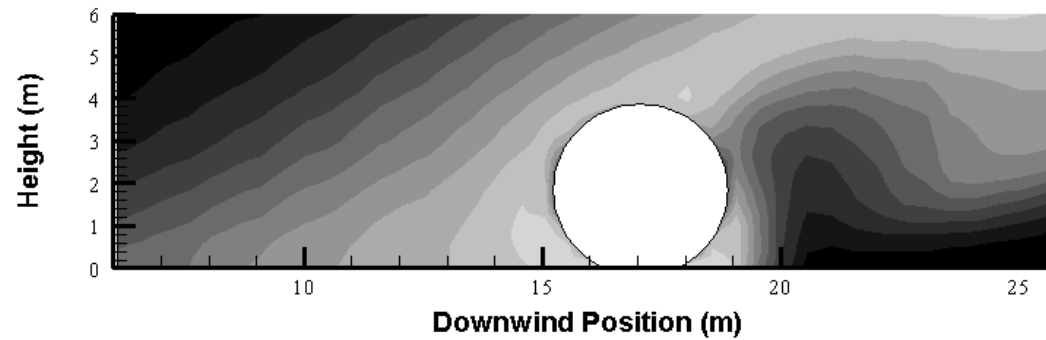
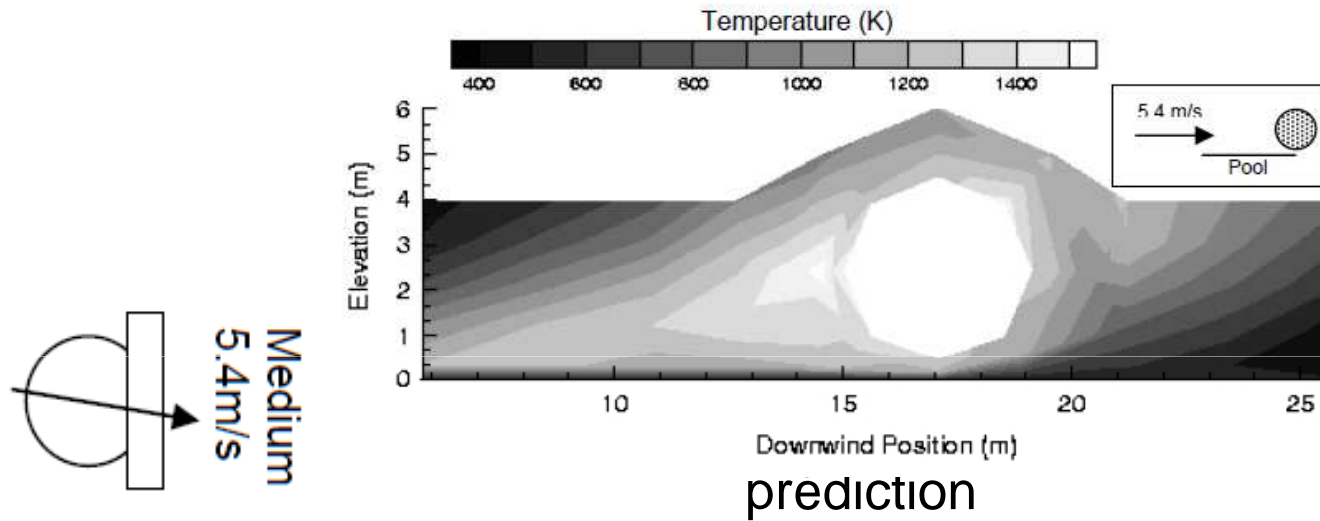


prédiction



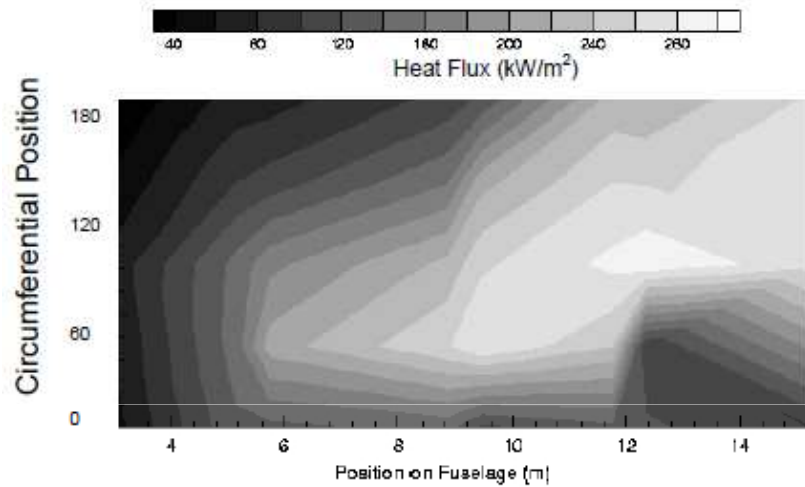
Iso-contours de la température à la vitesse de 5,4 m / s

