

ASSOCIATION FRANÇAISE D'ETUDES ET DE RECHERCHES
SUR LES AEROSOLS

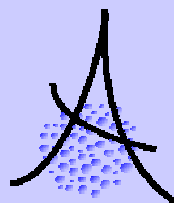
RECUEIL DES RESUMES

18ème CONGRES FRANÇAIS SUR LES AEROSOLS

CFA 2002

11 et 12 décembre 2002

Paris, Institut National Agronomique



ASFERA
UFR Sciences Université Paris XII
Avenue du général de Gaulle - 94010 Créteil Cedex
www.asfera.org / info@asfera.org

Le recueil des textes complets (6 à 8 pages par présentation) peut être demandé en s'adressant directement au secrétariat de l'ASFERA.

MARDI 11 DÉCEMBRE 2002

9h00 - 9h10	Introduction par le Dr. D. BOULAUD, Président de l'ASFERA.
9h10 – 9h50	Conférence plénière : Impact des Aérosols sur la Chimie Atmosphérique Dr. C. GEORGE, CNRS, LACE, Villeurbanne
	AEROSOLS ET ENVIRONNEMENT Présidents de Séance : Pr. E. PUSKARIC, Dr. S. MAZOUÉ
9h50 – 10h10	Inventaire des émissions de particules primaires – décembre 2001 S. SAMBA, B. OUDART, J.P. FONTELLE, S. BEGUIER, J.P. CHANG, L. DUVAL CITEPA, 75010 Paris
10h10 – 10h30	Site urbain, site rural : étude saisonnière de la charge particulaire atmosphérique et influence réciproque F. LEDOUX, S. BOUHSINA, L. COUCOT, E. PUSKARIC Laboratoire Interdisciplinaire en Sciences de l'environnement, Université du Littoral, Côte d'Opale.
10h30 – 11h00	VISITE DE L' EXPOSITION ET PAUSE - CAFÉ.
11h00 – 11h20	Influence d'une répartition granulométrique large sur l'envol de particules I. DESCAMPS, J.L. HARION, B. BAUDOIN Ecole des Mines, Douai.
11h20 - 11h40	Spéciation des métaux PB, ZN CD dans les poussières en suspension dans l'air ambiant par extractions chimiques et par ESEM-EDS automatisé G. LECORNET(1), E. PERDRIX(1), P. DELALAIN(2) (1) Ecole des mines, Douai ; (2) INERIS, Verneuil-en-Halatte.

11h40 - 12h00	Etude temporelle à long terme de mesures d'absorption de la lumière par des aérosols, à Mace Head, Irlande, et calibrage pour le carbone noir (BC) C. JUNKER(1), S.G. JENNINGS(1), T.G. SPAIN(1), H. CACHIER(2) (1) Atmospheric Research Group, Galway, Ireland ; (2) Centre des Faibles Radioactivités, CEA, Gif sur Yvette
12h00 - 12h20	Continuous Environmental PM-10 and PM-2.5 and PM-1 Dust Monitor H. GRIMM ; Grimm Tech,
12h20 - 13h40	D E J E U N E R
	AEROSOLS ET ENVIRONNEMENT Présidents de Séance : Pr. E. PUSKARIC, Dr. S. MAZOUÉ
13h40 - 14h00	Concentration particulaire dans l'habitacle automobile M. WEILL (1), F. GOURIOU (2) (1)UMRS 6614-CORIA Saint Etienne du Rouvray, (2)CERTAM, Saint Etienne du Rouvray.
14h00 - 14h20	EN-12341 Field evaluation of optical system used for environmental PM-10 dust mass monitoring H. GRIMM ; Grimm Tech.
14h20 - 14h40	Origines et distribution granulométrique de l'aérosol d'une station souterraine du métro parisien N. FISCHER(1,2), S. MAZOUÉ(1), E. GEHIN(2), A. RENOUX(2) (1)RAPT, PARIS ; (2) LPATC, Université Paris XII.
14h40 - 15h00	Obturation de fuites à l'aide d'aérosols et application à la réhabilitation des systèmes de distribution d'air F.R. CARRIE (1), M.P. MODERA(2) (1) CETE Lyon, l'Isle d'Abeau ; (2) E.O. Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA, USA.
15h00 - 15h20	VISITE DE L' EXPOSITION ET PAUSE - CAFÉ.
	METROLOGIE ET INSTRUMENTATION Présidents de Séance : Dr. J. VENDEL, Dr. O. WITSCHGER
15h20 - 15h40	Détermination expérimentale de facteurs de forme dynamique par comparaison des techniques Coulter et Impacteur en cascade O. WITSCHGER(1), R. WROBEL(1), G. BASSO(2), S. FAUVEL(2), F. GENSDARMES(2) (1) INRS, Vandoeuvre ; (2) IRSN/DPEA/SERAC, Gif Sur Yvette

15h40 - 16h00	Etude en laboratoire et sur le terrain du système Caltool S. FAUVEL(1), G. BASSO(1), O. WITSCHGER (2) (1) IRSN/DPEA/SERAC, Gif Sur Yvette ; (2) IRNS, Vandoeuvre.
16h00 - 16h20	New kind of portable NANO-Particle Sizer Dr. C. GERHART ; Grimm Tech
16h20 - 16h40	Détermination de la distribution dimensionnelle du 218Po Nanométrique en atmosphère contrôlée à partir de deux nouveaux systèmes N. MICHIELSEN(1), G. TYMEN(3), A. VARGAS(2), M. RIO(2), X. ORTEGA(2) (1) IRSN, DPEA/SERAC/LPMAC, Gif sur Yvette ; (2) Institut Techniques Energétiques, Barcelona, Spain ; (3) Laboratoire de Recherches Appliquées Atmosphère Hydrosphère, Université de Bretagne Occidentale, Brest.
16h40 - 17h00	Propriétés des suies Diesel. Détermination de l'indice de réfraction P. VAN HULLE, M. TALBAUT, C. COPPALLE, M. WEILL UMR 6614-CORIA, Saint Etienne du Rouvray.
17h00 – 17h20	Results obtained with a new kind of portable SMPs+C System Dr. C. GERHART ; Grimm Tech
17h20	REMISE DU PRIX JEAN BRICARD
	COCKTAIL

MERCREDI 12 DÉCEMBRE 2002

9h00 - 9h40	Analyse des deux premières expériences du programme expérimental Phébus PF Dr. M. KISSANE, Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire, Saint Paul-lez-Durance
	PHYSIQUE DES AEROSOLS Présidents de Séance : Dr. E. GEHIN, Dr. G. GREHAN
9h40 - 10h00	Étude de la Production d'Iode gazeux par un aérosol d'Iodure de Cesium Soumis à des températures élevées F. Deschamps(1), J.C. SABROUX(2) (1) Hémisphères, Le Plessis-Robinson ; (2) Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire, Gif sur Yvette.

10h00 - 10h20	Modélisation de la condensation de vapeur sur une goutte et étude de la technique Arc-en-ciel globale en vue de mesurer la température des gouttes P. LEMAITRE(1), G. GREHAN(2), J. MALLET(1), E. PORCHERON(1), P. CORNET(1), J. VENDEL(1) (1) IRSN/DPEA/SERAC, Gif sur Yvette ; (2) UMR 6614-CORIA, Saint Etienne du ROUVRAY.
10h20 - 10h40	Évaluation du facteur de mise en suspension de contaminants radiologiques en conditions de transport A. DOUCE, D. HAMEAU, C. LETOFFE, G. MOREL, F. SAINTAMON EDF
10h40 - 11h00	VISITE DE L' EXPOSITION ET PAUSE - CAFÉ.
11h00 - 11h20	Modélisation de la dynamique des aérosols atmosphériques : couplage à la thermodynamique et insertion dans un modèle de Dispersion 3D E. DEBRY, B. SPORTISSE ENPC, CEREVERE, Champs Sur Marne.
11h20 - 11h40	Étude des résonances morphologiquement dépendantes J. DUCASTEL, L. MEES, G. GREHAN, G. GOUESBET LESP, Saint Etienne du Rouvray.
11h40 - 12h00	Filtration d'aérosol submicronique par coagulation bipolaire L. UNGER, P. EHOUARN, J.P. BORRA Laboratoire de Physique des Gaz et des Plasmas, Gif Sur Yvette.
12h00 - 14h00	D E J E U N E R
13h15 - 14h00	ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DE L'ASFERA
	AEROSOLS ET SANTE Présidents de Séance : Dr. E. ROBINE, Dr. GRIMBERT
14h00 - 14h20	Mesurage de bioaérosols au cours du traitement des eaux usées et du traitement des déchets urbains P. GÖRNER(1), J.F. FABRIES(1), O. WITSCHGER(1), G. GREFF-MIRGUET(1), L. MATHIEU (2) ; (1) INRS, Vandoeuvre ; (2) EPHE, Vandoeuvre les Nancy.
14h20 - 14h40	Etude et compréhension des phénomènes environnementaux régissant la colonisation des matériaux de construction par les aérosols fongiques : Application à l'hygiène des environnements intérieurs M. BOISSIER(1,2), E. ROBINE(1), A. RENOUX(2), R. MOREAU(2) (1) Centre Scientifique et Technique du bâtiment, Marne La Vallée ; (2) LPATC, Université Paris XII, Créteil.

14h40 - 15h00	<p>Mise au point et validation d'une méthode gravimétrique pour mesurer la masse inhalable des aérosols médicamenteux produits par nébulisation L. VECCELLIO NONE(1), D. GRIMBERT(1), J. BORDENAVE(2), G. BENOIT(2), Y. FURET(3), B. FAUROUX(4), E. BOISSINOT(1), E. LEMARIE(1), P. DIOT(1) (1) INSERM EMI-U 00-10, Tours ; (2) Hôpital Armand Trousseau, PARIS ; (3) CHU Bretonneau, Tours ; (4) INSERM EMI-U 02-13, PARIS.</p>
15h00 - 15h40	VISITE DE L' EXPOSITION ET PAUSE - CAFÉ.
	<p style="text-align: center;">FILTRATION</p> <p style="text-align: center;">Présidents de Séance : Dr. D. THOMAS, Mme C. LETOFFE</p>
15h40 – 16h00	<p>Performances des dépoussiéreurs à manches. Étude sur média plan et sur pilote X. SIMON(1,2), S. CALLE(2), D. BEMER(1), D. THOMAS(2), R. REGNIER(1) (1) INRS, Vandoeuvre ; (2) CNRS/LSGC, Nancy.</p>
16h00 - 16h20	<p>Facteurs influençant le colmatage des filtres THE industriels par les aérosols formés en cas d'incendie J.C. LABORDE, V.M. MOCHO Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire, Gif sur Yvette.</p>
16h20 -16h40	<p>Filtration d'aérosols liquides : Influence de cycles de colmatage T. FRISING(1), D. THOMAS(2), P. CONTAL(1), D. BEMER(2), D. LECLERC(1) (1) Laboratoire des Sciences du Génie Chimique, Nancy ; (2) Institut National de Recherche et de Sécurité, Vandoeuvre Les Nancy.</p>
16h40 – 17h00	<p>Étude du comportement de filtres industriels deshuileurs coalesceurs L. BABUT(1), E. GONZE(1), A. BERNIS(1), R. CORRADINI(2) (1) ESIGEC, Le Bourget Du Lac ; (2) Lautrette industries, Argenteuil.</p>
17h00 – 17h20	<p>Étude théorique et expérimentale de la trajectoire des particules dans les électrofiltres à géométrie fil-cylindre en tension positive continue et à faible temps de séjour R. BOICHOT, E. GONZE, A. BERNIS ESIGEC, Le Bourget Du Lac</p>
17h20 – 17h40	<p>Influence des caractéristiques de l'aérosol d'entrée sur l'efficacité d'un filtre électrostatique S. TOKAREK(1), S. ROSALIE(1), A. BERNIS(2) (1) RAPT, Paris ; (2) ESIGEC, Le Bourget Du Lac</p>
17h40	Conclusion des Journées par le Dr. D. BOULAUD, président de l'ASFERA.

INVENTAIRE DES EMISSIONS DE PARTICULES PRIMAIRES – DECEMBRE 2001

S. Sambat*, B. Oudart, J.P. Fontelle, S. Béguier, J.P. Chang, L. Duval

CITEPA, 75010 Paris.

Le CITEPA a réalisé un inventaire des émissions de particules au niveau national. Cet inventaire est réalisé pour un grand nombre de secteurs. Les émissions ont été rapportées en kilotonnes de particules totales mais également, en fractions granulométriques : PM10 (diamètre inférieur à 10 micromètres), PM2.5 (diamètre inférieur à 2.5 micromètres) et PM1.0 (diamètre inférieur à 1.0 micromètre), pour les secteurs dont les profils granulométriques étaient disponibles.

