

**SIMULATION NUMERIQUE DE LA DISPERSION ET DU DEPOT
DES PARTICULES DANS UN LOCAL VENTILE****Limam K. a***, **Olea Popescu L.b**, **Abadie M.a**,
Nikiforova T. c, **Savytskyi M.V. c**, **Koval A.S. c***aLaboratory of engineering sciences for environment (LaSIE),
University of La Rochelle, France**bDepartment of Thermodynamics and Mass transfer, Technical
University of Construction of Bucharest, Romania**cAcademy of Civil Engineering and Architecture”, 49600
Dnipropetrovsk (Ukraine)*

Introduction. Depuis quelques années la qualité de l'air intérieur s'impose comme un sujet qui préoccupe de plus en plus les citoyens, les politiques et les gouvernements. Les citadins passent en moyenne de 20 à 22 heures par jour à l'intérieur de lieux clos (habitat, lieux de travail, ...) (ALIAGA C. et al 2003), or de nombreuses études tendent à montrer que la qualité de l'air y est parfois moins satisfaisante qu'à l'extérieur. Cette situation a même tendance à s'aggraver ces dernières années avec les mesures d'isolation et de réduction de la ventilation à des fins d'économies d'énergie. L'un des risques majeurs pour la santé publique est celui lié aux particules en suspension dans l'air. Les particules "fines" dont le diamètre est inférieur ou égal à 10 micromètres s'inhalent facilement. Elles pénètrent profondément dans les poumons (les particules $< 2.5\mu\text{m}$ atteignent les alvéoles) et sont à l'origine de graves troubles cardiaques et respiratoires.

Le dépôt des particules sur les surfaces ainsi qu'une stratégie de ventilation adaptée permettent de réduire la concentration particulaire de l'air intérieur (Bouilly, 2005..) On se reportera aux travaux de Hinds (1982), Wallace (1996), Lai (2002), Abadie (2001) et El Hamdani (2008) pour une synthèse expérimentale sur le dépôt des particules sur les surfaces.

Ainsi la présente étude qui s'inscrit dans le cadre de la pollution particulaire de l'air intérieur, s'intéresse à l'effet de l'écoulement d'air et du dépôt des particules sur la pollution de l'air intérieur. Nous avons modélisé numériquement le transport et le dépôt des polluants avec l'approche Lagrangienne. Elle consiste à déterminer les trajectoires de chaque particule en considérant les différentes forces (gravité, diffusion moléculaire ...) ainsi que l'action de l'écoulement d'air. Cette étude, nécessite la connaissance de l'écoulement d'air qui peut être déterminée par le logiciel STAR CD. Les équations de la dynamique des particules sont alors résolues par la méthode Lagrangienne avec un code maison. En effet, en calculant les trajectoires d'un grand nombre de particules, on peut simuler le transport et le dépôt des particules, et étudier ainsi la variation de la concentration particulaire en fonction du temps. Ainsi, à l'aide de cet outil numérique, nous montrons l'influence de la ventilation sur le transport des polluants dans un volume très important, une chambre de dimension réelle 30m³.

Configuration géométrique. Cette pièce MARIA est ventilée mécaniquement par deux bouches de ventilation qui sont présentées ci-après (Figure 1).

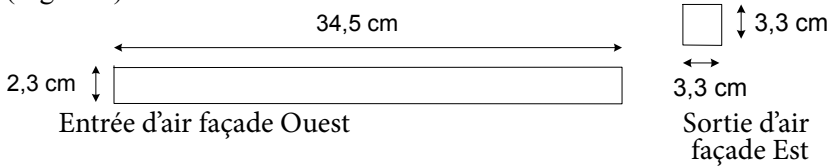


Figure 1.: Dimensions des bouches de ventilation

Tableau 1
Positions des bouches de ventilation (en cm)

Entrée d'air			Bouche d'extraction		
x	y	z	x	y	z
37,5	85	235,75	253	473,35	14,65



Caisson d'entrée d'air



Coin de la bouche d'extraction

La Figure 2. Vient présenter deux vues partielles de la chambre étudiée.

