

ASSOCIATION FRANÇAISE D'ETUDES ET DE RECHERCHES  
SUR LES AEROSOLS

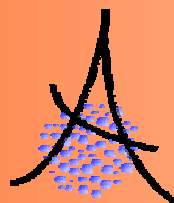
# RECUEIL DES RESUMES

17ème CONGRES FRANÇAIS SUR LES AEROSOLS

## CFA 2001

11 et 12 décembre 2001

Paris, Institut National Agronomique



ASFERA  
LPATC – UFR Sciences Université Paris XII  
Avenue du général de Gaulle - 94010 Créteil Cedex  
[www.asfera.org](http://www.asfera.org) / [info@asfera.org](mailto: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 2001

9h20 - 9h30	<b>Introduction</b> par le Dr. D. BOULAUD, Président de l'ASFERA.
9h30 - 10h10	<b>Conférence plénière : Pénétration des polluants particulaires dans l'organisme : la voie respiratoire.</b> Dr. C. LESNE, CNRS, Gif sur Yvette
10h10 - 10h40	VISITE DE L' EXPOSITION et PAUSE - CAFÉ.
<b>AEROSOLS ET SANTE</b>  Présidents de Séance : G. PELTRE, N. LEMAITRE	
10h40 - 11h00	<b>Mise au point et évaluation d'un nouveau nébuliseur pour administrer la TOBI™.</b> L. VECELLIO NONE (1,2), D. GRIMBERT(1) J. BORDENAVE(3), G, BENOIT(3), G. CHANTREL(2), P.DIOT(1). (1) INSERM EMI-U 00-10, Groupe de Pneumologie et Imagerie de Ciblage, CHU Bretonneau, 37044 TOURS Cedex. (2) La Diffusion Technique Française, 114-120 rue Bergson, 42003 Saint Etienne Cedex. (3) Service Pharmacie, Hopital Trousseau, PARIS.
11h00 - 11h20	<b>Détermination expérimentale de l'efficacité physique d'échantillonnage de deux échantillonneurs de bioaérosols.</b> J.F. FABRIÈS, R. WROBEL, P. GÖRNER INRS, Vandoeuvre
11h20 - 11h40	<b>Radon et thermalisme.</b> R. AMEON Service d'Etudes et de Recherches sur la Géosphère et l'Élimination des Déchets. IPSN, CEA Fontenay-aux-Roses.

11h40 - 12h00	<p><b>Etude et compréhension des phénomènes environnementaux régissant la colonisation des environnements intérieurs par les aérosols fongiques.</b>  M. BOISSIER(1 ;2), E. ROBINE(1), A. RENOUX (2), R. MOREAU(2)  (1) CSTB, Champs sur Marne.(2) LPATC, Paris XII.</p>
12h00 - 12h20	<p><b>Evaluation subjective des niveaux d'exposition aux postes de travail. Description d'une méthode</b>  A. de Reydelle (1), F. Deschamps (1), P. Fogel (2), P. Brochard (3), G. Duval-Arnould (4)  (1) Saint-Gobain Insulation, 92096 La Défense. (2) Consultant, 75005 Paris. (3) Groupe Hospitalier Pellegrin, 33076 Bordeaux. (4) Saint-Gobain, 92096 La Défense.</p>
12h20 - 13h40	<p><b>DEJEUNER</b></p>
<p><b>PHYSIQUE DES AEROSOLS</b></p> <p>Présidents de Séance : G. GOUESBET, A. ZOULALIAN</p>	
13h40 - 14h00	<p><b>Diffusion des ondes électromagnétiques par un sphéroïde : solution rigoureuse</b>  Y. HAN (1), K.F. REN (2), L. MEES (2), G. GOUESBET (2) ET G. GREHAN (2) ; (1)Laboratoire de Radiophysique, Université de Xidian, Xi'an, Chine (2)LESP, Université et INSA de Rouen.</p>
14h00 - 14h20	<p><b>Interaction entre un pulse laser femtoseconde et une particule sphérique : champs internes et champs proches.</b>  L. MEES , S. MEUNIER-GUTTIN-CLUZEL, K.F. REN, G. GOUESBET ET G. GREHAN ; LESP, Université et INSA de Rouen.</p>
14h20 - 14h40	<p><b>Granulométrie de particules submicroniques par analyse de la polarisation d'un rayonnement diffusé.</b>  P. HERVE , F. HOU ; LEEE, Université Paris X.</p>
14h40 - 15h00	<p><b>Atomisation de liquide : post-traitement des séries temporelles issues de jets complexes.</b>  G. BOULNOIS (1), W. LIU (2), S. MEUNIER-GUTTIN-CLUZEL (1), G. GOUESBET (1) , G. GREHAN (1)  ; (1) LESP, Université et INSA de Rouen ; (2) Dept. Aerospace Technology, National University of Defense Technology Changsha, Chine.</p>
15h00 - 15h20	<p>VISITE DE L' EXPOSITION ET PAUSE - CAFÉ.</p>
15h20 - 15h40	<p><b>Etude des dépôts par thermophorèse de particules microniques au sein d'une conduite de section rectangulaire.</b>  B. ASSAF, J.L. TANGUIER, M.O. RIGO, A. ZOULALIAN LERMAB, Université Henri Poincaré Nancy.</p>