Les émissions globales de TSP (Total Suspended Particles) estimées s'élèvent à 1800 kilotonnes en 1990 et 1600 kilotonnes en 2000. En ce qui concerne la répartition granulométrique des particules de diamètre inférieur à 10 micromètres (PM10), inférieur à 2.5 micromètres (PM2.5) et inférieur à 1 micromètre (PM1.0), des profils ont été appliqués aux secteurs pris en compte dans l'inventaire national. Les PM10 représentent 600 kilotonnes de particules en 2000 (700 en 1990), soit environ 36% des émissions totales TSP. Les PM2.5 représentent 300 kilotonnes de particules en 2000 (400 en 1990), soit environ 20% des émissions totales TSP. Les PM1.0 représentent 260 kilotonnes de particules en 2000, soit environ 13% des émissions totales TSP.

Une augmentation significative des émissions du transport routier (+11.9%), sur la période 1990-2000 est observée. Elle provient essentiellement d'une augmentation des émissions diffuses que sont l'usure des routes, des pneus et des freins. Cette augmentation est due au fait que le parc roulant a pris de l'ampleur en 10 ans et que rien n'a été entrepris pour limiter ces émissions diffuses contrairement aux émissions à l'échappement qui connaissent une diminution significative (-9%) passant de 61.7 kilotonnes en 1990 à 56.1 kilotonnes en 2000. L'activité dans le secteur des feux ouverts de déchets agricoles augmente de 1990 à 2000 ce qui induit également une croissance significative des émissions du secteur "traitement et élimination des déchets" sur la période 1990-2000. Les diminutions importantes observées pour l'extraction et la distribution de combustibles fossiles (-73.1%) ainsi que dans les émissions des feux de forêts (-70.9%) sont liées à une forte baisse de l'activité dans ces secteurs, dans un cas : baisse de la production de combustibles minéraux solides et dans l'autre : une baisse importante du nombre de feux de forêts.

Trois sources représentent plus de la moitié des émissions totales de particules : la combustion du bois, le labourage et les chantiers de BTP. Cependant de grandes incertitudes demeurent concernant notamment ces sources qui sont encore mal connues mais aussi sur l'inventaire dans sa globalité. Ces incertitudes sont liées aussi bien aux facteurs d'émission utilisés qu'aux activités considérées. Elles sont estimées, dans une première approche, pouvant aller de 30 à 40% pour les PM10 et les PM2.5 et de 40 à 50% pour les TSP et les PM1.0, en notant toutefois que ces estimations ne prennent pas en compte la part des émissions non quantifiées (par manque de données).

SITE URBAIN, SITE RURAL : ETUDE SAISONNIERE DE LA CHARGE PARTICULAIRE ATMOSPHERIQUE ET INFLUENCE RECIPROQUE

F. Ledoux*, S. Bouhsina, L. Courcot, E. Puskaric

Laboratoire Interdisciplinaire en Sciences de l'Environnement , ELICO UMR 8013, Université du Littoral Côte d'Opale, 32 avenue Foch, 62930 Wimereux.

La région Nord-Pas-de-Calais est responsable de près de 10 % des émissions industrielles de poussières en France avec pour principale zone source l'agglomération industrielle de Dunkerque (60 % des émissions régionales). Ce travail porte sur la caractérisation physico-chimique des aérosols atmosphériques présents sur ce site urbain industrialisé, ainsi que sur l'influence des rejets de ce complexe sur la charge particulaire d'un site rural, localisé 12 kilomètres à l'Ouest. Deux campagnes saisonnières de prélèvements ont été réalisées de Juin à Juillet 2000 et de Janvier à Février 2001 à Dunkerque (210 000 habitants) et à Les Moères (600 habitants). Les particules ont été collectées en continu par filtration globale avec distinction Jour-Nuit, ainsi que par impaction en cascade. Une station météorologique était implantée en chacun des deux sites afin d'obtenir des données météorologiques locales très précises ; les rétrotrajectoires de masses d'air ont également été prises en compte afin d'étudier les transports de particules longue distance. Les échantillons ont été caractérisés par ICP-AES, chromatographie ionique, MEB-EDX (analyse individuelle de particules). L'étude des teneurs moyennes en éléments montrent que celles-ci sont plus élevées l'hiver sur le site urbain alors qu'aucune différence n'est observée sur le site rural. Les teneurs rencontrées dans le cadre de cette étude sont du même ordre de grandeur que celles relevées en d'autres sites de la Mer du Nord et ce, bien que notre site d'étude soit très industrialisé ; ceci est la conséquence de conditions météorologiques extrêmement favorables. Peu de différences sont constatées entre les concentrations relevées le jour et la nuit. L'étude des concentrations par secteurs de 45 degrés nous permet de cerner au mieux l'origine des éléments et montre de sensibles différences selon la saison, même si pour le Fer, le Zinc et le Plomb l'influence de la zone industrielle est toujours visible. Les apports des vents d'Est (conditions anticycloniques) ne sauraient être négligés puisqu'ils entraînent bien souvent des concentrations supérieures à celles des vents issus de l'agglomération industrielle de Dunkerque. L'Analyse en Composantes Principales des données montrent une corrélation positive entre tous les éléments à l'exception des éléments marins Na, Mg, Cl et dans une moindre mesure Sr. L'analyse individuelle des particules réalisée par MEB-EDX permet d'accéder à la composition individuelle de chaque particule et, après traitement statistique, d'identifier plusieurs classes de particules : oxydes métalliques, NaCl, sulfate et carbonate de calcium, etc ... dépendant de l'origine des particules (direction de vents, trajectoire de masse d'air).

INFLUENCE D'UNE REPARTITION GRANULOMETRIQUE LARGE SUR L'ENVOL DE PARTICULES

I. Descamps*, J.L. Harion et B. Baudoin

Ecole des Mines, Département Energétique Industrielle, 941 rue Bourseul, B.P. 838, 59508 DOUAI Cedex

Les sources diffuses de pollution particulaire constituent une part non négligeable de la pollution globale émise sur les sites industriels. L'objectif de ce travail est de contribuer à une quantification plus précise de ces émissions diffuses de particules issues de l'érosion éolienne.

L'écoulement turbulent en zone pariétale est constituée de structures tourbillonnaires, qui se forment avec une certaine périodicité statistique longitudinale, transversale et temporelle (Robinson, 1991). Des études expérimentales (Séchet, 2000) ont montré l'interaction entre la turbulence de paroi et le transport des particules. Elles ont permis de corréler l'apparition des structures cohérentes avec la mise en mouvement d'une particule.

Plusieurs travaux ont été consacrés à la modélisation de l'érosion éolienne d'un lit de particules (Anderson et al., 1991). Très peu visent à caractériser le comportement d'un lit de particules présentant une répartition granulométrique large. Or, sur les sites industriels, les matériaux présentent cette caractéristique. Des études expérimentales (Gillette et al., 1989), réalisées sur un lit ayant une large répartition, ont montré une décroissance temporelle du flux de particules envolées, supposée être causée par la présence de grosses particules à la surface du lit.

A partir de ces éléments bibliographiques et du travail réalisé sur ce sujet depuis une dizaine d'années, nous avons élaboré un modèle dont le but est de prédire la décroissance temporelle du flux massique envolé en fonction de la vitesse du vent et des caractéristiques granulométriques du lit de particules. Le lit est donc découpé en rectangles de dimensions égales aux périodicités statistiques spatiales des structures cohérentes. Le test d'envol est réalisé sur chacun de ces rectangles avec une fréquence égale à la fréquence d'apparition des structures cohérentes. Le critère d'envol compare la force instantanée de portance de l'écoulement à la force d'attachement au lit de la particule. Le modèle développé intègre un algorithme prenant en compte le « pavage » lié aux grosses particules. Les premiers résultats montrent effectivement que la présence des grosses particules entraînent une diminution du flux instantané dans le temps, cette diminution se faisant plus rapidement lorsque la proportion des grosses particules augmente.

Références :

- Anderson, R.S., Sorensen, M., Willetts ,B.B., 1991. A review of recent progress in our understanding of aeolian sediment transport. *Acta Mechanica*, 1-19.
- Gillette, D.A., Stockton, P.A., 1989. The effect of nonerodible particles on wind erosion of erodible surfaces. *J. Geo. Res.*, 94, 12885-12893.
- Robinson, S.K., 1991. Coherent motions in the turbulent boundary layer. *J. Fluid Mech*, 23, 601-639.
- Séchet, P., 2000. Contribution à l'étude des structures cohérentes en turbulence de paroi. De leur influence sur le transport des sédiments dans le cas du charriage. I.N.P. Toulouse, Thèse de Doctorat.

SPECIATION DES METAUX PB, ZN, CD DANS LES POUSSIÈRES EN SUSPENSION DANS L'AIR AMBIANT PAR EXTRACTIONS CHIMIQUES ET PAR ESEM-EDS AUTOMATISE.
Grégory LECORNET*(1) , Espérance PERDRIX (1), Patrice DELALAIN (2)

(1) Département Chimie et Environnement, Ecole des Mines de Douai, 941 rue Charles Bourseul, BP 838, 59508 Douai

(2) Unité de Chimie Analytique Environnementale, Unité des Risques Chroniques, INERIS , Parc technologique Alata, BP 2, 60550 Verneuil-en-Halatte

Une directive européenne en cours d'élaboration rendra bientôt obligatoire la mesure de plusieurs métaux lourds dans les particules en suspensions dans l'air ambiant. Cependant pour mieux évaluer la toxicité , la biodisponibilité et le comportement dans l'environnement de ces éléments , il est nécessaire de connaître leur spéciation, c'est à dire de déterminer les différentes espèces physico-chimiques des éléments mises en jeu.

Dans ce but, un protocole d'extractions chimiques a été défini. Les extractants chimiques ont été choisis à partir d'une revue bibliographique sur le sujet et les conditions opératoires ont été optimisées à l'aide d'un plan d'expériences.

L'efficacité et la sélectivité des extractions ont été évaluées pour des espèces pures des éléments plomb, zinc et cadmium (sulfates, sulfures, carbonates et oxydes).

Le schéma d'extractions retenu comporte quatre étapes qui sont appliquées en parallèle sur des échantillons pris séparément :

- Extraction par l'eau pour déterminer les espèces solubles ;
- Extraction par l'hydroxylamine pour déterminer les espèces réductibles ;
- Extraction par le peroxyde d'hydrogène pour déterminer les espèces oxydables ;
- Attaque totale par un mélange acide nitrique-peroxyde d'hydrogène.

Ce schéma a été appliqué à deux échantillons de poussières en suspension :

- d'une part, un échantillon de poussières urbaines NIST 1648 ;
- d'autre part, des poussières prélevées dans l'air ambiant à proximité d'un site industriel émetteur de métaux lourds.

Dans le cas des poussières NIST, la « distribution chimique » du Pb, du Zn et du Cd établie avec notre protocole est comparée à celles obtenues par Profumo [1] et Huggins [2].

Dans le cas des poussières à proximité d'un émetteur industriel, une comparaison est effectuée entre notre « distribution chimique » et une analyse statistique élémentaire des particules individuelles par ESEM-EDX automatisé.

Par la suite, nous envisageons d'appliquer ce schéma d'extractions à l'étude de l'évolution de la spéciation des métaux lourds particuliers au cours de leur séjour dans l'atmosphère.

[1] Profumo, A. (1998). Sequential extraction procedure for speciation of inorganic cadmium in emissions and working areas. *Talanta*, 47, 605-612.

[2] Huggins, F.E. (2000). Speciation of elements in NIST particulate matter SRMs 1648 and 1650. *Journal of hazardous materials*, 74, 1-23

ÉTUDE TEMPORELLE À LONG TERME DE MESURES D'ABSORPTION DE LA LUMIÈRE PAR DES AÉROSOLS, À MACE HEAD, IRLANDE, ET CALIBRAGE POUR LE CARBONE NOIR (BC).

C. Junker*(1), S.G. Jennings(1), T.G. Spain(1) et H. Cachier(2).

(1)Atmospheric Research Group, Department of Physics, National University, Galway, Ireland.

(2)Centre des Faibles Radioactivités, Laboratoire mixte CNRS-CEA, av de la Terrasse, 91198 Gif sur Yvette, France.

L'absorption de lumière par les aérosols a été mesurée à Mace Head avec des Aethalometres Ae-8 et Ae-9 depuis février 1989.

