

ETUDE DE L'EFFICACITE DE CONFINEMENT ASSURE PAR UNE BOITE A GANTS EN SITUATIONS ACCIDENTELLES DE FONCTIONNEMENT

C. Prévost, L. Bouilloux, J. Lacan

Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN)

DSU/SERAC, BP 68, 91 192 Gif-sur-Yvette Cédex

Des travaux de recherche ont été réalisés à l'IRSN afin d'évaluer l'efficacité du confinement dynamique assuré par une enceinte de type boîte à gants (BAG), en termes de coefficients de rétrodiffusion et de débits globaux de transfert d'aérocontaminants gazeux et particulaires (diamètres aérodynamiques 0,15 μm et 5 μm), en cas de rupture intempestive du confinement par arrachement brusque d'un gant ou d'un sac. La connaissance de l'efficacité de confinement est primordiale car elle conditionne l'activité susceptible d'être inhalée par un opérateur.

PARAMETRES ET GRANDEURS ETUDIES

Plusieurs configurations de la BAG sont testées, depuis une configuration de fonctionnement de l'enceinte dite *standard* (température interne initiale $T_0 = 20\text{ }^\circ\text{C}$, pression relative interne initiale $P_0 = -300\text{ Pa}$) jusqu'à des configurations accidentelles. Chacune des configurations est testée pour deux types d'ouverture, Rond De Sac (RDS) et Rond De Gant (RDG), en présence ou non d'un débit de sécurité Q_s sur la BAG. La caractérisation du transfert d'un contaminant implique l'étude des coefficients de rétrodiffusion et des débits de transfert, ainsi que les profils de vitesse de l'air à l'ouverture.

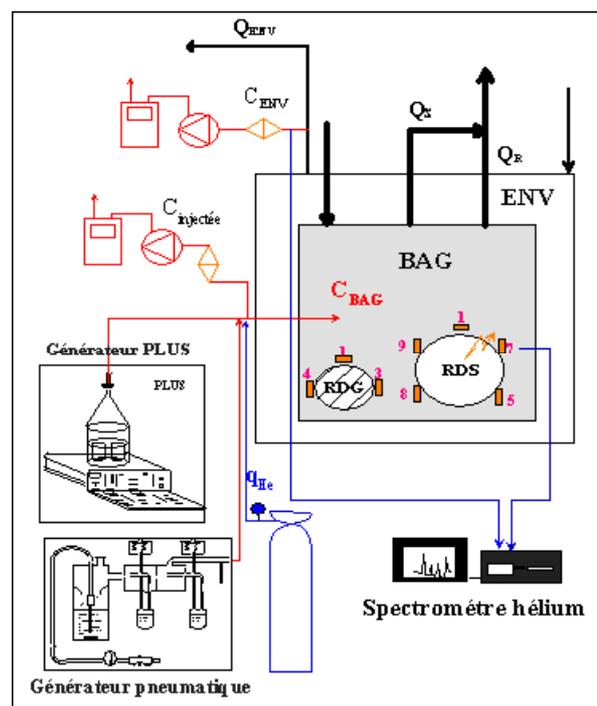
Le coefficient de rétrodiffusion K (s/m^3) est défini par : $K = \frac{C_M}{q_s}$,

où C_M correspond à la concentration de contaminant en un point M situé à l'extérieur de l'enceinte, et q_s est le débit de contaminant à l'intérieur de l'enceinte. Les coefficients de transfert sont mesurés localement en différents points autour des ouvertures, en régime de ventilation transitoire (traceur gazeux), ou continu (traceurs gazeux et particulaires). A noter la présence d'une enveloppe externe ventilée autour de la BAG, qui permet de collecter pendant la durée du scénario d'arrachement du gant ou du sac, la quantité totale de traceur transférée à l'extérieur de l'enceinte.

MAQUETTE EXPERIMENTALE ET TECHNIQUES DE MESURE ASSOCIEES

La maquette (figure 1) est constituée de deux enceintes ventilées imbriquées l'une dans l'autre : une BAG 'standard' et une enceinte enveloppe, laquelle permet de caractériser le transfert global de l'aérocontaminant à l'extérieur de la BAG lors du scénario d'arrachement. L'arrachement d'un gant ou d'un sac est reproduit grâce à l'ouverture brusque et rapide d'obturateurs étanches adaptés aux ouvertures RDG et RDS. La ventilation d'extraction de la BAG est alimentée normalement par un *débit de régulation*, Q_R , auquel vient s'ajouter, en situation accidentelle, un *débit de sécurité* Q_S (si la dépression initiale dans l'enceinte chute brusquement).

Figure 1 : montage expérimental



Les techniques de traçage gazeux et particulaires sont successivement mises en œuvre pour la détermination des coefficients de transfert relatifs à chaque espèce testée. La maquette est par ailleurs équipée des techniques de vélocimétrie laser adaptées à l'étude des champs de vitesse et à la visualisation des phénomènes de transfert.