15h40 - 16h00	<p><b>Mesure du réentraînement par écoulement d'air d'un dépôt de poudre polydispersée.</b>  L. ALLOUL-MARMOR* (1) (2), O. WITSCHGER (1), A. RENOUX (2) ET J. MONNATTE (3) ; (1) IPSN,  Laboratoire de Physique et Métrologie des Aérosols et du Confinement, Gif sur Yvette ; (2) LPATC,  Université Paris XII (3) COGEMA, Saint Quentin en Yvelines.</p>
16h00 - 16h20	<p><b>DISCO : Une enceinte expérimentale pour l'étude de la dispersion de contaminant - application à la chute de poudres.</b>  F. GENSDARMES (1), O. WITSCHGER (1), G. BASSO (1) ET J. MONNATTE (2) ; IPSN, Laboratoire de Physique et Métrologie des Aérosols et du Confinement, Gif-sur-Yvette ; (2) COGEMA, Saint Quentin en Yvelines.</p>
16h20 - 16h40	<p><b>Charge de particules submicroniques dans une décharge : conditions de fonctionnement du chargeur, effet de la forme des particules sur la loi de charge</b>  L. UNGER, J.P. BORRA ; Laboratoire de Physique des Gaz et des Plasmas, Ecole Supérieure d'Electricité.</p>
16h40 - 17h00	<p><b>Modélisation de la dynamique des aérosols : comparaison entre différents algorithmes.</b>  E.DEBRY(1), B. SPORTISSE (1) ; (1) Centre d'Enseignement et de Recherche sur l'Eau, la ville et l'environnement, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Champs sur Marne</p>

## COCKTAIL

MERCREDI 12 DÉCEMBRE 2001

9h00 - 9h40	<p><b>Conférence plénière Interactions aérosols – Climat.</b>  Y. BALKANSKI Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, Gif-sur-Yvette</p>
	<p><b>AEROSOLS ET ENVIRONNEMENT</b></p> <p>Présidents de Séance : G. TYMEN, N. MICHIELSEN.</p>
9h40 - 10h00	<p><b>Esquif 2000 : Surveillance des aérosols en région Ile de France.</b>  H. RANDRIAMIARISOA (1), P. CHAZETTE (1), J. SANAK(1), C. FLAMANT (2), P. MARNAY (1), J. PELON (2), M. SICARD (2), H. CAHIER (1), F. AULAGNIER (1), R. SARDA-ESTEVE (1), L. GOMES (3), S ; S. ALFARO (3), A. GAUDICHET (3) , Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement,  CE-Saclay, (2) Service d'Aéronomie du CNRS, Paris (3) LISA, Univ. Paris XII.</p>