Depuis octobre 2001 des échantillons d'aérosols ont été pris sur des filtres de fibre de quartz en utilisant un système contrôlé par secteur de vent. Ce système utilise aussi des mesures des noyaux de condensation (CN) à fin d'exclure des masses d'air récemment modifiées dans le secteur de vent dit propre (190 à 300 degrés). Des mesures de transmission ont été effectuées sur la section de prélèvement de ces filtres avant et après l'échantillonnage, en utilisant un Aethalometer comme transmissomètre. Une analyse chimique des filtres en utilisant une méthode thermique a été effectuée pour déterminer la section efficace d'absorption spécifique σ du BC sur le filtre. Pour cette analyse, le carbone organique est enlevé en chauffant le filtre à 340 degrés C pour 2 heures, et ensuite le BC est déterminé à 1100 degrés C (Cachier et al, 1989). Nous trouvons pour σ une valeur de $19,3 \text{ m}^2/\text{g}$ pour les aérosols du secteur pollué et $8,3 \text{ m}^2/\text{g}$ pour le secteur propre.

La fréquence de la distribution d'occurrence des moyennes horaires des mesures continues d'Aethalometer est avérée bimodale avec des modes d'absorption d'aérosol à $5,1 \cdot 10^{-8}/\text{m}$ et à $37,9 \cdot 10^{-8}/\text{m}$. Pour BC un mode de $39,3 \text{ ng}/\text{m}^3$ pour le secteur propre et de $286 \text{ ng}/\text{m}^3$ pour le secteur pollué a été trouvé en séparant les données horaires d'absorption et en employant la section efficace d'absorption spécifique σ respective a chaque secteur.

Les séries temporelles pour chacun des secteurs, propre et pollué, montrent une augmentation du BC de 1989 à 1996 suivit d'une diminution. Une analyse saisonnière basée sur quatre saisons montre que les valeurs de BC les plus élevées pour le secteur pollué se trouvent dans la période janvier à mars, tandis que pour le secteur propre les valeurs dans la période avril à juin sont environ deux fois plus élevées que dans les autres saisons.

Les mesures d'Aethalometer et les mesures analytiques par filtre continuent encore, et on anticipe d'obtenir des valeurs encore plus précises pour l'absorption spécifique de BC sur le filtre.

Continuous Environmental PM-10 and PM-2.5 and PM-1 Dust Monitor
H. GRIMM, M. Richter
Grimm Tech, Ainring, Dorfstrasse, Germany.

CONCENTRATION PARTICULAIRE DANS L'HABITACLE AUTOMOBILE

M. Weill (1), F. Gouriou(*) (2)

(1) UMR 6614-CORIA Site du Madrillet - BP12 76801 St. Etienne du Rouvray, (2) CERTAM. 1 rue J. Fourier. 76800 St. Etienne du Rouvray

L'attention portée aux atmosphères intérieures est une conséquence d'un mode de vie principalement citadin consistant à passer la plus grande partie de la journée dans un local fermé, appartement, transport en commun, automobile. La différence de concentration des polluants entre l'intérieur et l'extérieur d'un véhicule a été recherchée à plusieurs reprises (1 et références incluses). Il apparaît que les teneurs mesurées dans l'habitacle automobile sont supérieures à celles mesurées lors des autres modes de transport.

La mesure des particules est réglementairement effectuée par celle des fumées noires ou de la concentration massique. On sait néanmoins que la pénétration des particules au niveau pulmonaire est liée à leur taille et à leur concentration(2). Aussi, afin de préciser la composition particulaire de l'atmosphère effectivement respirée par les passagers dans l'habitacle nous avons mis en œuvre des mesures embarquées.

L'expérience a d'abord porté sur la mesure de la granulométrie des particules à l'intérieur d'un véhicule de tourisme non climatisé. Un ELPI a été installé à l'arrière du véhicule, alimenté par des batteries. Cet appareil comporte douze classes (de 30nm à 10 micromètres) et offre ainsi la possibilité de suivre l'évolution d'un aérosol atmosphérique à spectre large. Les mesures ont été faites à la cadence d'un relevé par seconde au niveau de la prise d'air, fenêtres fermées et ventilation ouverte, dans divers sites caractéristiques. L'enregistrement de l'évolution de la granulométrie à l'intérieur de l'habitacle montre qu'il est possible de suivre finement la conséquence d'événements localisés et d'attribuer à certains une signature spécifique en terme de granulométrie.

Nous nous sommes ensuite intéressés plus spécifiquement aux émissions à l'intérieur d'un tunnel. En effet les émissions sous tunnel présentent plusieurs avantages, en particulier : i) les conditions de circulation sont précisément définies du fait de la surveillance permanente du trafic ii) l'évolution des émissions globales peut être contrôlée au fil des années et iii) l'influence des conditions météorologiques est moins marquée. A la sortie de Rouen un tunnel de plus de 1500 m figure parmi les tunnels les plus longs de France. Avec l'accord des autorités responsables nous avons mesuré l'évolution du profil de concentration au long du tunnel. La comparaison entre les valeurs données par deux ELPI, l'un placé en poste fixe au milieu du tunnel et l'autre effectuant des mesures embarquées en véhicule a montré la quasi identité des deux relevés à l'emplacement du poste fixe.

1- Zagury A., Le Moullec Y, Momas I (2000) Exposure of taxi drivers to automobile air pollutants within their vehicles. *Occup. Environ. Med.* 57, 406-410

2- EPA «Air quality criteria for particulate mater». (1996) EPA/600/P-001L vol2

EN-12341 FIELD EVALUATION OF OPTICAL SYSTEM USED FOR ENVIRONMENTAL PM-10
DUST MASS MONITORING
H. GRIMM
Grimm Tech.

ORIGINES ET DISTRIBUTION GRANULOMÉTRIQUE DE L'AÉROSOL D'UNE STATION SOUTERRAINE DU MÉTRO PARISIEN

N. FISCHER*(1,2), S. MAZOUÉ (1), E. GEHIN (2), A. RENOUX (2)

(1) RATP, Département Environnement et Sécurité, LAC R265, 13 rue Jules Vallès, 75547 PARIS CEDEX 11

(2) LPATC, Université PARIS XII, 61 avenue du Général de Gaulle, 94010 CRETEIL CEDEX

La RATP surveille depuis des années la qualité de l'air dans ses espaces souterrains. Cette surveillance consiste en un suivi continu de certains paramètres gazeux et de la concentration PM10 dans l'air de deux stations de métro. Par ailleurs des études ponctuelles sont réalisées afin de caractériser l'aérosol présent dans l'air d'autres stations et gares des réseaux métro et RER. En effet l'association de plusieurs facteurs tels que la nature de la ventilation, le taux de fréquentation, la nature du matériel roulant, la géométrie de la station et la proximité avec l'extérieur vont conditionner l'air de la station et plus particulièrement son aérosol.

Les études réalisées jusqu'à présent ont permis d'apprécier l'évolution de la concentration massique en PM10 au cours d'une journée mais également d'obtenir des informations sur la nature chimique des fractions fine (PM2.5) et grossière (PM2.5-10) de l'aérosol PM10. Les résultats de ces analyses sont utiles dans la recherche des sources émettrices de particules d'autant que des prélèvements identiques sont réalisés en extérieur à proximité de la station. L'étude présentée au précédent congrès de l'ASFERA avait mis en avant le cas d'une station fortement empoussiérée, aux teneurs PM10 très nettement corrélées au trafic des trains et dont l'aérosol était marqué en partie par les éléments contenus dans les organes de freinage du matériel circulant sur la ligne. Cependant toutes les espèces chimiques contenues dans l'aérosol de cette station ne provenaient pas uniquement de cette source et le fait qu'ils aient été retrouvés dans les deux fractions a rendu l'identification de leur origine complexe.

Une expérimentation du même type a été conduite en mai et juin 2002 dans une autre station du réseau. La RATP ne disposant que de peu d'information sur les particules submicroniques et notamment sur leur contribution numérique à l'aérosol, nous avons décidé d'étudier la distribution granulométrique en nombre de l'aérosol fin et ultrafin. Un impacteur électrique basse pression (ELPI, Dekati) et un analyseur électrique d'ordre 2 (SMPS, TSI) ont été mis en œuvre pendant deux semaines aux côtés d'un TEOM et d'un échantillonneur séquentiel Partisol+.

Les premières tendances mettent en évidence une contribution des émissions dues au freinage des trains à l'aérosol de la station. D'autre part, la distribution en nombre de cet aérosol présente un mode proche de 40 nm, voisin de celui de l'aérosol extérieur de proximité. Le traitement des données se poursuit et devrait permettre de pointer d'autres sources influençant l'empoussièrement de cette station et d'appréhender l'évolution des contributions numériques des différentes classes de particules au cours de la journée.

OBTURATION DE FUTITES A L'AIDE D'AEROSOLS ET APPLICATION A LA REHABILITATION DES SYSTEMES DE DISTRIBUTION D'AIR

François Rémi Carrié * (1) , Mark P. Modera (2)

(1) CETE Lyon, 46 rue Saint-Théobald BP 128, 38081 L'Isle d'Abeau Cedex, France. (2) E.O. Lawrence Berkeley National Laboratory, Indoor Environment Department, University of California, One Cyclotron Road, MS 90-3074, Berkeley, CA, 94720, USA

L'objectif pratique de cette recherche est de réduire la perméabilité de systèmes de distribution d'air existants. Dans ce but, une technique d'obturation de fuites à distance est développée. Celle-ci repose sur l'injection de particules collantes de l'ordre de 5 à 30 micromètres de diamètre dans le système dont les orifices volontaires sont provisoirement obturés pendant la durée de l'intervention. Une partie de ces particules se dépose dans le système ; une autre s'échappe par les fuites ; une troisième partie s'accumule dans les fuites et, en définitive, les obture. Cette méthode a été mise en œuvre sur un système aéraulique d'un grand bâtiment tertiaire où son implémentation présentait des difficultés. Il ressort que la perméabilité du réseau a été réduite d'environ 80% en 3 heures d'injection.

DETERMINATION EXPERIMENTALE DE FACTEURS DE FORME DYNAMIQUE PAR COMPARAISON DES TECHNIQUES COULTER ET IMPACTEUR EN CASCADE.

O. Witschger*(1), R. Wrobel (1), G. Basso (2), S. Fauvel (2) et F. Gensdarmes (2).

(1) Laboratoire de Métrologie des Aérosols, INRS, BP 27, 54501 Vandoeuvre Cedex. (2) Laboratoire de Physique et Métrologie des Aérosols et du Confinement, IRSN/DPEA/SERAC, BP 68, Bat 389, 91192 Gif-sur-Yvette Cedex.

Il existe très peu d'aérosols, d'origine naturelle ou non, qui soient constitués de particules sphériques. Outre la taille et la densité des particules qui composent un aérosol, une caractéristique également essentielle à connaître si l'on s'intéresse à décrire précisément son comportement aérodynamique est la forme des particules. De nombreuses applications sont donc concernées : hygiène du travail pour l'évaluation des performances d'échantillonnage d'échantillonneurs d'aérosols ou l'étude de l'évolution d'un aérosol dans une enceinte ventilée, radioprotection des travailleurs pour l'estimation de doses inhalées ou bien encore sûreté nucléaire pour le calcul du dépôt ou du réentraînement d'un aérosol dans une conduite.

Parmi les différents facteurs de forme que l'on peut déterminer, le facteur de forme dynamique est le plus important. Il est défini comme le rapport entre la force de traînée de la particule irrégulière considérée et celle d'une particule sphérique ayant la même masse et la même vitesse de sédimentation dans l'air tout en étant composée du même matériau. Pour des particules composées d'un matériau non poreux le facteur de forme dynamique permet donc de faire le lien entre le diamètre équivalent en volume et le diamètre équivalent aérodynamique.

La méthode décrite permet de déterminer expérimentalement le facteur de forme dynamique en fonction de la taille des particules d'un aérosol polydispersé et composé de particules solides. Elle consiste à comparer les résultats d'une mesure effectuée suivant la technique Coulter (mesure du diamètre équivalent en volume) à ceux d'une mesure effectuée à l'aide d'une technique d'impaction en cascade (mesure du diamètre aérodynamique). Cette méthode a été appliquée dans deux laboratoires distincts. Au sein de l'INRS les essais ont été menés dans un tunnel à basse vitesse en utilisant un générateur à lit fluidisé et des impacteurs individuels Marple 290. Au sein de l'IRSN les essais ont été effectués dans l'installation CEPIA à l'aide d'un générateur à brosse tournante et des impacteurs Andersen à 8 étages de collection. La densité moyenne des particules a été mesurée suivant une même méthode d'ultracentrifugation dans les deux laboratoires.

