

EVALUATION DE LA DISPERSION D'UN AEROCONTAMINANT DANS UN LOCAL VENTILE EN CHAMP PROCHE D'UNE SOURCE D'EMISSION ACCIDENTELLE

D. Guerra¹, L. Ricciardi¹, J-C. Laborde¹, S. Domenech²

¹ Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire, DSU / SERAC, Laboratoire d'Études et de Modélisation en Aérodispersion et Confinement, BP 68, 91192 Gif sur Yvette Cedex.

e-mail: davide.guerra@irsn.fr

² Laboratoire de Génie Chimique, Département Procédés et Systèmes, 118, route de Narbonne, 31062 Toulouse Cedex.

La protection des opérateurs et la surveillance d'un environnement de travail dans un local ventilé d'une installation nucléaire passent en tout premier lieu par la connaissance de la concentration d'un aérocontaminant susceptible d'être inhalé par un opérateur ou détecté par un appareil de mesure ; la démarche visant à évaluer l'évolution spatio-temporelle de la concentration en contaminant peut être scindée en deux problématiques :

- une problématique "champ proche", qui cherche à caractériser la dispersion d'un contaminant dans le champ proche d'une source d'émission en situation accidentelle, la dispersion étant pilotée principalement par la vitesse d'émission au travers d'un orifice (par exemple, cas d'une brèche sur une enceinte sous pression ou sur une canalisation),
- une problématique "champ lointain", visant à évaluer les transferts d'un contaminant dans l'ensemble du local où se situe la source de contamination, la dispersion étant dans ce cas pilotée par les écoulements d'air dus à la ventilation du local et aux courants de convection naturelle (dans l'hypothèse où les effets de densité du contaminant sont négligeables).

Les travaux présentés portent sur la modélisation de la dispersion d'un contaminant en champ proche d'une source d'émission, suite à une rupture accidentelle du confinement de la contamination.

Cette modélisation doit intégrer à terme l'influence des paramètres caractéristiques :

- de l'émission : géométrie de la fuite (fente ou orifice circulaire), vitesse initiale et durée de l'émission,
- du contaminant : nature (gaz ou aérosol) et concentration initiale,
- du local : ventilation et obstacles.

Différents scénarios accidentels entraînant une fuite d'aérocontaminant (gazeux ou particulaire) ont été envisagés et servent de référence aux travaux :

- la fuite continue est le cas le plus simple : elle peut correspondre à la rupture d'une cuve ou d'une canalisation,
- la fuite transitoire est le deuxième cas pouvant se présenter : elle peut faire suite à une brèche sur un réservoir sous pression entraînant sa vidange rapide, ou encore suite à une rupture de confinement d'une boîte à gants par l'arrachement d'un rond de gants suite au passage en surpression de la boîte.

Les études bibliographiques et les premières simulations réalisées, permettant d'évaluer différents codes multidimensionnels, ont porté essentiellement sur des écoulements stationnaires (jets libres, panaches, jets à densité variable). S'avérant le plus adapté à ces applications, le code Flovent a été utilisé par la suite. Par ailleurs, face au manque de connaissances sur les fuites transitoires, des expérimentations d'émissions transitoires de contaminants gazeux ont été réalisées dans un local à échelle 1, dans un premier temps non-ventilé (cf. Figure 1).