10h00 - 10h20	<b>Fractionnement des particules dans un nuage à la station du Puy de Dôme.</b> R. DUPUY, K. SELLEGRI ET P. LAJ ; Laboratoire de Météorologie Physique, Université Blaise Pascal, Aubière.
10h20 - 10h40	<b>Variation rapide de la composition inorganique des aérosols lors d'escompte.</b> N.GUITARD, M. SCHULZ, H. CACHIER , Y. BALKANSKI ; LSCE/CFR, Gif sur Yvette.
10h40 - 11h10	VISITE DE L' EXPOSITION ET PAUSE - CAFÉ.
11h10 - 11h30	<b>Etude d'aérocontamination croisée d'aérosols entre l'extérieur et l'intérieur d'une station du métro parisien.</b> N. FISCHER (1,2), S. MAZOUÉ (1), A. RENOUX (2) ; (1) RATP, Département Sécurité et Environnement, Paris ; (2) LPATC, Université Paris XII.
11h30 - 11h50	<b>Caractérisation granulométrique des particules présentes dans un tunnel routier et relation avec la partition gaz-particules des composés aromatiques polycycliques : cas de l'A14 sous la défense.</b> J.P. QUISEFIT, S. GARIVAIT, E. STEINER, V. TESSAURO, NICOLAS GOUALIN ; LISA , Université Paris 7 et Paris XII.
11h50 - 12h10	<b>Dispositif expérimental pour l'étude de l'émission des aérosols fibreux par des matériaux de construction.</b> H. ANTOINE(1;2), D. LARZILLERE(1) ; (1) CSTB, Champs sur Marne. (2) Université Denis Diderot – Paris VII.
12h10 - 14h10	<b>DEJEUNER</b>
13h30 - 14h10	ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DE L'ASFERA
	<b>METROLOGIE DES AEROSOLS ET INSTRUMENTATION</b>  Présidents de Séance : P. GORNER, V. MOCHO.
14h10 - 14h30	<b>Principe d'un compteur à flux continu de particules par condensation d'humidité ambiante.</b> E. GEHIN (1), B.GAFFET (2), A. RENOUX (3) ; (1) CERTES, Université Paris XII, (2) CERAMO Ingénierie, La Rochette, (3) LPATC, Université Paris XII.

14h30 - 14h50	<p><b>Mesure du taux de renouvellement d'un aérosol dans une enceinte ventilée.</b>  C. PREVOST (1), L. PAUGAN (2), J.C. LABORDE (1) ; (1) IPSN, Laboratoire d'Etude des transferts de Contamination, Epuration et Ventilation, CEA-Saclay ; (2) LPATC, Université Paris XII.</p>
14h50 - 15h10	<p><b>Un nouvel instrument pour mesurer la distribution dimensionnelle de la fraction non-attachée des produits à vie courte du radon-222.</b>  N. MICHIELSEN(1), V. VOISIN(1) ET G. TYMEN(2) ; (1) IPSN, CEA-Saclay ; (2) Laboratoire de Recherches Appliquées Atmosphère-Hydrosphère, Université de Bretagne Occidentale.</p>
15h10 - 15h30	<p>VISITE DE L' EXPOSITION ET PAUSE - CAFÉ.</p>
15h30 - 15h50	<p><b>Sélection aérodynamique des particules d'un aérosol à l'aide de mousses poreuses en polyuréthane.</b>  P.GÖRNER (1), R.J. AITKEN (2), L.C. KENNY (3), C. MOEHLMANN (4), R. WROBEL (1), J.-F. FABRIES (1) ; INRS, Vandoeuvre ; (2) IOM, Grande Bretagne ; (3) HSE, Grande Bretagne ; (4) BIA, Allemagne.</p>
15h50 - 16h10	<p><b>Développement d'un outil pour l'évaluation in situ des performances des échantillonneurs individuels d'aérosols.</b>  O. WITSCHGER*(1), D. MARK (2), R.J. AITKEN (3), G. BEAUMONT (3), G. LIDÉN (4), W. KOCH (5), H. KOMHOUT (6), C.P. CHALMERS (7). (1) Laboratoire de Physique et Métrologie des Aérosols et du Confinement, CEA/ Saclay ; (2) Health and Safety Laboratory, UK ; (3) Institute of Occupational Medicine, Edinburgh ; (4) National Institute for Working Life, Sweden ; (5) Fraunhofer Institut für Toxikologie und Aerosolforschung (FHG), Hannover ; (6) Environmental and Occupational Health Group, Department of Environmental Sciences, The Netherlands ; (7) DataStat Consultants, London.</p>
16h10 -16h30	<p><b>Performance d'échantillonnage de préleveurs individuels d'aérosols en environnement d'air calme et à proximité d'une source de contamination.</b>  O. WITSCHGER*(1), S. FAUVEL (1), G. BASSO (1) ET S. GRINSHPUN (2) ; (1) Laboratoire de Physique et Métrologie des Aérosols et du Confinement, CEA/Saclay, (2) Aerosol Research and Exposure Assessment Laboratory, University of Cincinnati.</p>
16h30 – 16h50	<p><b>Filtration des aérosols solides microniques et submicroniques sur média plans : influence de la vitesse de filtration</b>  J-C. Appert-Collin*(1), E. Mailfert(1), P. Contal(1), S. Calle(1) et D. Thomas(1). Laboratoire de Filtration des Aérosols – LSGC/CNRS – UHP – 1, rue Grandville – BP 451 – 54001 Nancy Cedex.</p>
16h50	<p><b>Conclusion des Journées</b> par le Dr. D. BOULAUD, président de l'ASFERA.</p>