Méthode de résolution. La détermination de l'écoulement nécessite un maillage très fin dans une grande partie du domaine. Afin de suivre avec précision toute variation des champs massique et aérodynamique, particulièrement dans la région où les gradients sont importants, nous avons adopté un maillage non uniforme, fortement resserré près des parois et des bouches de ventilation. Le maillage utilisé est un maillage structuré. Plusieurs tests ont été effectués pour optimiser le maillage au voisinage des parois afin d'utiliser le modèle à bas-nombre de Reynolds pour calculer l'écoulement d'air. La valeur de la distance adimensionnée y^+ est inférieure à 1 pour toutes

les parois du domaine.

L'écoulement d'air à l'intérieur de la chambre a été obtenu à l'aide du code STARCD. Le critère de convergence choisi implique que la somme des résidus normalisés dans chaque volume de contrôle et pour chaque variable (vitesses, pression et quantités turbulentes) doit être inférieure à . Le schéma numérique utilisé est le schéma Quick. Pour cette étude, nous avons simulé deux cas de renouvellement d'air : 1 vol/h et 0.5vol/h.

Phase fluide

Les Figures 3-4 présentent le champ de vitesses d'air dans la chambre étudiée. Partout, dans la chambre, les vitesses sont très faibles. Elles sont de l'ordre de m/s pour 1 vol/h et m/s pour 0.5 vol/h. Au voisinage de l'entrée d'air la vitesse est de m/s pour 1 vol/h et m/s pour 0.5 vol/h.

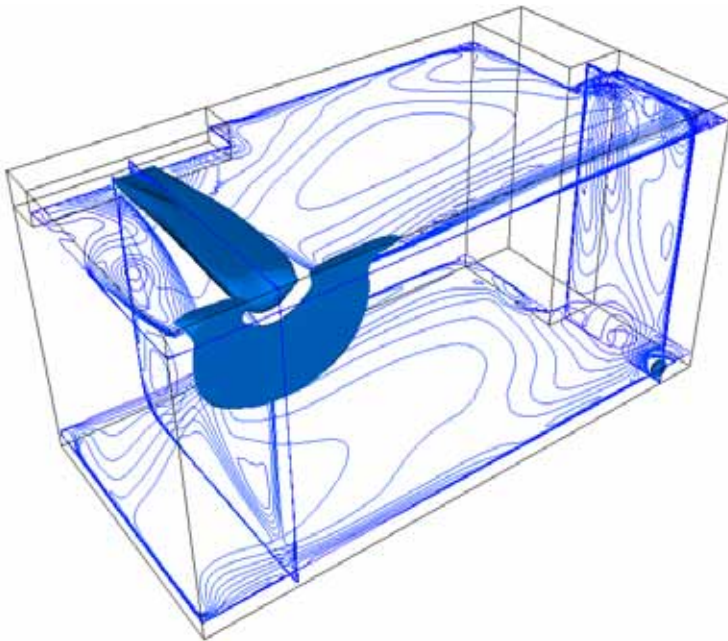


Figure 3 . Vue isométrique de l'écoulement à l'intérieur de la chambre (1 vol/h) avec isosurfaces représentant les zones de vitesses supérieures à 0.185m/s

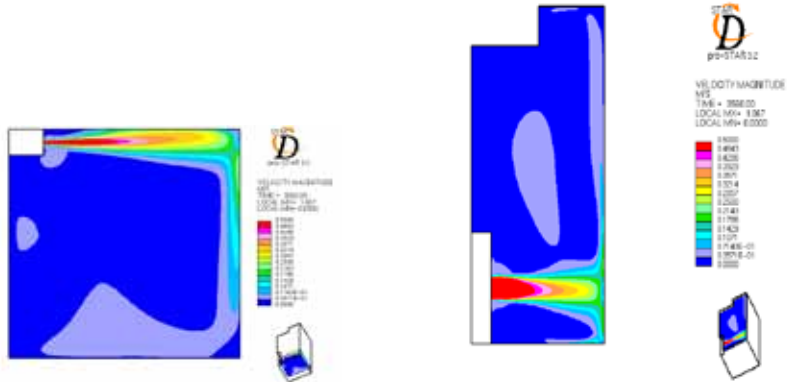


Figure 4. Champ de vitesses dans les plans XZ (gauche) et XY (droite) passant par le centre de l'entrée d'air (1 vol/h)