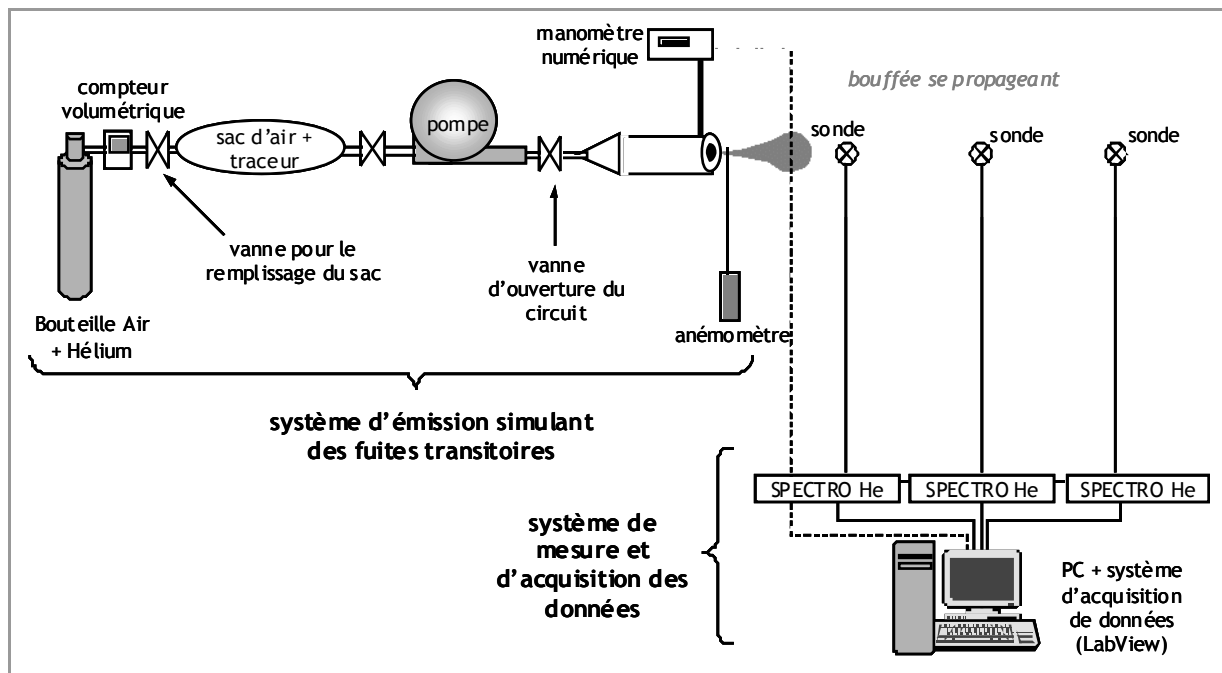


Figure 1 - Montage expérimental permettant la réalisation de fuites transitoires

Les mesures réalisées, par des techniques de traçage à l'hélium, simulant d'un contaminant, ont permis d'évaluer en temps réel l'évolution de la concentration en hélium. La confrontation satisfaisante de ces résultats à des simulations de fuites transitoires menées en parallèle, illustrée par un exemple sur la Figure 2, a ensuite permis de valider l'apport des outils multi-D dans l'élaboration de modèles de dispersion.

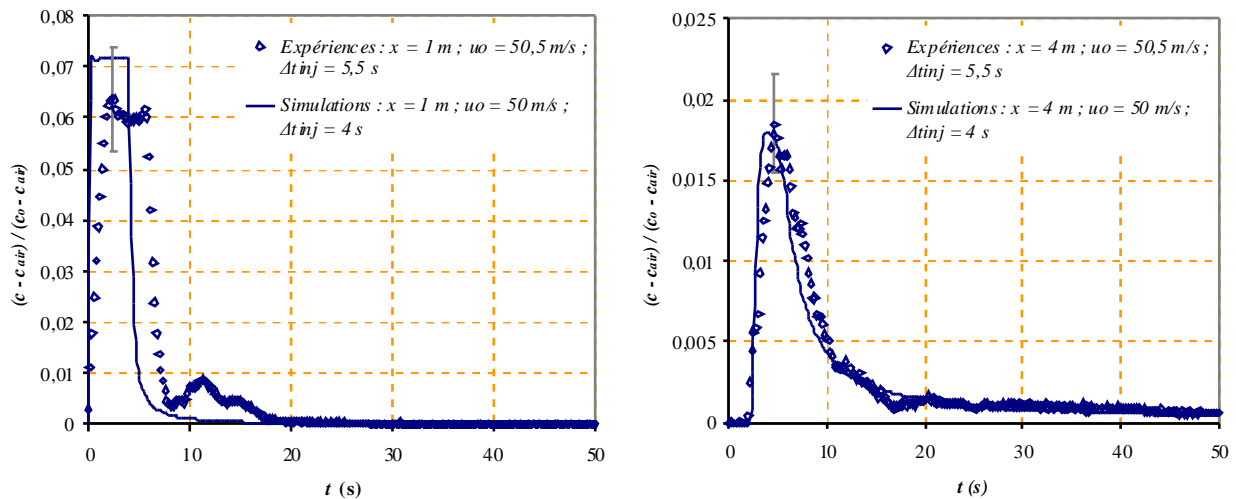


Figure 2 – Comparaison simulation - expériences de l'évolution temporelle de la concentration dans le cas d'une fuite transitoire issue d'un orifice circulaire ($d_o = 2 \text{ cm}$; $u_o = 50 \text{ m/s}$; $\Delta t_{inj} = 4 \text{ s}$)

Dans le cas d'une fuite transitoire d'un contaminant gazeux, un modèle décrivant l'évolution spatio-temporelle de la concentration en champ proche de la fuite est proposé. Il s'écrit sous la forme générale suivante :

$$c / c_0 = f(x, y, t, d_o \text{ ou } h, u_o, \Delta t_{inj})$$

où c est la concentration en contaminant (fraction molaire), c_o la concentration initiale en contaminant (fraction molaire), x et y les coordonnées spatiales (m), t le temps (s), d_o le diamètre de l'orifice circulaire ou h la hauteur de la fente (m), u_o la vitesse initiale de la bouffée (m/s), Δt_{inj} la durée de l'émission (s).

A titre d'exemple, la Figure 3 illustre la bonne adéquation entre le modèle développé et les résultats de simulation.