## MISE AU POINT ET EVALUATION D'UN NOUVEAU NEBULISEUR POUR ADMINISTRER LA TOBI™

L. Vecellio None(1,2), D. Grimbert(1) J. Bordenave(3), G. Benoit(3), G. Chantrel(2), P.Diot(1).

(1) INSERM EMI-U 00-10, Groupe de Pneumologie et Imagerie de Ciblage, CHU Bretonneau, 37044 TOURS Cedex.

(2) La Diffusion Technique Française, 114-120 rue Bergson, 42003 Saint Etienne Cedex

(3) Service Pharmacie, Hôpital Trousseau, PARIS

### Introduction :

L'objectif de notre étude était d'améliorer les performances du nébuliseur NL9® (La Diffusion Technique Française, Saint Etienne, France) afin d'optimiser l'efficacité du traitement avec un aérosol de Tobit™ (Pathogenesis, USA) chez des patients atteints de Mucoviscidose. La performance des nébuliseurs est déterminée par la quantité de médicament sous forme d'aérosol susceptible de se déposer dans les poumons du patient (masse respirable). La masse respirable (MR) est le produit de la masse inhalable (MI) de médicament susceptible d'être inhalée par la fraction respirable (FR) de particules constituant l'aérosol susceptible de se déposer dans les poumons.

### Matériel et méthode :

La première étape de notre étude consistait à étudier le fonctionnement du nébuliseur NL9®. Nous avons d'une part analysé les différents mécanismes intervenant dans la génération de l'aérosol et d'autre part étudié le comportement du nébuliseur face à un respirateur modélisant une respiration humaine. La deuxième étape de notre étude consistait à améliorer la dose et le débit de médicament généré par le nébuliseur NL9®. Les performances du nouveau nébuliseur (NL9T®) étaient ensuite comparées à celles nébuliseur de référence (1) (PariLC+®, Pari, Allemagne) pour administrer la Tobit™. La MI de Tobit™ nébulisée à l'air libre était déterminée par gravimétrie corrigée de la concentration de Tobit™ en fin de nébulisation (dosage HPLC). La FR des particules (entre 1 micromètre et 5 micromètres) était déterminée par diffraction laser.

### Résultats :

Avec la solution de Tobit™, les performances du nouveau nébuliseur NL9T® (MR=85.1 milligrammes) étaient supérieures de 19% à celles du nébuliseur Pari LC+® (MR=71.4 milligrammes) (1).

T.A. Standaert et al 2000. The choice of compressor effects the aerosol parameters and the delivery of Tobramycin from a single model nebulizer. .J Aerosol. Med. 13. 147-153

## DETERMINATION EXPERIMENTALE DE L'EFFICACITE PHYSIQUE D'ECHANTILLONNAGE DE DEUX ECHANTILLONNEURS DE BIOAEROSOLS

J.F. Fabriès\*, R. Wrobel, P. Görner

Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS), BP 27, 54501 Vandoeuvre

Les échantillonneurs de micro-organismes dispersés dans l'air sous forme de bioaérosols permettent de collecter ceux-ci sur un support de gélose nutritive dont l'incubation aboutit à la croissance de colonies. Le dénombrement des colonies formées et la connaissance du volume d'air échantillonné conduisent à la concentration en micro-organismes revivifiables dans l'air. Les appareils du type impacteur multi-orifices à un étage représentent actuellement l'une des catégories d'échantillonneurs les plus utilisées en raison de leur compacité et de leur commodité d'utilisation.

