



Modélisation du transfert des aérosols dans un local ventilé

P. Nerisson*, L. Ricciardi*, O. Simonin**, J. Fazileabasse***, A. Douce***

* IRSN/DSU/SERAC, Laboratoire d'Études et de Modélisation en Aérodynamique et Confinement
BP 68, 91192 Gif sur Yvette cedex, France.

** Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse, UMR 5502 CNRS/INPT/UPS
allée du professeur Camille Soula, 31400 Toulouse, France.

*** EDF R&D, 6 quai Watier, BP 49, 78401 Chatou cedex, France.

Approche du problème

Soufflage



Contexte:

Dans un local ventilé, l'évaluation de la quantité de contamination particulaire susceptible d'être inhalée par un opérateur repose sur la connaissance de l'évolution spatio-temporelle de la concentration en contaminant en tout point du local considéré. Le transfert de cette contamination est indépendant de la nature radioactive des aérosols.

Objectif:

Le but de cette étude est de développer un modèle de transport et de dépôt d'aérosols, donnant accès à l'évolution spatio-temporelle de la concentration en contamination particulaire.

Paramètres:

- granulométrie des aérosols (d_{amm} , σ_g)
- vitesse à l'injection
- configuration de ventilation du local
- taux de renouvellement d'air

Modèle de transport d'aérosols

→ Simplification du problème :

- écoulement diphasique très dilué
→ pas de collisions de particules ni de coalescence
- faible inertie des particules considérées
→ hypothèse d'équilibre local des particules avec la turbulence du fluide
- densité des particules élevée ($\rho_p/\rho_f \geq 1000$)
→ la loi de Stokes s'applique, le temps de relaxation des particules s'écrit :
$$\tau_p = \frac{d_p^2 \rho_p}{18 \mu_f} C u$$
- plusieurs phénomènes comme la masse ajoutée ou la portance peuvent être négligés

→ Equation de transport d'aérosols :

L'écoulement d'air est simulé avec une méthode RANS (modèle de turbulence k-ε ou R_k-ε).

Les particules (phase dispersée) sont simulées avec un modèle Eulerien simplifié, appelé "Diffusion-Inertia Model" (Zaichik et al., 2004). Ce modèle comporte une unique équation de transport de la concentration en particules :

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} \left[U_{f,i} + \tau_p g_i - \tau_p \left(\frac{\partial U_{f,j}}{\partial t} + U_{f,k} \frac{\partial U_{f,j}}{\partial x_k} \right) \right] C \Bigg\}$$

$$= \frac{\partial}{\partial x_i} \left[(D_B \delta_{ik} + D'_{p,ik}) \frac{\partial C}{\partial x_k} + C \frac{\partial}{\partial x_k} \left(D_B \delta_{ik} + \frac{\Omega}{1 + \Omega} D'_{p,ik} \right) \right]$$

sedimentation

déviations des particules par rapport aux lignes de courant de fluide

diffusion brownienne et turbulente

migration due à la thermophorèse et à la turbophorèse

Le modèle prend en compte la diffusion brownienne, mais celle-ci est généralement négligeable devant les effets de la turbulence.

Modèle de dépôt d'aérosols

→ Choix du modèle de dépôt :

Dans cette étude, les lois de dépôt en régimes diffusionnel et gravitationnel doivent être prises en compte ($0,1 \mu m < d_p < 50 \mu m$).

- deux catégories de modèles :

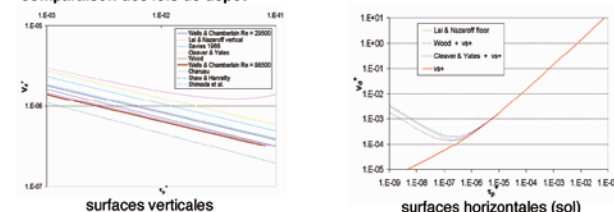
→ lois semi-empiriques : $v_d^+ = k_1 Sc^{k_2} + \delta v_s^+$

→ lois théoriques :

$$v_d^+ = \frac{v_s^+}{1 - \exp(-v_s^+ I_f)} \quad v_d^+ = \frac{v_s^+}{\exp(v_s^+ I_f) - 1} \quad v_d^+ = \frac{1}{I_f} \quad I_f = \int_{y^+}^{\infty} \left(\frac{v_f}{v_s + D_B} \right) dy^+$$

surfaces horizontales (sol) surfaces horizontales (plafond) surfaces verticales

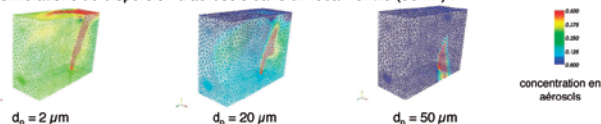
• comparaison des lois de dépôt



Simulations

→ Le "Diffusion-Inertia model" et les lois de dépôt ont été implantés dans Code_Saturne, un logiciel de CFD libre, développé par EDF R&D

Premières simulations de dispersion d'aérosols dans un local ventilé (36 m³) :

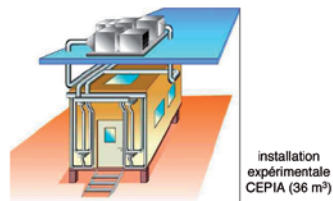


Des simulations numériques ayant pour but de valider le modèle sur des géométries simples sont actuellement effectuées (batterie de sédimentation, conduit...).

Conclusion

→ Les recherches bibliographiques ont permis d'identifier des modèles adaptés de transport et de dépôt d'aérosols, et de tester ceux-ci sur les premières simulations utilisant Code_Saturne. Des expériences de traçage particulaire effectuées dans des locaux de 36 m³ et 1500 m³ permettront de valider ces modèles, pour différentes configurations de ventilation.

→ Afin d'améliorer la précision du modèle de dépôt d'aérosols, et de rendre le calcul du dépôt indépendant du maillage utilisé, une méthode établissant le profil de concentrations en aérosols en proche paroi est en cours de développement (par analogie avec l'établissement d'un profil de vitesse ou de température en couche limite).



P. Nerisson*, L. Ricciardi* - O. Simonin** - J. Fazileabasse***, A. Douce***

***EDF R&D, 6 quai Watier, BP 49, 78401 Chatou cedex



NOTES