Expérience

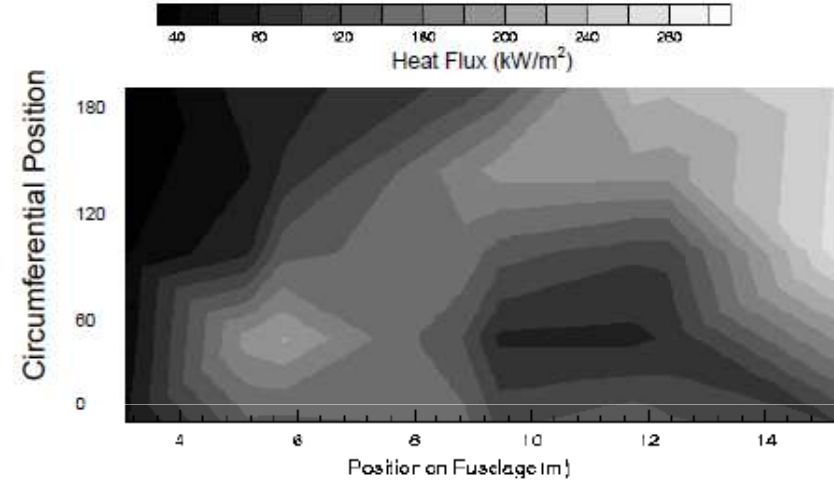


Iso-contours du flux de chaleur radiatif sur la surface du cylindre à la vitesse de 5,4 m / s

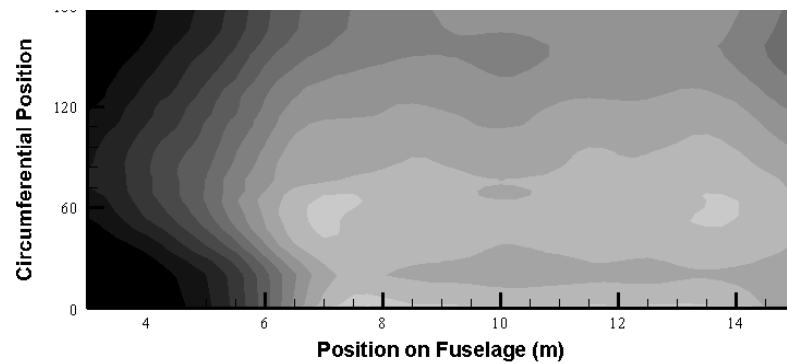
Expérience (devant)



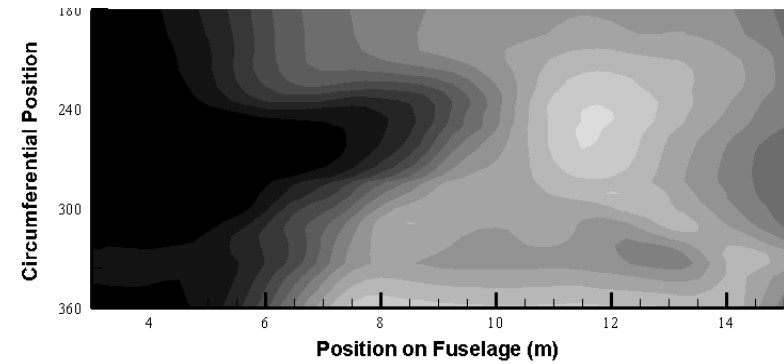
Expérience (derrière)



prédiction (devant)