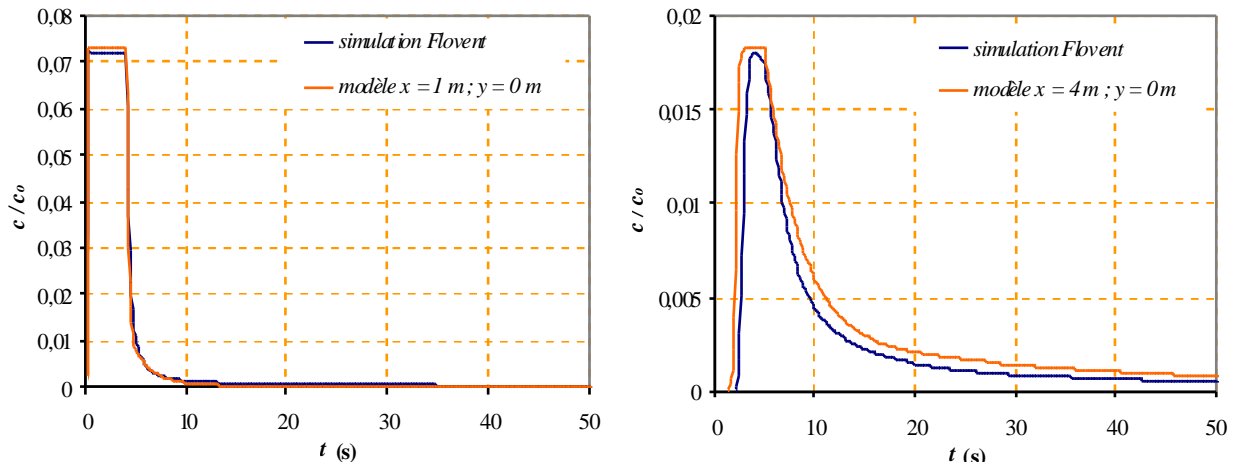


Figure 3 - Comparaison des courbes $c(x, t)$ entre les résultats de simulation et le modèle
Cas d'une fuite transitoire issue d'un orifice circulaire ($d_o = 2$ cm ; $u_o = 50$ m/s ; $\Delta t_{inj} = 4$ s)

Enfin, une première analyse des effets de la ventilation d'un local (cf. Figure 4) et des effets de densité (contaminant en forte concentration, cf. Figure 5) a également été réalisée dans le cas des fuites continues.

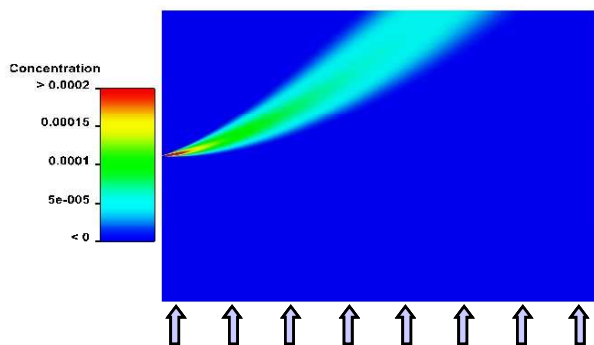


Figure 4 - Champ de concentration (kg de contaminant / kg d'air) d'un jet plan continu
($h = 3$ mm et $u_o = 10$ m/s) dévié par un écoulement normal au jet ($u_{trans} = 0,20$ m/s)

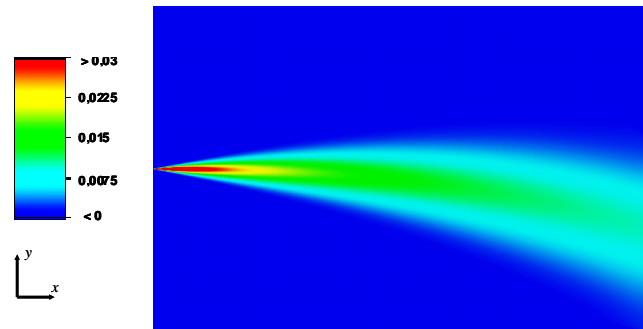


Figure 5 - Champ de concentration (kg de SF_6 / kg d'air) d'un jet plan horizontal à masse volumique variable
($h = 3$ mm ; $c_o = 0,05$ en SF_6 ; $u_o = 30$ m/s) dévié par les effets de densité du SF_6

L'ensemble des modèles élaborés dans le cas d'un contaminant gazeux se présente sous la forme de corrélations s'inspirant de la théorie des jets d'écoulements turbulents libres. Ces modèles sont facilement utilisables dans le cadre des évaluations de sûreté traitant du confinement des substances radioactives et de la radioprotection dans les installations. Ils doivent permettre de prévoir, de manière moins empirique qu'actuellement, la concentration de contaminant susceptible d'être inhalé par un opérateur présent à proximité d'une source potentielle. Par ailleurs, ils peuvent également aider au choix de l'emplacement de détecteurs de contamination.