Nous avons pu mesurer l'efficacité physique d'échantillonnage dans l'air calme de deux appareils de conception récente : l'appareil MAS-100 (Merck, Darmstadt, Allemagne) et l'appareil M Air T (Millipore, USA). Ces appareils sont munis d'une grille comportant de nombreux orifices à travers lesquels s'écoule l'aérosol aspiré au moyen du ventilateur interne. Les particules sont précipitées par impaction sur le support de gélose positionné sous la grille. L'appareil M Air T fonctionne séquentiellement avec deux valeurs du débit. Le montage expérimental consistait à associer une configuration d'échantillonnage à un analyseur à temps de vol Aerosizer® (Amherst Process Instruments, Inc., Hadley, MA) capable de mesurer la concentration de l'aérosol en sortie de dispositif d'échantillonnage suivant plusieurs tranches granulométriques adjacentes. Quatre configurations successives du montage ont été utilisées pour chaque appareil : deux configurations de référence correspondant à deux altitudes différentes dans le tunnel d'essai, la grille seule, et enfin la grille associée au support de gélose. Cette disposition permet de mesurer l'efficacité de passage des particules à travers les orifices et l'efficacité d'échantillonnage sur le support par rapport à l'aérosol ambiant. L'aérosol d'essai était un aérosol de microsphères de verre. Pour chaque configuration deux séries de deux mesurages successifs ont été réalisées, le même support de gélose n'étant utilisé que pour une seule série. Trois expériences indépendantes ont été effectuées pour le même échantillonneur.

Les résultats montrent que l'efficacité d'échantillonnage passe par un maximum. Vers les faibles diamètres aérodynamiques de particules le phénomène limitant est l'impaction sur la gélose. Le diamètre de coupure de l'appareil MAS-100 est proche de la valeur théorique égale à 1,63 micromètres (Marple, 1970). Celui de l'appareil M Air T est de l'ordre de 2,2 micromètres indépendamment du débit. Au-delà de 8 micromètres environ la grille arrête partiellement les particules, provoquant ainsi une diminution de l'efficacité d'échantillonnage.

Marple, V.A. (1970) A fundamental study of inertial impactors. Ph.D. thesis, Un. Minnesota, USA.

## RADON ET THERMALISME

R. Améon

Service d'Etudes et de Recherches sur la Géosphère et l'Elimination des Déchets. Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire, DPRE/SERGD, CEA Fontenay-aux-Roses, BP 6, 92265 Fontenay-aux-Roses

Depuis ses origines, l'homme est exposé à des rayonnements ionisants, issus de diverses sources naturelles. Le radon, gaz naturel radioactif, intervient pour une part importante de cette exposition. La directive 96/29/Euratom a identifié le thermalisme comme étant une activité professionnelle pendant laquelle les travailleurs sont exposés à des sources naturelles de rayonnement. En effet, la radioactivité des eaux minérales est en relation directe avec la nature géologique des roches traversées par ces eaux tout au long de leur périple jusqu'à la surface. Elle se charge en divers radioéléments et notamment de radon. Les activités volumiques du radon mesurées dans les eaux thermales françaises et étrangères s'échelonnent de la centaine à plusieurs dizaines de milliers de Becquerel par litre d'eau. De part l'utilisation qui en est faite lors des soins thérapeutiques, le radon dissous dans l'eau thermale se retrouve par dégazage dans l'atmosphère intérieure des différents locaux des stations thermales. Selon le type de soins pratiqués, l'activité volumique de radon dans l'air est très variable ; elle est tributaire de deux facteurs, l'alimentation en eau thermale et donc en radon et la ventilation des différents locaux. Elle est de l'ordre de plusieurs milliers de Becquerel par mètre cube d'air dans les salles d'hydrothérapie et peut atteindre la centaine de milliers Becquerel par mètre cube d'air dans certaines grottes thermales. Sur ces bases, des évaluations dosimétriques réalisées sur les différentes catégories de personnels des stations ainsi que sur les curistes montrent que l'exposition des travailleurs peut atteindre plusieurs dizaines de milliSievert par an tandis que celle des curistes est généralement inférieure à deux milliSievert par an.