L'analyse des résultats a consisté à comparer les distributions granulométriques en mode cumulé. Compte tenu des nombres différents de classes granulométriques offerts par les deux techniques, plusieurs approches ont été étudiées pour l'analyse des résultats issus des impacteurs (analyse brute, méthode de Henry, inversion). Les facteurs de forme dynamique ont été obtenus pour des poudres polydispersées d'alumine et de microsphères de verres sur une gamme granulométrique comprise entre environ 1 et 10 micromètres.

ETUDE EN LABORATOIRE ET SUR LE TERRAIN DU SYSTEME CALTOOL

S. Fauvel* (1), G. Basso (1), O. Witschger (2)

(1) Laboratoire de Physique et Métrologie des Aérosols et du Confinement, IRSN/DPEA/SERAC, BP 68, Bât 389, 91192 Gif-sur-Yvette Cedex. (2) Laboratoire de Métrologie des Aérosols, INRS, BP 27, 54501 Vandoeuvre Cedex

Les conditions d'exposition aux aérosols sur un poste de travail se distinguent par une source de contamination proche de l'individu et un environnement aéraulique caractérisé par des vitesses d'air faibles. Afin de faciliter l'évaluation des performances des échantillonneurs individuels de la fraction inhalable d'un aérosol sur un poste de travail, un système dénommé CALTOOL (CALibration TOOL) a été développé dans la cadre d'une étude européenne.

CALTOOL est un échantillonneur dont la géométrie simplifiée, basée sur un torse, des épaules et une tête humaine, comporte un orifice d'aspiration circulaire de 15 mm de diamètre. Cet orifice de référence est localisé au niveau de la bouche et le prélèvement est réalisé grâce à une pompe ayant un débit constant de 20 l/min. Les échantillonneurs individuels d'aérosol à évaluer sont positionnés sur le torse simplifié de CALTOOL et leurs résultats de concentration comparés à ceux obtenus avec l'orifice de référence.

Les premières expériences conduites en laboratoire dans le cadre de l'étude européenne ont montré que l'efficacité de prélèvement de l'orifice de référence de CALTOOL est équivalente à celle de l'orifice de référence d'un mannequin aux dimensions anthropométriques et référencé. De plus, son efficacité suit correctement la courbe d'inhalabilité en air calme proposée par Aitken et al. (1999).

Afin de confirmer les premiers résultats obtenus, nous avons mesuré les performances d'échantillonnage de CALTOOL pour des diamètres aérodynamiques de particules compris entre 5 à 35 micromètres dans l'installation CEPIA, suivant la méthodologie que nous avons développée pour mesurer l'efficacité en air calme d'échantillonneurs individuels (Witschger et al., 2001). Nous avons pu ainsi comparer les efficacités d'échantillonnage de CALTOOL, de préleveurs positionnés sur CALTOOL, et de préleveurs en situation isolée. Ces résultats ont été confrontés aux courbes décrivant l'inhalabilité et les biais existants ont été calculés. Parallèlement, des expériences ont été conduites sur différents postes de travail. Elles ont permis d'obtenir des résultats de terrain que nous pouvons comparer aux mesures en laboratoire.

Aitken, R.J., Baldwin, P.E.J., Beaumont, G.C., Kenny, L.C., Maynard, A.D. (1999) Aerosol inhalability in low air movement environments. *J. Aerosol Sci.*, 30, 613-626.

Witschger, O., Fauvel, S., Basso, G., Grinshpun, S. (2001) Performance d'échantillonnage de préleveurs individuels d'aérosols en environnement d'air calme et à proximité d'une source de contamination. 17ème Congrès Français sur les Aérosols, CFA'2001, Paris, France, 11-12 décembre 2001. Publ. dans actes, pp 155-162.

NEW KIND OF PORTABLE NANO-PARTICLE SIZER
Dr. C. Gehart
GRIMM Tech

DETERMINATION DE LA DISTRIBUTION DIMENSIONNELLE DU 218Po NANOMETRIQUE EN ATMOSPHERE CONTROLLEE A PARTIR DE DEUX NOUVEAUX SYSTEMES

N. Michielsens (1), G. Tymen* (3), A. Vargas (2), M. Rio (2), et X. Ortega (2)

(1) Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire ,DPEA/SERAC/LPMAC, CEA-Saclay, Bâtiment 389, BP 68, 91192 Gif-sur-Yvette Cedex, France. (2) Institut de Tècniques Energètiques, Universitat Politècnica de Catalunya, Avda. Diagonal 647, 08028 Barcelona, Spain. (3) Laboratoire de Recherches Appliquées Atmosphère – Hydrosphère, Université de Bretagne Occidentale, 6 avenue Le Gorgeu, 29285 Brest Cedex, France.

On attribue à la distribution dimensionnelle du 218Po nanométrique un rôle important dans l'évaluation du risque radon. Les données publiées jusqu'à maintenant sur la caractérisation dimensionnelle de cette composante restent encore limitées et les résultats obtenus ne sont vraisemblablement pas définitifs principalement à cause du manque de précision sur : a) le manque de connaissance dans la caractérisation des batteries de diffusion à grilles dans ce domaine de dimension, b) la faiblesse des algorithmes de traitement des données utilisés dans le processus de reconstruction des distributions, c) les perturbations induites par les particules submicroniques dans le domaine nanométrique. Dans le but de réduire ces incertitudes, une intercomparaison s'appuyant sur deux nouveaux systèmes a été organisée dans une chambre à radon expérimentale. Le groupe formé par l'IRSN et le LARAAH (université de Brest) a développé une batterie de diffusion à canaux annulaires consistant en cinq tubes annulaires de longueurs différentes plus une unité de référence, opérant en parallèle. Le groupe INTE-UPC a mis au point une batterie de diffusion à tubes cylindriques de différentes longueurs couplés à une unité de référence. Les débits et les longueurs des échantillonneurs ont été optimisés de manière à fixer les diamètres de coupure entre 0.5 et 4 nanomètre. L'intercomparaison s'est déroulée dans une enceinte étanche de 20 m³ située à l'Institut de Techniques Energétiques de l'Université Polytechnique de Catalogne. Avant chaque introduction du gaz, et dans le but d'éviter l'incertitude c) indiquée plus haut, l'enceinte expérimentale est débarrassée de toute particule présente, le contrôle s'effectuant à l'aide d'un CNC 3025 (TSI Company). Les algorithmes de traitement des données utilisées dans ces essais (EVE et Random Walk) ont été préalablement évalués dans un précédent exercice d'intercomparaison. Trois types d'expérimentations ont été entreprises à différentes activités volumiques : constante à 5,5 kBq m⁻³ et à 2 kBq m⁻³ puis variable de 380 Bq m⁻³ à 4,7 kBq m⁻³. Dans chacun d'entre eux, la concentration en particules a toujours été inférieure à 20 part.cm⁻³. Les 20 expériences effectuées, indiquent un bon accord entre les résultats restitués par les deux méthodes et montrent un mode prédominant autour de 0,85 nanomètre. Ils suggèrent également qu'il pourrait y avoir une dépendance de la taille du 218Po nanométrique avec l'activité volumique du radon présent en raison du processus d'ionisation. L'analyse complète des résultats est toujours en cours.

PROPRIETES DES SUIES DIESEL. DETERMINATION DE L'INDICE DE REFRACTION

P. Van Hulle, M. Talbaut, C. Coppalle, M. Weill (*)

UMR 6614-CORIA Site du Madrillet - BP12 76801 St. Etienne du Rouvray,

La connaissance de l'indice de réfraction des suies générées par les moteurs diesel est nécessaire si l'on veut disposer de moyens de contrôle optique adaptés aux véhicules actuels dont les émissions sont soumises à des normes de plus en plus strictes. Pour la mesure de cet indice la procédure décrite ci dessous a été mise au point et appliquée à un moteur diesel Robin. Elle repose sur la mesure des propriétés optiques et morphologiques des suies.

On sait depuis environ vingt ans que les aérosols issus de la combustion, les suies, peuvent être considérées comme des agrégats quasi fractals caractérisés par leur dimension fractale D_f et un préfacteur k . Il est donc nécessaire de disposer d'une théorie de la diffusion de la lumière par les agrégats pour interpréter les mesures. Une comparaison numérique entre trois théories correspondant à des niveaux d'approximations différents a montré que, pour l'application envisagée, la théorie la plus simple (RDG-FA) conduisait à des résultats acceptables.

Les caractéristiques fractales des suies recueillies dans l'échappement ont été calculées à partir des clichés de microscopie électronique. La granulométrie des agrégats a été déterminée par analyse de mobilité électrique (SMPS) et conduit à des distributions log-normales reproductibles. Les mesures d'extinction et de diffusion de la lumière à 90° ont été effectuées simultanément dans une cellule de 1.5m de long pour deux longueurs d'ondes.

Connaissant la morphologie et la granulométrie, la détermination de l'indice de réfraction m des suies est possible à l'aide d'une inversion numérique. Dans un premier temps l'inversion n'a pas convergé, contrairement à celle correspondant aux flammes. Il est apparu que la divergence était due à la présence de particules supérieures à 0.7 micromètre, non prises en compte par le SMPS. L'adjonction d'un ELPI a permis leur mesure et de les introduire dans la procédure d'inversion qui a alors convergé. Les résultats sont les suivant : $D_f = 1.94$; $k = 2$; $m = 1.47 - 0.63i$ et $1.52 - 0.49i$ pour des longueurs d'onde de 442 et 632.8 nanomètres respectivement. Ces valeurs sont compatibles avec celles de la littérature.

Une étude numérique de la sensibilité de l'inversion a montré que les indices obtenus étaient plus sensibles à l'incertitude sur les paramètres morphologiques, dimension fractale et préfacteur, qu'à celle sur les mesures optiques, la distribution granulométrique et le diamètre des sphérules. On notera enfin que la méthode est complète et généralisable à d'autres aérosols (1).

1- Van-Hulle P., Talbaut M., Weill M., Coppalle C. (2002) Inversion method and experiment to determine the soot refractive index. Measurement Science and Technology, 13, 375-382

RESULTS OBTAINED WITH A NEW KIND OF PORTABLE SMPS+C SYSTEM
Dr. C. Gehart
GRIMM Tech

ANALYSE DES DEUX PREMIERES EXPERIENCES DU PRGRAMME EXPERIMENTAL PHEBUS PF

M. Kissane,

Département de Recherches en Sécurité, Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire, C.E.
Cadarache - bât. 702, B.P. 3, 13115 Saint-Paul-lez-Durance Cedex

Le programme Phébus PF, mené par l'IRSN en collaboration avec la Commission des communautés européennes et d'autres partenaires internationaux, se consacre à l'étude d'accidents graves et hypothétiques de réacteurs nucléaires refroidis à l'eau légère. Ce programme, comprenant plusieurs expériences, simule à grande échelle les conditions qui se produiraient lors d'un accident grave englobant la surchauffe et la destruction des crayons de combustible, l'acheminement des produits radioactifs depuis les crayons à travers le circuit primaire et le comportement de ceux-ci dans l'enceinte de confinement. L'ensemble des résultats expérimentaux des deux premiers essais, FPT0 et FPT1, étant disponibles depuis quelque temps, l'analyse à l'aide de codes de calcul est aujourd'hui presque terminée. Cette analyse a pour objectif principal la confrontation avec la modélisation retenue dans les codes et l'éventuelle identification de lacunes significatives.

L'analyse peut être séparée en deux volets : celui du circuit primaire à température élevée et celui de l'enceinte de confinement sous conditions plus modérées. Cette séparation est rendue possible par la phénoménologie différente que présentent les deux zones. Pour ce qui concerne les aérosols dans ces deux essais, les phénomènes majeurs qu'il faut modéliser dans le circuit primaire comprennent la nucléation homogène et hétérogène, l'agglomération (par diffusion, principalement) et le dépôt par thermophorèse. Dans l'enceinte, il s'agit d'agglomération et de dépôt par diffusiophorèse et sédimentation. La phénoménologie aérosol fait partie d'un ensemble complexe de phénomènes imbriqués. Par exemple, pour ne citer que deux autres difficultés majeures, les codes de calculs doivent également prendre en compte la chimie à haute température entre une vingtaine d'éléments et la radiochimie de l'iode à long terme dans l'enceinte.