Phase dispersée : Trajectoires des particules

Cette seconde partie vise à présenter le transport et la diffusion des particules initialement introduites dans le domaine d'étude. Après avoir obtenu l'écoulement fluide, les particules sont injectées soit au niveau de la bouche de soufflage (premier test réalisé) soit au cœur de la pièce. La dispersion des particules, leur dépôt éventuel ou encore leur extraction par la sortie sont alors étudiés.

Un premier test a été réalisé pour simuler l'injection de particules arrivant par la bouche d'entrée d'air. Les particules simulées sont des particules de $2\mu\text{m}$ de diamètre, elles ne peuvent pas coaguler les unes aux autres. Les forces qui s'exercent sur ces particules sont essentiellement les forces de gravité et de traînée. La vitesse d'injection des particules est considérée comme égale à celle du fluide. Sous l'effet de l'écoulement d'air et des diverses forces, les particules suivent des trajectoires distinctes qui les mènent jusqu'à la bouche d'extraction par laquelle elles sortent de la pièce (Figure 5) ou encore jusqu'aux parois auxquelles elles adhèrent (Figure 6).

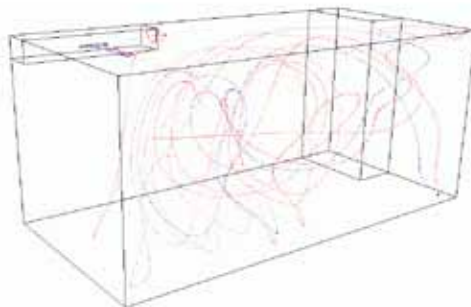


Figure 5. Exemple de trajectoires de particules de $2\mu\text{m}$ qui sortent de la pièce (injection à l'entrée d'air)

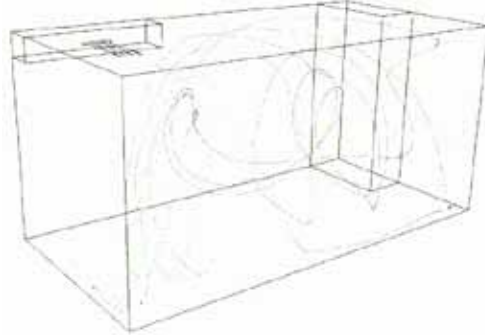


Figure 6. Exemple de trajectoires de particules de $2\mu\text{m}$ qui se déposent sur les parois (injection à l'entrée d'air)

La Figure 7 ci-dessous, représente la localisation du lieu de dépôt des particules dans l'enceinte. La plupart des particules ont été collées sur la paroi en face de l'écoulement ce qui montre l'influence de l'écoulement d'air.

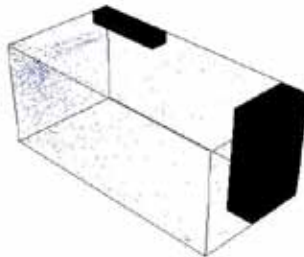


Figure 7 : Localisation du lieu de dépôt des particules

Suite à ce test, la simulation d'une injection au centre de la pièce a été effectuée afin d'étudier l'influence de la ventilation sur le transport des polluants intérieurs. D'une manière générale, les particules se déplacent dans un premier temps du centre de la pièce vers le caisson de soufflage de la ventilation (Figure 8 trait rouge) où elles sont fortement dispersées par le jet d'air. Ce premier déplacement des particules est fortement lié au transport par l'air dans cette première zone qui est à faible turbulence et donc à faible dispersion turbulente. Ainsi, les lignes de courant du champ fluide depuis la position d'injection des particules, présentées en Figures 9 et 10 sont pratiquement confondues avec le début des trajectoires des particules.