## ETUDE ET COMPREHENSION DES PHENOMENES ENVIRONNEMENTAUX REGISSANT LA COLONISATION DES ENVIRONNEMENTS INTERIEURS ,PAR LES AEROSOLS FONGIQUES

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

(1) Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, 77420 Champs sur Marne. (2) Laboratoire de Physique des Aérosols et de Transfert des Contaminations, Université Créteil-Paris XII, 94010 Créteil.

Les moisissures sont des biocontaminants courants des environnements intérieurs. Leur développement dans les locaux entraîne le plus souvent outre, la biodégradation des produits de construction colonisés par ces microorganismes, l'apparition de maladies chez les occupants. Les facteurs environnementaux régissant le développement fongique dans les bâtiments sont multiples et, hormis la température et l'humidité, largement incriminées dans la croissance de ces microorganismes, il faut souligner le rôle des nutriments et de l'eau libre dans certains matériaux supports et plus largement les relations parfois complexes du système particule biologique / support dans son milieu.

Dans le cadre de cette étude, l'attention a été portée sur deux des étapes conditionnant la prolifération des moisissures : la bio-adhésion sur les surfaces de ces microorganismes aéroportés et leur croissance selon les conditions environnementales et la nature du support contaminé. Cette étude a nécessité l'élaboration d'un montage expérimental destiné à simuler l'aérobiocontamination des matériaux par un aérosol fongique stable et reproductible.

Les souches utilisées pour ce travail (*Aspergillus niger*, *Penicillium brevicompactum* et *Cladosporium sphaerospermum*) ont été sélectionnées parmi les espèces fongiques les plus couramment isolées dans les habitations et reconnues responsables de maladies chez les personnes (allergies, toxico-infections, irritations).

Une procédure d'aérocontamination des surfaces par des conidies d'*Aspergillus niger* a démontré qu'elles adhèrent préférentiellement sur le PTFE puis sur le PVC et enfin le verre, résultats en accord avec leurs caractéristiques de surface à savoir que l'adhésion des conidies est proportionnelle à l'hydrophobicité des supports.

L'étude de la croissance fongique a été réalisée à partir de la contamination aérienne d'un matériau test, initialement inerte et auquel nous imposons plusieurs paramètres physico-chimiques (concentrations de carbone et d'azote, quantité d'eau libre, pH).

Cette étape a nécessité la mise au point de techniques d'évaluation de la biomasse fongique (dosage chromatographique d'une molécule spécifique des moisissures : l'ergostérol).

Les résultats obtenus ont permis l'élaboration d'un modèle expérimental de croissance fongique qui rend compte du poids de chacun de ces facteurs dans le développement des moisissures considérées. Ce modèle devra être par la suite validé pour des matériaux réels des environnements intérieurs.

## EVALUATION SUBJECTIVE DES NIVEAUX D'EXPOSITION AUX POSTES DE TRAVAIL. DESCRIPTION D'UNE METHODE.

A. de Reydellet (1), F. Deschamps (1), P. Fogel (2), P. Brochard (3), G. Duval-Arnould (4)  
(1) Saint-Gobain Insulation, 92096 La Défense. (2) Consultant, 75005 Paris. (3) Groupe Hospitalier Pellegrin, 33076 Bordeaux. (4) Saint-Gobain, 92096 La Défense.

Saint-Gobain Isover a mis en place depuis 1994 un suivi médical et professionnel pour l'ensemble des salariés des cinq sites de production en France de laine d'isolation, laine de verre ou laine de roche. Ce suivi a pour but d'améliorer les conditions de travail des salariés par une meilleure connaissance de leur exposition et des impacts potentiels sur la santé.

Un des aspects de cette étude est la quantification historique du niveau d'exposition aux postes de travail afin de pouvoir retracer pour chaque salarié un profil d'exposition portant sur l'intégralité de sa carrière. C'est la matrice emploi/exposition.

Pour arriver à cette quantification, Saint-Gobain Isover a décidé de mettre au point une méthode subjective basée sur l'observation : la méthode ISOVER. Elle est basée sur une démarche en 3 étapes : l'observation du poste de travail. Chaque poste de travail est décomposé en opérations élémentaires ou O.E, c'est à dire en tâches essentielles réalisées par l'employé lors d'une journée de travail représentative. Pour chacune de ces opérations élémentaires, à l'aide d'une grille d'évaluation, le niveau d'exposition est estimé. L'exposition moyenne du poste (8 heures de travail) est calculée à partir des niveaux d'exposition et de la durée de chaque opération élémentaire.