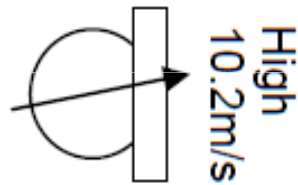
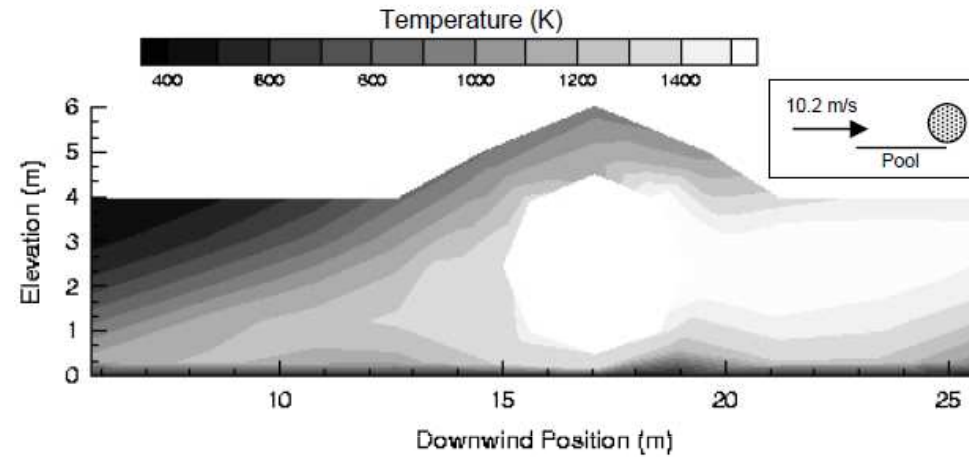


prédiction (derrière)