Même si les analyses se poursuivront face aux questions que soulèveraient les autres essais réalisés ou à réaliser, le bilan à ce stade est clair. Pour les phénomènes impliquant les aérosols et survenant dans le circuit primaire, il existe trois domaines à approfondir : le partage des espèces lorsqu'il y a simultanément nucléation d'une vapeur et condensation pariétale ; les effets d'écoulement bi-dimensionnel ou non établi sur la thermophorèse de petites particules et l'influence éventuelle de la concentration relativement élevée (estimée à 10 puissance 14 particules par mètre cube) sur la thermique - et ainsi la thermophorèse - du mélange aérosols-gaz porteur. Quant à la phénoménologie aérosol dans l'enceinte, et en se limitant à ces analyses uniquement, on peut considérer que l'accord entre modèles et résultats expérimentaux est assez satisfaisant. En effet, les codes modélisent convenablement la décroissance de la concentration des aérosols dans l'atmosphère due aux dépôts qui se partagent entre surfaces condensantes et surfaces horizontales. Cependant, il serait imprudent de généraliser cette dernière conclusion car certains phénomènes d'importance certaine dans le cas d'un accident, tel que la condensation de vapeur d'eau sur les aérosols (avec contribution hygroscopique éventuelle), n'ont eu que peu d'influence lors des expériences réalisées.

ETUDE DE LA PRODUCTION D'IODE GAZEUX PAR UN AEROSOL D'IODURE DE CESIUM SOUMIS A DES TEMPERATURES ELEVEES.

F. Deschamps* (1) et J.C. Sabroux (2).

(1) Hémisphères, 18/20, avenue Edouard Herriot, Parc technologique Bâtiment Carnot, 92350 Le Plessis-Robinson.

(2) Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire, Centre d'Etudes de Saclay, BP N°68, 91192 Gif-sur-Yvette Cedex.

En situation hypothétique d'accident grave (hors dimensionnement), l'enceinte de confinement d'un réacteur nucléaire à eau sous pression (REP) contiendrait sous forme de gaz, de vapeurs et d'aérosol, les produits de fission échappés du combustible nucléaire. Parmi ces produits de fission, l'iode serait présent sous forme de particules microniques d'iodures métalliques (principalement iode de césium), mais aussi d'iode moléculaire gazeux et d'iodure de méthyle qui, du fait de leur mobilité plus élevée que celle des aérosols, poseraient l'essentiel des problèmes radiologiques en cas de rejet. Aux produits de fission s'ajouterait l'hydrogène engendré par la réaction de la vapeur d'eau sur le zircaloy (alliage de zirconium et d'étain) des gaines de combustible. L'installation de recombineurs catalytiques d'hydrogène, désormais programmée dans les centrales nucléaires françaises, vise à supprimer le risque d'une combustion explosive pouvant mettre en péril l'étanchéité de l'enceinte de confinement.

La combustion de l'hydrogène étant très exothermique (242 kJ/mol), les recombineurs en fonctionnement, siège de la "recombinaison" catalytique de l'hydrogène et de l'oxygène en vapeur d'eau, atteignent une température élevée (900°C) : ils peuvent donc être le siège de réactions chimiques "parasites" entre les multiples constituants de l'atmosphère de l'enceinte. Il est donc tout particulièrement légitime de s'interroger sur l'éventuelle transformation des iodures en iode moléculaire à l'intérieur des recombineurs en fonctionnement.

Les températures atteintes se situent en effet entre celles des procédés industriels connus sous le nom de spray drying et de spray pyrolysis, avec des temps de séjour du même ordre de grandeur : les particules d'iodures seront donc en grande partie vaporisées lors de leur traversée des recombineurs, comme elles le sont dans ces procédés qui utilisent d'ailleurs souvent des halogénures comme matériau de départ. Quant à la formation d'iode gazeux aux dépens de ces vapeurs d'iodures, elle est thermodynamiquement possible en présence d'oxygène à de telles températures.

Un banc d'essai intégrant un générateur d'aérosol par ultrasons et divers appareils d'analyse de l'iode moléculaire (capteur gaz, électrode spécifique et colorimètre) est en cours de montage dans les laboratoires de l'IRSN à Saclay : il permettra de déterminer quantitativement la conversion en iode gazeux de particules d'iodure de césium (ou de cadmium). Cette conversion sera étudiée en fonction de la température à laquelle est soumis l'aérosol durant sa traversée d'un tube d'alumine vertical chauffé dans un four annulaire et simulant une veine gazeuse à l'intérieur d'un recombineur.

MODELISATION DE LA CONDENSATION DE VAPEUR SUR UNE GOUTTE ET ETUDE DE LA TECHNIQUE ARC-EN-CIEL GLOBALE EN VUE DE MESURER LA TEMPERATURE DES GOUTTES.

P.Lemaitre*(1), G.Grehan(2), J.Malet(1), E.Porcheron(1), P.Cornet(1), J.Vendela(1)

(1) IRSN/DPEA/SERAC, Laboratoire de Physique et de Métrologie des Aérosols et du Confinement. BP 68, 91192 Gif-sur-Yvette cedex.

(2) UMR 6614 CORIA, Laboratoire d'Energétique des Systèmes et des Procèdes Site Universitaire du Madrillet Avenue de l'université BP 12 76 801 Saint Etienne du Rouvray Cedex

Les transferts de masse et de chaleur entre un ensemble de gouttes et l'atmosphère environnante sont un sujet complexe qui intervient dans de multiples domaines tels que la météorologie, la combustion et enfin la sûreté nucléaire. En effet, lors d'une hypothétique brèche dans le circuit primaire d'un réacteur nucléaire, de la vapeur est dégagée dans le bâtiment réacteur ce qui entraîne une augmentation de la pression jusqu'à environ 4 bar et de la température jusqu'à environ 140 degrés Celsius. L'aspersion est un dispositif destiné à faire chuter la pression et la température dans ce bâtiment de sorte à préserver le confinement. Par ailleurs, lors de ce scénario d'accident, de l'hydrogène peut être dégagé, il devient alors indispensable de connaître sa répartition dans l'enceinte. Or, les écoulements dans l'enceinte dépendant fortement de la condensation sur les gouttes il est important de modéliser finement les transferts de masse et de chaleur entre les gouttes d'aspersion et l'atmosphère. Une revue bibliographique sur les transferts de masse et de chaleur sur spray montre une réelle carence de données expérimentales permettant de valider les modèles dans des conditions thermohydrauliques proches du cas réacteur. Afin d'étudier finement la condensation sur des gouttes d'aspersion dans des conditions thermohydrauliques proches du cas réacteur, l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire a conçu une installation expérimentale TOSQAN. Dans un premier temps, nous présenterons le modèle d'Abramzon & Sirignano qui est le modèle physique de condensation retenu pour simuler les transferts de masse et de chaleur entre l'atmosphère environnante et une goutte lors de sa chute. Puis dans un second temps, nous présenterons les simulations réalisées à l'aide de ce modèle. Il en ressort que la température des gouttes est une grandeur importante à mesurer pour bien caractériser la condensation sur un spray. Enfin, nous présenterons une technique innovante, dénommée arc-en-ciel globale développée récemment par van Beeck (2000). Cette technique laser est basée sur l'interférence entre les rayons subissant une réflexion à l'intérieur d'une goutte. Elle permet de mesurer l'indice de réfraction moyen des gouttes présentes dans un volume de mesure d'environ un centimètre cube et ainsi de connaître la température moyenne des gouttes présentes dans ce volume. Dans cette dernière partie nous présenterons les résultats de calculs optiques que nous avons effectués afin de connaître la précision que pouvons attendre d'une telle technique, ainsi que l'impact de différents paramètres comme la sphéricité des gouttes et l'effet d'une dépendance taille température sur la qualité de la mesure. A l'avenir, nous projetons d'adapter cette technique pour réaliser des essais dans TOSQAN dans différentes conditions thermohydrauliques et pour différents sprays.

REFERENCES

Abramzon B. & Sirignano W.A. (1987). Approximate theory of a single droplet vaporisation in a convective field: effects of variable properties, Stefan flow and transient liquid heating. Proc.2nd ASME/JSME Thermal Engineering Joint Conference, Vol.1 pp11-18

Van Beeck, J.P.A.P., Giannoulis, D., Zimmer, L. & Riethmuller, M.L. (2000). Global rainbow thermometry for average temperature measurement of spray droplets. 10th International Symposium on Applications of Laser Techniques to Fluid Mechanics, Lisbon.

EVALUATION DU FACTEUR DE MISE EN SUSPENSION DE CONTAMINANTS RADIOLOGIQUES EN CONDITIONS DE TRANSPORT

A. Douce, D. Hameau, C. Létouffé, G. Morel, F. Saintamon.

EDF DRD

Les contaminants mis en suspension entraînent un risque d'atteinte des voies respiratoires par inhalation. EDF R&D a mené une étude expérimentale pour évaluer la mise en suspension dans l'environnement des contaminants présents sur les transports de combustible irradié, les travaux déjà réalisés sur des sujets voisins ne permettant pas de conclure sur ce cas spécifique.

L'objectif de l'étude a été d'expérimenter la mise en suspension par le vent, dans des conditions de transport et d'étudier l'effet des variations de ces conditions :

- particules radioactives représentatives des particules présentes sur les transports (Co60, granulométrie comprise entre 1 μm et 100 μm , AMAD théorique entre 3 et 8 μm),
- vitesse de balayage calée à 3, 10 ou 30 m/s,
- type de surface : acier inoxydable de rugosité Ra 1,6 μm , acier inoxydable de rugosité Ra 0,02 μm , élastomère, ces surfaces n'ayant fait l'objet d'aucun nettoyage après réalisation des dépôts de particules afin d'obtenir des conditions pénalisantes de mise en suspension,
- température de surface : ambiante ou 80°C,
- durée de balayage : 30 minutes.

La démarche expérimentale suivie a consisté dans un premier temps à concevoir et réaliser une soufflerie en boucle fermée, opérationnelle en zone contrôlée, permettant de recréer les conditions de mise en suspension due au vent et d'évaluer l'activité mise en suspension.

Les résultats obtenus sont présentés au moyen du facteur de mise en suspension, ratio entre l'activité volumique au-dessus d'une surface contaminée et l'activité surfacique de cette même surface.

Le facteur de mise en suspension obtenu est valable pour les conditions d'obtention dans Ermitage :

- pour des particules déposées en phase liquide et mises en suspension juste après dépôt ;
- au voisinage de la paroi, la hauteur de la veine d'essai étant de 10 cm ;
- pour les durées d'étude (30 minutes).

Dans ces conditions, volontairement pénalisantes, l'étude, portant sur la réalisation de 20 essais, a montré après analyse statistique que :

- le facteur de mise en suspension moyen est de $2\text{E}-6 \text{ m}^{-1}$, et varie entre $<1\text{E}-7$ et $5\text{E}-6 \text{ m}^{-1}$
- 80% de l'activité totale mise en suspension l'est pendant les 2 premières minutes de balayage,

- la mise en suspension est plus importante sur des surfaces en acier inoxydable de rugosité Ra = 0,02 μm que de Ra = 1,6 μm , les forces d'adhésions décroissant avec la rugosité.

Ces résultats ont été fournis à l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique, qui revoit actuellement le modèle d'évaluation des risques liés aux contaminants radiologiques sur les transports de marchandises nucléaires et les limites réglementaires associées.

Des travaux de modélisation, pour ce cas particulier de mise en suspension, sont également menés par EDF, ainsi que des expérimentations plus analytiques sur la mise en suspension de particules non radioactives.

MODELISATION DE LA DYNAMIQUE DES AEROSOLS ATMOSPHERIQUES : COUPLAGE A LA THERMODYNAMIQUE ET INSERTION DANS UN MODELE DE DISPERSION 3D

E. Debry*, B. Sportisse

(1) Centre d'Enseignement et de Recherche sur l'Eau, la Ville et l'Environnement, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées (ENPC-CEREVE, Pole Air), 6-8 rue Blaise Pascal, 77455 Champs sur Marne, France.