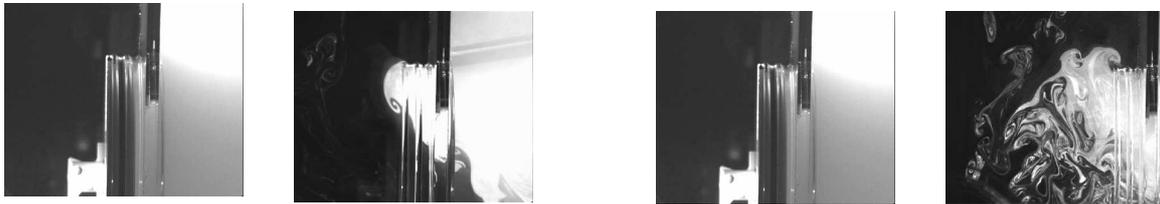
ANALYSE QUALITATIVE DES PHENOMENES DE RETRODIFFUSION

La technique de visualisation laser PIV permet, outre le calcul de l'évolution spatio-temporelle de vecteurs vitesse d'écoulement, d'observer en temps réel l'écoulement même du fumigène utile à l'ensemencement, simulant d'un contaminant gazeux présent dans l'enceinte. Les images collectées dans différentes configurations à l'ouverture RDS (figure 2), notamment en l'absence du débit de sécurité (série 1) et pour $P_o = -500$ Pa, cumulée à la présence d'une source de chaleur dans l'enceinte (série 2), montrent l'incidence de ces paramètres sur l'accroissement des phénomènes de rétrodiffusion.

Série 1 : $T_o = 20$ °C

Série 2 : $T_o = 50$ °C

Figure 2 : Images PIV obtenues toutes les 100 ms suite à l'ouverture de l'obturateur

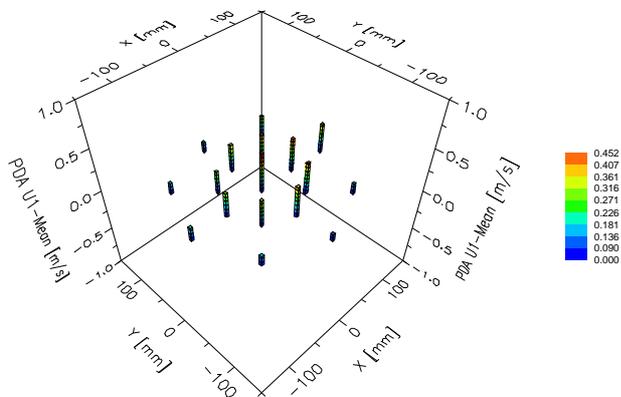


ANALYSE QUANTITATIVE DES PROFILS DE VITESSE AUX OUVERTURES

La technique LDV permet de réaliser une cartographie circulaire des composantes de la vitesse de l'écoulement d'air normale au plan de l'ouverture, sur toute la surface.

$$V_{\text{centre}} = 0,45 \text{ m/s}, V_{\text{min}} = 0,1 \text{ m/s}$$

Figure 3 : cartographie des vitesses d'air



Cet exemple démontre l'hétérogénéité des valeurs de vitesse obtenues sur toute la surface à l'ouverture testée (RDS). De manière générale, les valeurs moyennes de la vitesse débitante calculées au niveau des ouvertures sont supérieures ou égales à la valeur minimale requise dans le domaine nucléaire dans ce cas, soit 0,5 m/s ; laquelle n'est pas toujours atteinte localement.

ETUDE DES COEFFICIENTS DE RETRODIFFUSION ET DES TRANSFERTS GLOBAUX

Les graphes présentés sur la figure 4 illustrent l'évolution de la valeur K_{moy} (valeur moyenne obtenue sur 3 essais, des K_i mesurés par point i) autour de l'ouverture testée, pour une configuration *standard* de l'enceinte, avec et sans débit de sécurité. On montre le rôle essentiel du débit de sécurité dans la réduction des transferts avec toutefois une action prépondérante sur la réduction des transferts particulaires de 5 μm . De plus, la rétrodiffusion gazeuse prédomine légèrement devant celle des particules de 0,15 μm , puis celle des particules de 5 μm .

De l'étude globale, il ressort les conclusions suivantes : l'arrachement accidentel d'un gant ou d'un sac produit une rétrodiffusion gazeuse et particulaire, même en cas de fonctionnement standard d'une BAG ; ce phénomène n'est pas significativement affecté par

la nature même de l'aérocontaminant testé. Par ailleurs, on montre que les quantités transférées sont systématiquement supérieures dans le cas d'une ouverture RDS.

Les configurations les plus pénalisantes montrent dans le cas d'un traceur gazeux, que la conjonction des effets liés à une dépression initiale faible et à un débit de sécurité inexistant renforce l'effet d'un gradient de température interne dans la BAG. La technique du traçage gazeux a permis de détecter un pic de rétrodiffusion émis systématiquement dès l'ouverture de l'obturateur ; il est d'amplitude variable, de durée approximativement égale à 2 min avant le retour à une valeur stable.