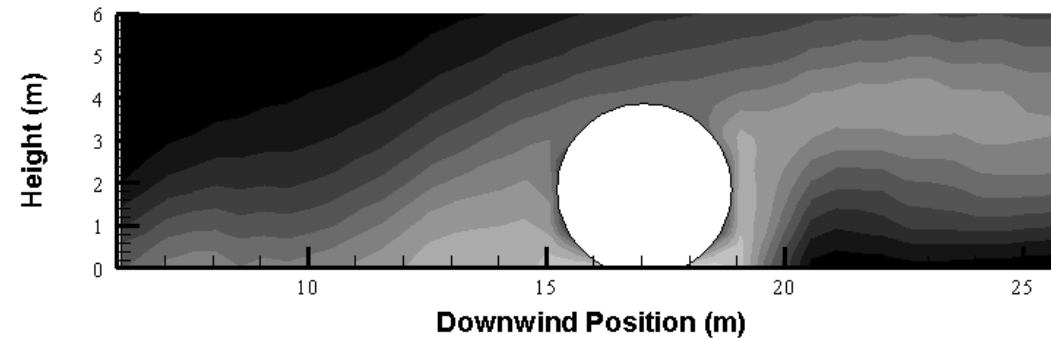


Iso-contours de la température à la vitesse de 10,2 m / s

Expérience

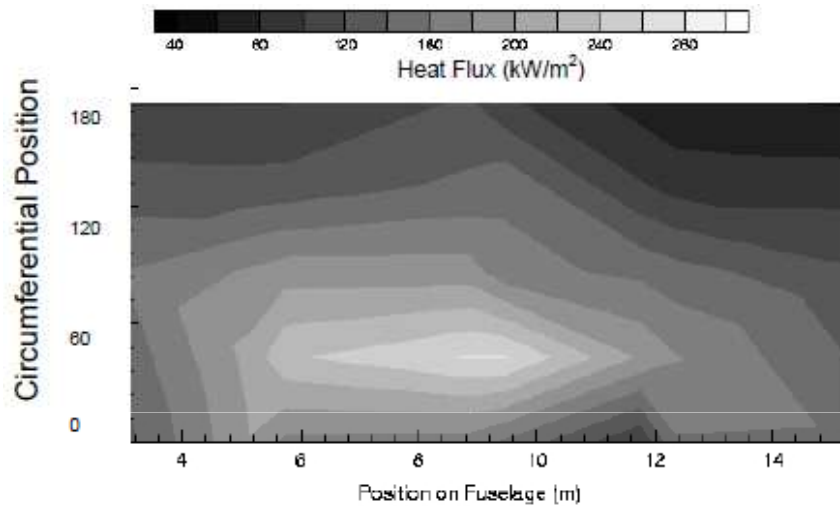


prédiction

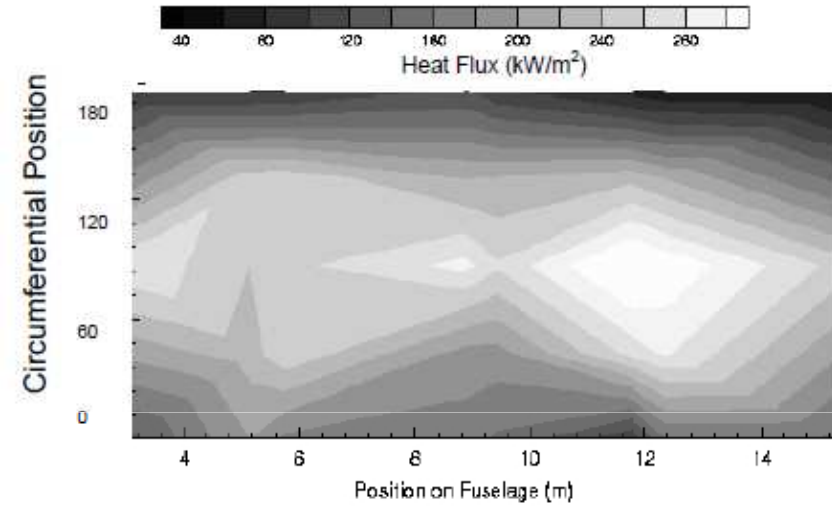


Iso-contours du flux de chaleur radiatif sur la surface du cylindre à la vitesse du vent de 10,2 m / s

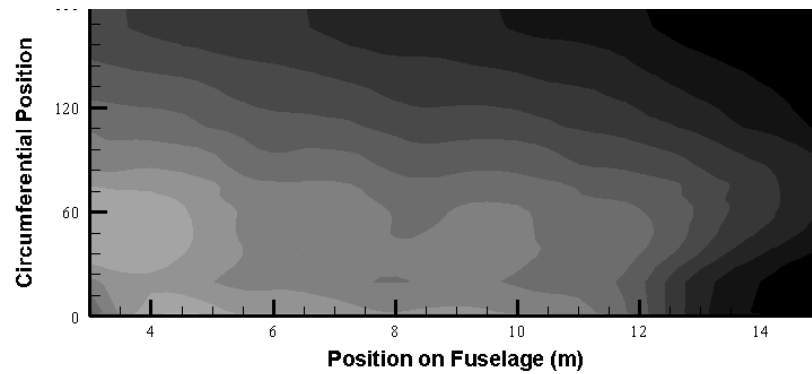
Expérience (devant)



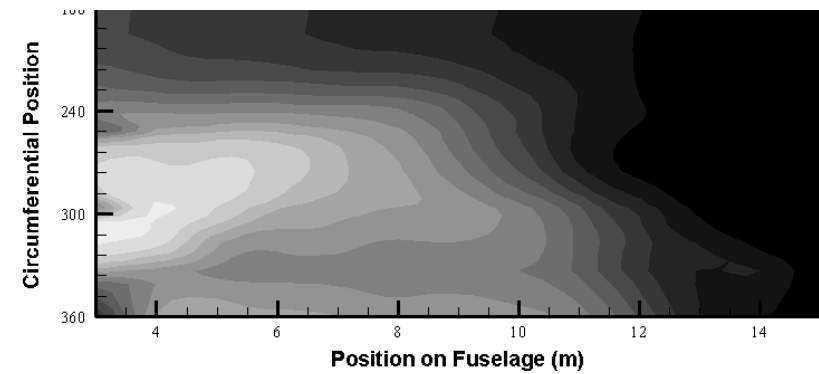
Expérience (derrière)



prédiction (devant)



prédiction (derrière)



Conclusions

- La température de la flamme, les produits de combustion et les flux de chaleur sont correctement reproduits par les modèles numériques pour des conditions de vent différentes.
- Le vent influence significativement la zone de la flamme et la distribution du flux de chaleur sur la surface du cylindre.

Merci de votre attention

Modèles de calcul

Modèles de pyrolyse de liquide (évaporation)

Nombre de transfert de masse:
$$B = \begin{cases} \frac{\Delta H_c f Y_{O_\infty} + C_g (T_\infty - T_f)}{h_v + C_l (T_f - T_r)} & (T_\infty \geq T_b) \\ \frac{Y_{F_\infty} - Y_f}{Y_f - Y_{Fr}} & (T_\infty < T_b) \end{cases} \quad (3.22)$$

Où: f : proportion massique stœchiométrique Combustible/Oxygène

Y_{O_∞} : Fraction massique en oxygène d'écoulement libre

T_∞ : Température d'écoulement libre

T_r : Température de combustible liquide dans le réservoir

Y_{Fr} : Fraction massique de combustible dans le liquide

C_g, C_l : Chaleur spécifique de l'air et du combustible liquide

Y_f, T_f : Fraction massique de combustible et température en surface d'évaporation

→ Taux de transfert de masse :
$$\dot{m}'' = \frac{\rho_g \alpha_g}{l} 0.664 \left(\frac{ul}{\nu_g} \right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{\nu_g}{\alpha_g} \right)^{\frac{1}{3}} \ln(B+1) \quad (3.23)$$

Où: ρ_g, α_g, ν_g : la masse volumique, la diffusivité thermique et la viscosité cinématique de l'air. l : longueur caractéristique.