La méthode Isover a été utilisée pour les substances suivantes : fibres (verre et roche), poussières, formaldéhyde, phénol, ammoniac et bitume.

Elle a aussi été employée pour estimer les niveaux d'exposition des postes de travail dans le passé, sur la base de la mémoire d'un groupe de personnes en remplacement de l'observation.

Cette méthode a plusieurs intérêts par rapport à une métrologie :

- elle permet d'avoir une idée plus précise du contenu de chaque poste de travail grâce à sa décomposition et à l'observation de chaque opération élémentaire.
- elle permet d'intégrer une partie des variations d'un poste de travail qui dépendent des types de produits fabriqués, de la polyvalence, ...
- elle est moins gênante pour les salariés car il n'y a pas d'équipement à porter.

Elle a par contre des inconvénients comme sa subjectivité.

Cette méthode a été évaluée en comparant des estimations réalisées par différentes personnes et en comparant les estimations d'exposition aux données métrologiques obtenues lors des différentes campagnes de prélèvements. Les résultats montrent que malgré une dispersion importante au sein des mêmes niveaux d'exposition, la corrélation existant entre les estimations et les mesures est satisfaisante.

## DIFFUSION DES ONDES ELECTROMAGNETIQUES PAR UN SPHEROIDE : SOLUTION RIGOUREUSE

Y. Han (1), K.F. Ren \* (2), L. Méès (2), G. Gouesbet (2) et G. Gréhan (2)

1) Laboratoire de Radiophysique, Université de Xidian, Xi'an, Chine

2) LESP, UMR CNRS 6614/CORIA Université et INSA de Rouen, Site du Madrillet, Avenue de l'Université, BP 12 76801 Saint Etienne du Rouvray

Les aérosols d'origine naturelle ou humaine possèdent de nombreuses formes. Leurs propriétés vis à vis des ondes électromagnétiques sont cependant calculées et expliquées en faisant l'hypothèse d'une forme sphérique parfaite, ce qui permet d'appliquer la théorie de Lorenz-Mie, pour laquelle de nombreux codes numériques sont désormais disponibles.

Ce cadre a permis de développer des techniques de diagnostics performantes telles que celles basées sur les résonances morphologiques qui permettent de mesurer l'évaporation d'une ligne de gouttes d'une dizaine de microns [1].

Cependant, la mesure de gouttes déformées par un écoulement ou des forces électrostatiques nécessite de quantifier la dégénérescence des modes propres [2].

Dans notre contribution aux Journées de l'ASFERA, nous nous focaliserons sur les différences entre l'interaction d'un faisceau laser avec une sphère ou un sphéroïde. Les implications de ces différences de comportement sur la diffusion d'un pulse court (femtoseconde) seront discutées [3].

[1] G. Chen, Md M. Mazunder, R.K. Chang, J.C. Swindal and W.P. Acker, Laser diagnostics for droplets characterization: application of morphology dependent resonances, Prog. Energy Combustion Sci., vol 22, pp. 163-188, 1996

[2] M.M. Mazumder, D.Q. Chowdhury, S.C. Hill et R.K. Chang, Optical resonances of a spherical dielectric microcavity: effects of perturbations, dans Optical process in microcavities édité par R.K. Chang et A.J. Campillo, World Scientific, pp209-256 (1996)

[3] Y. Han et Z. Wu, Scattering of a spheroidal particle illuminated by a Gaussian beam, Applied Optics-LP, vol. 40, n 15, 2501-2509

## INTERACTION ENTRE UN PULSE LASER FEMTOSECONDE ET UNE PARTICULE SPHERIQUE : CHAMPS INTERNES ET CHAMPS PROCHES

L. Méès \* , S. Meunier-Guttin-Cluzel, K.F. Ren, G. Gouesbet et G. Gréhan

LESP, UMR CNRS 6614/CORIA, Université et INSA de Rouen, Site du Madrillet, Avenue de  
l'Université, BP 12, 76801 Saint Etienne du Rouvray

La caractérisation ainsi que la fabrication de certains aérosols impliquent couramment l'usage de faisceaux lasers continus ou pulsés. La description de l'interaction entre l'onde électromagnétique et la (les) particule(s) s'appuie sur la théorie de Lorenz-Mie qui décrit l'interaction d'une onde continue et d'une sphère. Les diagrammes de diffusion sont caractérisés par de nombreux lobes créés par les interférences entre les rayons ayant suivi différents chemins optiques.