L'objectif de cette communication est de présenter un modèle résolu d'aérosols 0D et son insertion dans un modèle de dispersion 3D. Dans le cadre de l'étude de la pollution atmosphérique, on s'intéresse de plus en plus aux aérosols. En effet il apparaît que ceux-ci ont un impact non négligeable sur différentes problématiques actuelles (Raes et al., 2000) telles que le suivi des polluants gazeux, dont une partie se retrouve dans les aérosols par condensation, le bilan radiatif atmosphérique (Léon et Chazette et Pelon et Dulac et Ramdria-marisoa), la formation des nuages (Flossmann, 1998), et encore la santé (Martonen et Zhang et Yue et Musante, 2002). Si des modèles 3D existent déjà pour la phase gaz, il devient nécessaire de leur adjoindre un module d'aérosol. La construction d'un modèle 0D d'aérosols repose sur l'équation générale de dynamique des aérosols (GDE) (Pandis et Seinfeld, 1998), qui modélise l'évolution d'une densité d'aérosols mono-composés sous l'effet de la coagulation, la condensation/évaporation et la nucléation. Notre première tâche a tout d'abord été de choisir entre les différentes méthodes numériques pour résoudre la GDE (Debry et Sportisse, 2001) dont on présentera la synthèse. Le modèle 0D obtenu a ensuite été étendu aux aérosols multi-composés puis couplé au module de Thermodynamique ISORROPIA (Nenes, Pandis et Pilinis, 1998) qui pilote les échanges entre le gaz et les aérosols inorganiques composés de sodium-nitrate-sulfure-chlorate-eau-ammonium. Aux processus micro-physiques précédents s'ajoutent le transport des aérosols dans l'air et les mécanismes de dépôt. Ces processus sont traités par le modèle eulérien de dispersion 3D POLAIR (Boutahar, Sportisse, Musson-Genon, Quelo et Plion, 2001) qui «accueille» le modèle 0D d'aérosols. La GDE pour aérosols multi-composés est alors résolue sur chaque maille du domaine 3D. On présentera le modèle général ainsi obtenu et les premiers cas tests.

REFERENCES

- Raes, F. et Dingenen, R.V. et Vignati, E. et Wilson, J. et Putaud, J-P. et Seinfeld, J.H. et Adams, P. (2000). Formation and cycling of aerosols in the global troposphere. *Atmos. Env.*,34, 4215-4240.
- Leon, J-F. ,et Chazette, P. et Pelon, J. et Dulac, F. et Ramdriamarisoa, H.}. Aerosol direct radiative impact over the INDOEX. Submitted to *Journal of geophysical Research*.
- Flossmann, A.I. (1998). Interaction of Aerosol Particles and Clouds. *Journal of the atmospheric Science*,55, 879-887.
- Martonen, T.B. Et Zhang, Z. et Yue, G. et Musante, C.J. (2002). 3-D Particle transport within the human upper respiratory tract. *Journal of Aerosol Science*, 33, 1095-1110.
- Pandis, S.N. et Seinfeld, J.H. (1998). *Atmospheric chemistry and Physics*. Wiley-interscience.
- Debry, E. et Sportisse, B. (2001). Modélisation de la dynamique des aérosols atmosphériques : un point sur la simulation numérique. Communication CFA01.
- Nenes, A. et Pandis, S.N. et Pilinis, C. (1998). ISORROPIA : A new Thermodynamic Equilibrium Model for Multicomponent Inorganic Aerosols. *Aquatic geochemistry*,4, 123-152.
- Boutahar, J. et Sportisse, B. et Musson-Genon, L. et Quelo, D. et Plion, P. (2001). Description of a 3D Chemistry-Transport-Model : POLAIR. Tech. Rep. ENPC-CEREVE 2001-15.

ETUDE DES RESONANCES MORPHOLOGIQUEMENT DEPENDANTES

J. Ducastel*, L. Méès, G. Gréhan, G. Gouesbet

LESP, UMR 6614/CORIA, Site Universitaire du Madrillet Avenue de l'universite BP 12 76 801 Saint Etienne du Rouvray Cedex

Les méthodes de mesures optiques occupent aujourd'hui une place primordiale en métrologie. Leur avantage principal, outre leur précision, est qu'elles sont non-intrusives. Parmi elles, on peut citer la diffusion Raman pour la détermination d'espèces et la mesure de concentrations dans les gaz, le PDA pour la mesure des tailles et vitesses de particules. Ces approches classiques ne permettent pas de traiter avec précision le cas de gouttes dont la taille est inférieure à 50 nm, fréquemment rencontrées, notamment dans le domaine de la combustion des sprays injectés à haute et basse pression. La faiblesse de ces méthodes tient au fait qu'elles reposent sur des longueurs de traversée de gouttes de l'ordre du diamètre de celles-ci. C'est dans ce cadre que nous avons choisi de nous intéresser aux résonances morphologiquement dépendantes, également appelées MDRs, qui sont la manifestation de photons ayant effectué un grand nombre d'orbites dans la particule étudiée, avant de diffuser. Elles offrent ainsi la possibilité de franchir une nouvelle étape vers des échelles plus petites en étendant la gamme d'étude à des particules dont la taille est de l'ordre de quelques micromètres, et ce avec une grande précision. Ainsi, une particule de 10 micromètres (cas typique rencontré) dont le diamètre diminue de 0,01 pourcent (soit seulement 1 nanomètre), provoquera un déplacement des résonances de l'ordre de 0,05 nanomètres (nous travaillons ici dans le domaine du visible), ce qui est très facilement mesurable avec nos détecteurs actuels. Elles peuvent ainsi trouver leur application dans la mesure du taux d'évaporation pour un train de gouttes. Les MDRs pourront également fournir une information sur l'indice de réfraction des particules sphériques (caractéristique de la composition et de la température), mais aussi sur l'existence d'un gradient d'indice ou d'un éventuel écart à la sphéricité que l'on peut rencontrer pour les grosses particules en écoulement lorsque les forces dynamiques ne sont plus négligeables devant les forces de tension superficielle, en particulier pour les liquides. L'objectif final sera d'étendre cette approche à la mesure dans les écoulements complexes rencontrés dans la réalité. La GLMT décrit parfaitement le comportement des MDRs. Néanmoins, la complexité des expressions utilisées rend très périlleuse et très lourde en temps de calcul son utilisation pour la caractérisation des particules. En 1992, C.C.Lam & al [1] proposent d'outrepasser le formalisme de la diffusion de Mie au moyen de formules asymptotiques relativement « simples » issues de cette dernière. Leur approche est originale en ce sens qu'elle vont directement au cœur des MDRs en capturant leurs caractéristiques principales (position, largeur, écart ...). L'objectif de nos travaux est triple. Il s'agit tout d'abord de comprendre et de maîtriser le comportement des MDRs, condition nécessaire à leur utilisation en métrologie. Il s'agit ensuite de quantifier les erreurs commises par les formules asymptotiques et de définir leur domaine de validité. Ces deux premières étapes vont permettre de mettre au point une stratégie d'utilisation.

Dans notre présentation au Congrès français sur les Aérosols, nos premières simulations seront présentées et discutées. Une attention toute particulière sera portée sur le type d'information (taille, variation de taille, indice, écart à la sphéricité) que l'on peut extraire des mesures effectuées (mesure sur la position, la largeur, écart entre les pics).

References

C.C.LAM, P.T.LEUNG, K.YOUNG. Explicit asymptotic formulas for the positions, widths, and strengths of resonances in Mie scattering. J. Opt Soc. Am. B Vol. 9, No.9 / 1992.

FILTRATION D'AEROSOL SUBMICRONIQUE PAR COAGULATION BIPOLAIRE

L. UNGER*, P. EHOARN et J.-P. BORRA

Laboratoire de Physique des Gaz et des Plasmas, UMR 8578,
Equipe Décharges Electriques et Environnement,
Ecole Supélec, Plateau de Moulon, 91192 Gif-sur-Yvette Cedex, France.

La coagulation bipolaire est le processus de captation - sous l'effet des forces électriques coulombiennes - de particules polluantes chargées par des particules collectrices chargées de la polarité opposée. Le manque de données expérimentales sur la coagulation bipolaire est une des limites à la compréhension de ce processus, par ailleurs identifié comme permettant de filtrer efficacement les particules polluantes. L'utilisation d'un système original de production de gouttes d'eau fortement chargées (Pulvérisation Electro-HydroDynamique), et la caractérisation précise des populations de particules mises en présence, permettent d'envisager l'amélioration de l'efficacité de ce type de procédé, ainsi que l'étude plus précise du processus de coagulation. Dans ce but, un filtre électrostatique a été conçu et testé (débits de gaz traités de l'ordre de 20 L/min, concentration de polluants de l'ordre de 105 p.cm⁻³).

Les particules collectrices (gouttes d'eau, diamètre 100 microns) chargées positivement sont produites par PEHD (Ehouarn et al., 1999), ce qui permet (i) d'avoir des collecteurs extrêmement chargés (le niveau de charge des gouttes est de 70% de la charge limite de Rayleigh), et (ii) de diminuer les débits d'eau pulvérisée nécessaires pour filtrer un débit de gaz donné.

Les particules test simulant le polluant sont produites par condensation hétérogène de Di-Ethyl-Hexyl-Sebaçate sur des noyaux de sel (générateur Sinclair-Lamer), et chargées négativement dans une décharge électrique couronne de géométrie fil-cylindre (Unger et al, 2001).

Les deux systèmes de production d'aérosols chargés électriquement (production de gouttes chargées positivement par PEHD, et production d'aérosol submicronique d'huile chargé négativement par décharge couronne) ont été calibrés, ce qui permet de connaître précisément les propriétés des deux populations de particules mises en contact dans le réacteur de coagulation.

Les résultats présentés correspondent à l'étude paramétrique du processus de coagulation électrique, permettant de définir l'impact des différents paramètres expérimentaux (charge des polluants, temps de transit des polluants dans le réacteur, concentration du polluant, concentration de collecteurs) sur l'efficacité de collection globale (macroscopique) du réacteur. Cette étude a permis :

- d'une part de montrer la faisabilité d'un tel procédé de filtration (les efficacités obtenues – jusqu'à 99 % en nombre selon les conditions – permettent d'envisager une application du procédé), d'autant plus que les conditions de coagulation sont volontairement défavorables (gamme de taille sub-micronique, faible miscibilité des polluants huileux sur les collecteurs liquides)
- d'autre part de préciser les conditions de mélanges optimales des polluants avec les collecteurs liquides ; ces résultats expérimentaux de coagulation bipolaire où les propriétés des particules (diamètre, charge, concentration) sont connues permettent d'envisager la comparaison avec un modèle numérique du processus de coagulation

Une étude du processus de coagulation à l'aide d'un Anémomètre à Phase Doppler est prévue, et devrait permettre de caractériser les trajectoires des particules polluantes dans le nuage de collecteurs, et ainsi de progresser dans la maîtrise de ce processus.

Références :

- P. Ehouarn, L. Unger, J.-P. Borra, « PEHD : Domaines de stabilité et lois d'échelle du mode cone-jet-glow selon la tension, le débit et la conductivité », 15eme Congrès Français sur les Aérosols, Paris, 8-9 décembre 1999
- L. Unger, J.-P. Borra, « Charge de particules submicroniques dans une décharge : conditions de fonctionnement du chargeur et effet de la forme des particules sur la loi de charge », 17eme Congrès Français sur les Aérosols, Paris, 11-12 décembre 2001

MESURAGE DE BIOAEROSOLS AU COURS DU TRAITEMENT DES EAUX USEES ET DU TRAITEMENT DES DECHETS URBAINS.

P. Görner*(1), J.F. Fabriès(1), O. Witschger(1), G. Greff-Mirguet(1), L. Mathieu(2).

(1) Laboratoire de Métrologie des Aérosols, INRS, BP 27, 54501 Vandoeuvre Cedex.

(2) Département Environnement et Santé Publique, EPHE, Faculté de Médecine, BP 184, 54505 Vandoeuvre les Nancy.

L'exposition à des micro-organismes dispersés dans l'air des lieux de travail peut être à l'origine de nombreuses pathologies de types infectieux, immuno-allergique (rhinites, asthmes, alvéolites) et toxinique. On connaît bien notamment les effets dus aux endotoxines qui sont des constituants de la paroi des bactéries Gram -.

A l'heure actuelle, un des problèmes majeurs rencontré en matière d'évaluation des risques résultant d'une exposition aux bioaérosols est l'absence de méthodes de prélèvement et d'analyse suffisamment validées, ainsi que de protocoles adaptés aux situations fréquemment rencontrées sur les lieux de travail mais pouvant être très diversifiées. Pour répondre à ce besoin, un projet de recherche est actuellement en cours au sein de l'INRS en collaboration avec le DESP, dont l'un des axes de développement est l'évaluation sur le terrain de différents protocoles de mesures de bioaérosols.

Nous avons été ainsi amenés à pratiquer des mesures sur deux sites différents ayant une activité source de bioaérosols. Le premier site est une station d'épuration des eaux usées domestiques, pluviales et industrielles dont la caractéristique principale est d'être couverte, offrant ainsi des environnements de travail confinés pour le personnel intervenant. Le deuxième site est un centre intégré de traitement de déchets ménagers urbains (tri manuel, incinération, compostage). Les deux sites sont caractérisés a priori par une atmosphère concentrée en bioaérosols.