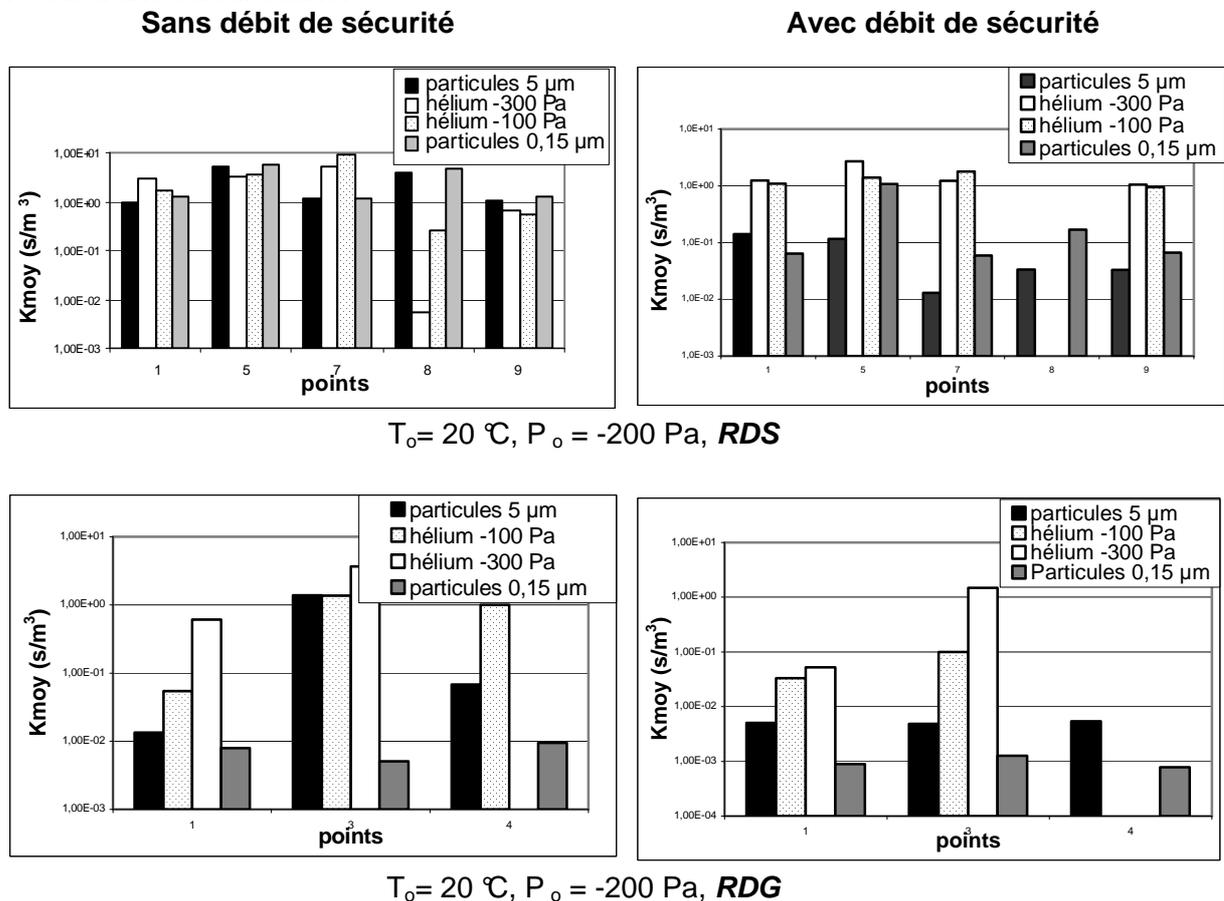


Figure 4 : influence du débit de sécurité sur l'amplitude des transferts

Les résultats décrits en termes de transferts globaux (détectés dans l'enveloppe) montrent que leur évolution est identique à celle des coefficients de transfert mesurés localement à l'ouverture. De même, l'augmentation des transferts est manifeste lorsque le débit de sécurité est inactivé et ce, quelle que soit la nature de l'aérocontaminant testé.

CONCLUSION

Cette étude met en évidence, d'une part l'existence de phénomènes de rétrodiffusion d'aérocontaminant, même en cas de fonctionnement normal de la BAG, d'autre part l'impact de la présence d'un organe de sécurité sur la réduction des quantités transférées et ce, quelle que soit la nature du traceur employé. Aucun comportement spécifique significatif lié à la nature du traceur n'a par ailleurs été observé dans les conditions expérimentales de l'étude. Outre la mise en évidence de configurations à risque prépondérant, l'étude permet de quantifier les coefficients de rétrodiffusion, à partir desquels il est possible d'accéder à l'activité volumique susceptible d'être inhalée par un opérateur.