Dans un second temps, les particules, en rencontrant des zones à plus forte turbulence (près du jet), vont s'écarter du mouvement d'air par dispersion turbulente et acquérir leurs propres trajectoires.

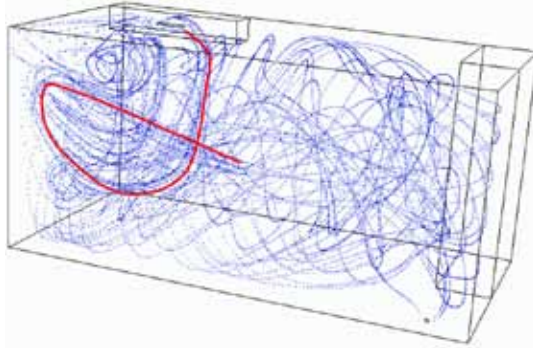


Figure 8. Exemple de trajectoires de particules de $2\mu\text{m}$ (injection au centre)

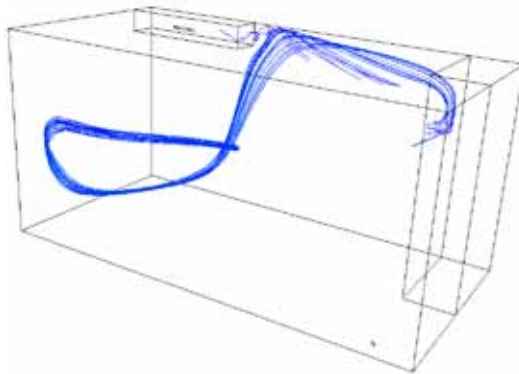


Figure 9. Lignes de courant du champ fluide depuis la position d'injection des particules à $t=6\text{min}$

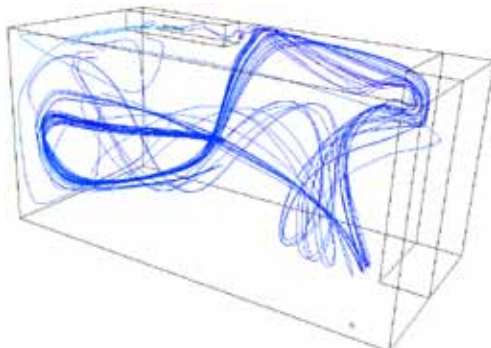


Figure 10. Lignes de courant du champ fluide depuis la position d'injection des particules à $t=13\text{min}$

Conclusion. L'objectif principal de l'étude numérique de la chambre de 30m^3 était de présenter le potentiel de la simulation numérique pour les problèmes liés au polluant particulaire dans les ambiances intérieures.

La présente étude a permis de mieux cerner l'influence de la ventilation sur la pollution particulaire, montrant que le mouvement des particules de l'air intérieur dépend non seulement du lieu d'injection du polluant (malgré une injection loin du soufflage, le polluant peut être aspiré par le jet du soufflage) mais aussi et essentiellement du chemin emprunté par le flux d'air dans l'ambiance (stratégie de ventilation).

REFERENCES

1. ALIAGA C. et WINQVIST K., 2003. Comment les femmes et les hommes utilisent leurs temps – Résultats de 13 pays européens. Eurostat, KS-NK-03-012-FR-N
2. Abadie M, Limam K, and Allard F. 2001. Indoor particle pollution : effect of wall textures on particle deposition. *Building and Environment*, Vol (36), pp821-827.
3. Jerome Bouilly, Karim Limam, Claudine Beghein, Francis Allard "Effect of ventilation strategies on particle decay rates indoors: An experimental and modeling study" 2005, *International Journal of Atmospheric Environment*,
4. Hinds W C. 1982. *Aerosols Technology, Properties, Behaviour and Measurement of Airborne Particles*. Wiley-Interscience Publication, New York.
5. Lai A C K. 2002. Particle deposition indoors: a review. *Indoor Air*. Vol 12, pp211-214.
6. Wallace L A. 1996. Indoor Particles: A Review. *Journal Air Waste Manage. Assoc.* Vol 46, pp 98-126.