Les emplacements pour les prélèvements d'air ont été sélectionnés pour les deux sites en fonction du mécanisme principal présumé responsable de la présence de bioaérosols, à savoir pour une station d'épuration la projection de micro gouttelettes d'eau contaminée dans l'air résultant de l'agitation des eaux usées et des boues lors du procédé, et dans le cas d'un centre de tri des déchets, le déversement ou l'agitation des déchets. Les prélèvements d'air ont été conduits à poste fixe à l'aide de différentes méthodes : prélèvement sur membrane filtrante à l'aide de cassettes Millipore 25 mm (Millipore, Guyancourt, France), prélèvement dans un liquide à l'aide d'un prototype CIP-10 Bio (Arelco, Fontenay sous Bois, France) et prélèvement sur support gélose à l'aide d'un impacteur biologique MAS-100 (Merck, Darmstadt, Allemagne). Suivant la méthode de prélèvement différentes analyses ont été réalisées : comptage direct des bactéries totales par microscopie à épifluorescence, culture et numération des colonies bactériennes et fongiques avec identification des bactéries Gram - et coliformes sur différentes géloses spécifiques, dosage quantitatif des endotoxines bactériennes par le test LAL (Limulus Amoebocyte Lysate).

Les résultats permettent d'évaluer les différents niveaux de concentration des bioaérosols dans ces deux environnements, mais surtout de comparer les différentes méthodes ainsi que les protocoles d'analyses mis en oeuvre.

ETUDE ET COMPREHENSION DES PHENOMENES ENVIRONNEMENTAUX REGISSANT LA COLONISATION DES MATERIAUX DE CONSTRUCTION PAR LES AEROSOLS FONGIQUES : APPLICATION A L'HYGIENE DES ENVIRONNEMENTS INTERIEURS

M. Boissier* (1;2), E. Robine (1), A. Renoux (2), R. Moreau (2).

(1) Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, 84 avenue Jean-Jaurès, Champs-sur-Marne, BP 02, 77421 Marne-la-Vallée Cedex 2, m.boissier@cstb.fr (2) Laboratoire de Physique des Aérosols et de Transfert des Contaminations; Université Paris XII; 61, avenue du Général de Gaulle, 94010 Créteil.

Les bâtiments peuvent constituer des « niches écologiques » pour le développement de moisissures. La contamination des environnements intérieurs apparaît aussi bien dans les constructions anciennes que récentes.. Outre la dégradation des matériaux et des ouvrages, la prolifération des champignons microscopiques dans les espaces clos pose un problème de santé publique dans la mesure où ils peuvent entraîner, selon les circonstances d'exposition, et la sensibilité des personnes exposées, l'apparition de maladies respiratoires (allergies, infections, toxi-infections ...).

La colonisation des produits de construction par ces microorganismes résulte de deux phénomènes: la contamination des surfaces par les spores fongiques et leur développement sur le nouveau substrat. Les facteurs régissant la colonisation des matériaux par les moisissures sont: les propriétés physico-chimiques des surfaces qui conditionnent le phénomène de bioadhésion, les ressources du support (quantités de carbone et d'azote, rapport C/N) et les conditions d'assimilation (pH, eau disponible pour le microorganisme) qui déterminent le développement fongique.

L'objectif du travail est d'étudier le rôle des matériaux de construction dans l'installation puis la prolifération des moisissures au sein des environnements intérieurs. La démarche adoptée consiste à simuler une contamination fongique aérienne des produits, puis à caractériser le comportement des espèces fongiques sur ces supports (adhésion, survie et amplification). Des outils laboratoire ont été développés: une chambre d'exposition contrôlée dans laquelle les paramètres d'aérobiocontamination sont maîtrisés a ainsi été mise au point.

La mise en place d'outils d'évaluation des produits de construction vis-à-vis d'une contamination fongique aéroportée pourrait, à terme, intervenir dans la certification des matériaux et fournir aux différents acteurs du bâtiment des critères de choix objectifs avec une classification de produits moins « réceptifs » aux moisissures.

MISE AU POINT ET VALIDATION D'UNE METHODE GRAVIMETRIQUE POUR MESURER LA MASSE INHALABLE DES AEROSOLS MEDICAMENTEUX PRODUITS PAR NEBULISATION

L. Vecellio None(1), D. Grimbert(1), J. Bordenave(2), G. Benoit(2), Y. Furet(3), B. Fauroux(4), E. Boissinot(1), E. Lemarié(1), P. Diot(1)

(1) INSERM EMI-U 00-10, Groupe de Pneumologie et Imagerie de Ciblage, IFR 120, CHU Bretonneau, 37044 Tours Cedex (2) Service Pharmacie, Hôpital Armand Trousseau, 75072 Paris Cedex 12 (3) Service de Pharmacologie, CHU Bretonneau, 37044 Tours Cedex (4) INSERM EMI-U 02-13, Département de Pneumologie Pédiatrique, Hôpital Armand Trousseau, 75571 PARIS Cedex 12

Le dépôt d'un aérosol médicamenteux dans l'appareil respiratoire est principalement fonction de la quantité d'aérosol et de la taille des particules que le patient est susceptible d'inhaler. La masse inhalable est définie comme la masse de principe actif du médicament qu'un patient serait susceptible d'inhaler dans des conditions expérimentales données.

Différentes méthodes sont utilisées pour mesurer la masse inhalable des aérosols médicamenteux produits par nébulisation. La méthode gravimétrique classique consiste à peser le nébuliseur avant et après nébulisation pour déterminer la masse de médicament nébulisé, puis par calcul, la masse de principe actif nébulisé. Cette méthode n'est valable que pour faire une étude rapide de la performance des nébuliseurs à l'air libre car elle surestime la masse de principe actif nébulisé jusqu'à un facteur 2. La méthode actuellement reconnue comme la plus précise est basée sur la filtration de l'aérosol. Elle consiste à collecter sur filtres les gouttelettes produites par le nébuliseur puis à doser le substrat collecté. Cette méthode permet de connaître la masse d'aérosol produit à un endroit donné.

Mais l'étape d'extraction est généralement délicate et la méthode nécessite un matériel sophistiqué pour la mesure du principe actif du médicament.

L'objectif de notre étude était de vérifier l'hypothèse selon laquelle la méthode gravimétrique appliquée sur des filtres dans des conditions standardisées après séchage pouvait être une méthode précise pour la mesure de la masse inhalable produite par les nébuliseurs. Pour calculer la masse de principe actif collecté sur les filtres, nous avons fait l'hypothèse que le principe actif du médicament n'avait pas été altéré durant la nébulisation et que la masse relative de principe actif (masse de principe actif / [masse du principe actif + masse des excipients]) était constante durant toute la nébulisation. Cette méthode gravimétrique était comparée aux méthodes de dosage basées sur la mesure par spectrophotométrie (terbutaline), la mesure par HPLC (tobramycine) et la mesure électrochimique (fluorure de sodium).

Les résultats montraient une très bonne corrélation entre la méthode gravimétrique (en abscisse) et les méthodes de dosage (en ordonnée) en terme de masse inhalable de principe actif ($y = 1.00x - 0.02$, $r^2 = 0.99$, $n = 27$). Nous concluons que cette méthode gravimétrique permet la mesure précise de la masse inhalable des médicaments.

PERFORMANCES DES DÉPOUSSIÉREURS À MANCHES - ETUDE SUR MÉDIA PLAN ET SUR PILOTE

*X. Simon(1,2), S. Callé(2), D. Bémer(1), D. Thomas(2), R. Régnier(1)

- 1) INRS – Ave de Bourgogne – 54500 Vandoeuvre
- 2) CNRS/LSGC – 1 rue Grandville – 54000 Nancy

Les études effectuées jusqu'à présent par le Laboratoire de Filtration des Aérosols ont permis de caractériser les performances de deux types de médias utilisés pour la confection des manches des dépoussiéreur industriels :

- un média en fibres de polyester avec traitement de surface par calandrage thermique ;
- un média en fibres de polyester revêtu d'une fine membrane en PTFE.

Les expériences ont été conduites pour cela sur un banc d'essais permettant de déterminer l'évolution de l'efficacité et de la perte de charge d'un média plan (AE 130 mm) au cours des cycles de filtration (colmatage/décolmatage). Les performances des médias filtrants sont déterminés expérimentalement lors de cycles de colmatage par des aérosols microniques et de décolmatage par à-coup de pression à contre-courant.

Les résultats montrent tout d'abord que la perte de charge et l'efficacité de filtration d'un média augmentent lors du colmatage. La filtration des particules microniques est également caractérisée par l'apparition rapide d'un régime de colmatage en surface avec formation d'un gâteau de particules qui contrôle alors l'efficacité de filtration, les propriétés du média filtrant n'intervenant plus à l'état colmaté. Le décolmatage se traduit par une diminution de la perte de charge et de l'efficacité de filtration du média filtrant, liée à la suppression partielle du gâteau de particules. Au fur et à mesure des cycles, la capacité de décolmatage d'un média filtrant se dégrade, celui-ci se traduisant par une augmentation de la perte de charge résiduelle (après décolmatage). Les essais montrent qu'elle est améliorée par une augmentation de la rigidité du médium filtrant et la présence d'un traitement de surface.

Or l'étude des médias filtrants plans, aussi riche en enseignement soit-elle, ne peut rendre totalement compte des performances des dépoussiéreur industriels et il était nécessaire d'étudier le fonctionnement d'un dépoussiéreur du commerce. L'objectif de cette étude était donc de comparer les résultats sur dépoussiéreur aux résultats obtenus avec les échantillons de médias plans, afin de valider ou non la représentativité de ces derniers.

Pour ce faire, une installation de dépoussiérage disposant de 12 poches filtrantes développant 18 m² de surface filtrante, a été connectée à une veine d'essais, permettant de générer différents types de poussières, d'enregistrer la perte de charge en continu et d'effectuer le suivi de l'efficacité par comptage optique.

Les résultats obtenus montrent une bonne représentation des performances du dépoussiéreur à partir des essais sur médias plans. Le banc d'essais s'avère donc un bon outil de description des phénomènes de filtration et d'étude de média utilisés en dépoussiérage industriel. Néanmoins, il a été observé une masse surfacique moyenne par cycle pour le média plan (230 g/m²/cycle) plus élevée que celle obtenue avec le dépoussiéreur (50 g/m²/cycle). A ce stade de l'étude aucune explication satisfaisante n'est proposée pour expliquer cette différence de comportement.

FACTEURS INFLUENÇANT LE COLMATAGE DES FILTRES THE INDUSTRIELS PAR LES AÉROSOLS FORMÉS EN CAS D'INCENDIE

J.C. LABORDE, V.M. MOCHO

Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire, Département de Prévention et d'Etude des Accidents, Service d'Etudes et de Recherches en Aérocontamination et en Confinement, B.P. 68 – Bâtiment 383 – 91192 GIF-SUR-YVETTE Cedex, France

En termes de protection et de sûreté nucléaire, la prise en compte du risque incendie dans une installation nécessite tout particulièrement d'évaluer les conséquences de l'incendie sur le confinement des substances radioactives et de déterminer le terme source rejeté à l'environnement. La présence des aérosols formés en cas d'incendie est un phénomène important à prendre en compte, pouvant se traduire notamment par le colmatage des filtres THE (Très Haute Efficacité) présents dans les réseaux de ventilation en tant que première ou dernière barrière de filtration. Le colmatage des filtres peut avoir deux effets néfastes vis-à-vis du maintien du confinement : d'une part, il risque d'entraîner la rupture mécanique du médium filtrant et donc une perte partielle ou totale de l'efficacité du filtre, d'autre part il risque de provoquer la chute du débit d'extraction du local siège de l'incendie, d'où un éventuel passage en surpression du local et un déséquilibre de la cascade de dépressions dans l'ensemble de l'installation.

L'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire et la COGEMA ont mené un programme commun de recherche dont le but était d'améliorer les connaissances sur le colmatage des filtres en cas d'incendie et d'accéder à un modèle pouvant être intégré dans un code de calcul traitant de l'interaction entre la ventilation et l'incendie.

Devant la complexité des phénomènes intervenant dans le colmatage des filtres par les aérosols formés en cas d'incendie, il est actuellement impossible de décrire ce colmatage par un modèle phénoménologique. La communication proposée présente l'influence de différents facteurs jouant un rôle sur l'évolution de la résistance aéraulique d'un filtre colmaté, en s'appuyant sur le cas de feux de solvants utilisés dans le retraitement des combustibles nucléaires. Les essais analytiques ont été menés sur une installation de laboratoire de l'IRSN/SERAC, appelée BANCO, dédiée aux expériences de colmatage. Il a été mis en évidence que les paramètres d'influence peuvent être classés en deux catégories ainsi résumées :

Paramètres principaux (ou directs) :

- liés au filtre THE : plan ou plissé, initialement pré-colmaté ou non,
- liés aux produits de combustion : masse des aérosols déposée, diamètre aérodynamique médian massique, teneur en vapeur d'eau.

Paramètres secondaires (ou indirects) : flux thermique incident auquel est soumis le combustible, teneur en oxygène dans l'air d'alimentation du foyer.

Les deux derniers paramètres sont qualifiés de secondaires car ils devraient en réalité pouvoir être reliés aux caractéristiques des aérosols de combustion, même si l'étude réalisée n'a pas permis de le faire.

La communication présente enfin une loi empirique permettant de calculer l'évolution de la résistance aéraulique du filtre colmaté en fonction de certains de ces paramètres.

FILTRATION D'AEROSOLS LIQUIDES : INFLUENCE DE CYCLES DE COLMATAGE

T.Frasing* (1), D. Thomas (1), P. Contal (1), D. Bémer (2), D. Leclerc (1)
Laboratoire de Filtration des Aérosols de Nancy

(1) Laboratoire des Sciences du Génie Chimique, 1 rue Grandville, BP 451, 54001 Nancy Cédex

(2) Institut National de Recherche et de Sécurité, avenue de Bourgogne, BP 27, 54501 Vandoeuvre-lès-Nancy Cédex

La qualité de l'air tant extérieure qu'intérieure est devenue un enjeu de politique, scientifique, environnemental et de santé publique depuis deux décennies. Les aérosols liquides peuvent constituer une part importante de la pollution de l'air dans les locaux de travail dans les industries mécanique, automobile ou d'imprimerie par exemple. Hormis le danger qu'ils constituent pour la santé des opérateurs, les limites environnementales deviennent de plus en plus sévères. Aussi le législateur et les industriels poussent le développement de systèmes filtrants de plus en plus performants afin de réduire la pollution de l'air et les risques pour la santé.

Généralement les mesures d'efficacité ou d'évolution de la perte de charge s'effectuent au cours du temps de filtration. Or la plupart du temps, les installations de filtration ne sont pas opérées en continu (c.à.d. 24h/24, 7j/7). Voilà pourquoi il nous a semblé intéressant et important de connaître l'effet d'une interruption de la génération et une interruption consécutive ou non des systèmes de filtration sur l'évolution de la perte de charge et de l'efficacité d'un filtre à fibres. Aucune autre étude ne s'est, à notre connaissance, intéressée jusque là au fonctionnement intermittent de filtres à fibres pour des aérosols liquides.

Un filtre HEPA est soumis à un cycle de colmatage de 40 minutes à une vitesse de filtration de 6,8 cm/s et une concentration de di(2-éthyl hexyl) sébaçate de 3,13 g/m³. Suite à ce premier cycle de colmatage, la génération de particules est coupée et un flux d'air propre est passé à travers le filtre à une vitesse entre 0 et 56,8 cm/s. Un deuxième cycle de colmatage, identique au premier conclut l'expérience.

Les paramètres étudiés sont la vitesse de passage de l'air propre pendant la phase de repos, l'instant de coupure (début, milieu ou fin de filtration) ainsi que la direction de filtration (horizontal ou vertical).

ETUDE DU COMPORTEMENT DE FILTRES INDUSTRIELS DESHUILEURS COALESCEURS

L. BABUT*(1), E. GONZE(1), A. BERNIS(1), R. CORRADINI(2)

(1) Laboratoire d'Optimisation et de Conception en Ingénierie de l'Environnement, ESIGEC, Université de Savoie, 73376 LE BOURGET DU LAC CEDEX

(2) Lautrette Industries.SA, 12, Rue Ambroise Croizat, BP 13, 95100 ARGENTEUIL CEDEX

L'huile rejetée sous forme d'aérosol dans les réseaux de gaz comprimé par les compresseurs lubrifiés est généralement retenue par des filtres coalesceurs. Les nouvelles exigences liées à la démarche qualité imposent une optimisation de leur efficacité. Il est donc nécessaire d'améliorer la compréhension de leur principe de fonctionnement encore mal connu du fait de l'empilement de couches filtrantes qui les constituent.

Quelques études récentes abordent ce type de filtre [1,2]. Deux filtres industriels ont été étudiés sur un aérosol d'huile de compresseur, l'un composé de deux couches de papier cellulosique et d'une enveloppe externe de feutre, l'autre composé de deux couches de papier cellulosique, de deux couches de papier fibres de verre, d'une enveloppe interne et externe de feutre.

Selon le type de filtre, l'évolution de la perte de charge lors de leur mise en régime est différente. Pour le premier, celle-ci croît lentement jusqu'à atteindre un point de charge où l'augmentation devient exponentielle jusqu'à un plateau qui correspond au début du drainage. Pour le second, le dépôt des particules sur les fibres du filtre a une influence sur la perte de charge dès les premières minutes. La constitution des cartouches filtrantes a également une influence sur l'évolution de l'efficacité des filtres lors de leur première mise en régime. Le filtre avec le moins de couches voit son efficacité augmenter régulièrement jusqu'à atteindre un maximum au début du drainage. Pour le second, l'efficacité diminue jusqu'au moment du drainage, passée ce point elle augmente légèrement pour atteindre enfin un plateau.

Du fait de sa constitution, le second filtre a un coefficient d'épuration (3000), dix fois supérieur au premier. Enfin, il faut également noter des évolutions différentes des efficacités fractionnelles selon la classe granulométrique. Ainsi, pour le filtre le moins efficace, la concentration massique pour les particules diminue lors de la maturation du filtre sauf pour celles de 0,575 et 0,725 micromètre pour lesquelles elle augmente. Ce phénomène semble être imputable à l'éclatement des bulles formées sur toute la surface du filtre lors du drainage. Pour le second filtre, l'efficacité diminue pour toutes les particules, le bullage n'étant observé que dans la zone basse du filtre.

Enfin, il a été montré que la répartition granulométrique en sortie n'est pas fonction de la concentration du gaz filtré, dans nos conditions expérimentales, mais qu'elle varie avec la vitesse de filtration. Ainsi, lorsque le débit du gaz passe de 60 mètres cube par heure à 20, le diamètre moyen des particules augmente.

[1] PAYET S., BOULAUD D., MADELAINE G., RENOUX A. Penetration and pressure drop of a HEPA filter during loading with submicronic liquid particles, Journal of Aerosol Science, 1992, 7, pp. 723-735.

[2] PENICOT P., THOMAS D., CONTAL P., LECLERC D., VENDEL J. Clogging of HEPA filters by solid and liquid aerosol particles : an experimental study. Filtration and Separation, 1999, 36, pp. 59-64.

ETUDE THEORIQUE ET EXPERIMENTALE DE LA TRAJECTOIRE DES PARTICULES DANS LES ELECTROFILTRÉS A GEOMETRIE FIL-CYLINDRE EN TENSION POSITIVE CONTINUE ET A FAIBLE TEMPS DE SEJOUR.

R. Boichot (1) *, E. Gonze (1), A. Bernis (1).

(1) Laboratoire d'Optimisation et de Conception en Ingénierie de l'Environnement, ESIGEC ,
Université de Savoie, 73376 LE BOURGET DU LAC CEDEX.

Les exigences croissantes en terme de qualité de l'air ambiant, ont généralisé l'utilisation d'électrofiltres mobiles de petit volume, aptes à traiter des débits inférieurs à 100 mètres cubes par heure, à contre courant des grandes installations industrielles fixes.

L'étude de la trajectoire des particules dans une géométrie fil - cylindre a été réalisée sur des cylindres de petite dimension (classiquement 20 millimètres de diamètre et 200 millimètres de longueur) avec des temps de séjour faibles (quelques millisecondes) peu rencontrés dans l'utilisation des électrofiltres. Les vitesses de traitement utilisées se sont échelonnées entre 0 et 50 mètres par secondes. La trajectoire des particules a été suivie par traçage à la fluorescéine. L'étude théorique a abouti à la mise en place d'un modèle théorique prédictif du lieu d'impaction des particules.

La cathode est constituée de dix cylindres métalliques empilés. Le gaz vecteur estensemencé avec des particules de fluorescéine de 0,18 micromètres, puis amené dans le dispositif de filtration en régime turbulent établi. Après filtration dans des conditions contrôlées, la fluorescéine fixée sur les cylindres métalliques servant de cathode est dissoute dans de l'eau ammoniaquée. Ceci permet d'obtenir une cartographie du dépôt de fluorescéine.

Parallèlement, un modèle mathématique est créé. Celui-ci permet de résoudre les équations de Maxwell par la méthode des différences finies, puis d'injecter des particules prises individuellement (approche lagrangienne) à vitesse axiale fixe dans le champ de potentiel et de charge espace calculé précédemment. Le lieu d'impaction théorique des particules est ensuite comparé aux cartographies expérimentales, et le modèle est amélioré progressivement.

Ce modèle et les manipulations ont montré que la filtration des particules submicroniques est possible, même avec des temps de séjour très courts, moyennant des conditions électrostatiques proches du claquage. Par contre un certain nombre de limites ont été rencontrées : pour des vitesses de gaz du même ordre de grandeur que les vitesses de migration des ions positifs dans l'électrofiltre, on constate une baisse importante du courant de collecte à la cathode. Ceci peut-être expliqué par l'entraînement de particules de charge bipolaires, et d'espèces moléculaires lourdes chargées, sans fixation sur la cathode. Cet effet est d'autant plus important, que le potentiel appliqué est faible.

INFLUENCE DES CARACTERISTIQUES DE L'AEROSOL D'ENTREE SUR L'EFFICACITE D'UN FILTRE ELECTROSTATIQUE

S. Tokarek * (1), S. Rosalie (1) et A. Bernis (2)

(1) RATP, Contrôle Général de Sécurité, 21 boulevard Bourdon, 75004 Paris

(2) Laboratoire de Génie des Procédés, ESIGEC, Savoie Technolac, 73376 Le Bourget du Lac

Un électrofiltre pilote tubulaire de la société Recycl'Air est installé dans une station de métro en vue de son optimisation par rapport à l'aérosol de la RATP[1]. Des mesures d'efficacité du filtre ont été faites à l'aide d'un comptage particulaire à l'amont et à l'aval avec un compteur optique laser Grimm. Nous avons injecté différentes concentrations de particules du métro en entrée du filtre à l'aide d'un générateur de poudre Pallas et nous avons étudié la réponse du procédé afin de tenter d'expliquer une différence de comportement le jour et la nuit (en effet, l'efficacité du filtre pour toutes les classes granulométriques semblait meilleure la journée que la nuit [1]). L'intervalle de concentration couvert s'étend de 10^5 à $1.5 \cdot 10^6$ particules supérieures à 0.3 micromètres par litre, correspondant à des concentrations éventuelles du réseau métropolitain. Parmi les paramètres étudiés expérimentalement, c'est le nombre de particules totales ainsi que la proportion de grosses particules qui semblent les plus pertinents.

Deux hypothèses peuvent être envisagées :

- Expérimentalement, nous montrons que plus le nombre de grosses particules est grand, meilleure est l'efficacité du filtre pour les petites particules. Cela signifie qu'au cours de leur migration, les grosses particules agglomèrent les plus fines et favorisent ainsi leur migration. Le phénomène d'agglomération des petites particules sur les grosses a été mis en évidence dans la bibliographie [2]. Cependant dans un électrofiltre classique il semble que les petites et les grosses particules aient la même polarité et par conséquent qu'elles aient plus tendance à se repousser qu'à s'attirer.

- Nous avons vérifié que plus le nombre de particules totales est grand à l'entrée du filtre, meilleure est l'efficacité pour toutes les tailles de particules. L'autre hypothèse est donc qu'en présence d'un grand nombre de particules chargées dans un même lieu, la densité de charge d'espace augmente. Ainsi la valeur du champ électrique croît et l'efficacité de captation est améliorée. Ces hypothèses peuvent donc expliquer la différence d'efficacité du filtre observée entre la nuit et le jour : concentration moins importante la nuit car le trafic de trains est nul et plus grande proportion de petites particules puisqu'il y a sédimentation des plus grosses. Cette observation est très innovante pour le génie des procédés.

Références bibliographiques

[1] : Tokarek, S. Gabay, D. Bernis, A. (2002) A method to reduce the particle pollution in the air of Parisian subway stations. 10th International Air Pollution Conference, Segovia, WIT Press

[2] : Hautanen, J. Kilpelainen, M. Kauppinen, E. Jokiniemi, J., Lehtinen, K. (1995) Electrical agglomeration of aerosol particles in an alternating electrical field. Aerosol Science and Technology, 22, 2, 181-189