Cependant, il existe actuellement des sources laser pour lesquelles la durée du pulse, de l'ordre de la centaine de femtoseconde, est suffisamment courte pour que des phénomènes couramment admis comme simultanés soient temporellement stratifiés. De plus la forte intensité et une faible énergie associées à ces pulses induisent des phénomènes non linéaires importants.

Ces particularités font des pulses femtosecondes un outil particulièrement innovant pour l'étude d'aérosols individuels ou de nuages d'aérosols.

Notre contribution aux journées de l'ASFERA portera sur la description rigoureuse de l'interaction entre un pulse de soixante-dix femtosecondes et une goutte d'eau de cent microns. Nous nous attacherons à la description du champ interne à la goutte (source des effets non linéaires) et du champ diffusé proche. La contribution sera illustrée par une animation vidéo permettant de visualiser la physique de cette interaction. La discussion sera orientée vers les différences entre une description électromagnétique et une description limitée à l'optique géométrique.

## Granulométrie de Particules Submicroniques par Analyse de la Polarisation d'un Rayonnement Diffusé.

P. Hervé et F. Hou.

Laboratoire d'Energétique et d'Economie d'Energie. Université PARIS X. 1 chemin Desvillières 92410 Ville d'Avray.

La méthode qui a été développée permet de visualiser la position et la taille de particules dont le diamètre est compris entre 200 Å et 10000 Å (1 µm). Ces particules sont les plus dangereuses dans les pollutions engendrées par les combustions (fuel, charbon ...) car elles pénètrent irréversiblement au fond des alvéoles pulmonaires.

Le nuage de particules est illuminé par la lumière cohérente et monochromatique d'une diode laser ( $\lambda = 0,68 \mu\text{m}$ ). La lumière diffusée a un taux de polarisation qui dépend du paramètre de taille  $\alpha = \pi D/\lambda$ . Dans le cas de ces particules submicroniques le paramètre de taille est compris entre 0,1 et 4 et le taux de polarisation se calcule à partir de la théorie de MIE. Le taux de polarisation dans ce domaine de paramètre de taille dépend du diamètre recherché mais aussi de l'indice complexe des particules. L'erreur, en pratique secondaire due à la méconnaissance de l'indice complexe est analysée dans ce papier.

Un appareillage transportable a été réalisé, basé sur une caméra ayant une grande dynamique de mesure. Un polariseur de type WOLLASTON forme deux images polarisées de la lumière diffusée du nuage sur la matrice de la caméra. Un logiciel a été développé permettant d'obtenir une vue spatiale de la distribution des particules en affectant à chacune de ces particules un diamètre calculé à partir du taux de polarisation. Le système peut être comparé à un microscope qui aurait un pouvoir de résolution de 100 Å. A partir de ces images qui peuvent être intéressantes pour étudier un écoulement gazeuxensemencé par des particules, une analyse statistique donne la répartition granulométrique. Des résultats sont présentés sur des effluents gazeux de moteurs et sur des pollutions naturelles (fumée de cigarettes, etc.).

## ATOMISATION DE LIQUIDE : POST-TRAITEMENT DES SERIES TEMPORELLES ISSUES DE JETS COMPLEXES

G. Boulnois \* (1), W. Liu (2), S. Meunier-Guttin-Cluzel (1), G. Gouesbet (1) et G. Gréhan (1)

1)LESP/UMR CNRS 66146-CORIA Université et INSA de Rouen, Site du Madrillet, Avenue de l'Université, BP 12 76 801 Saint Etienne du Rouvray, France Tel : 33 2 32 95 36 29 Fax : 33 2 32 95 37 94

2) Dept. Aerospace Technology, National University of Defense Technology Changsha, 41 00 73, Chine

La granulométrie phase Doppler permet de mesurer la taille et la vitesse (1, 2 ou 3 composantes) de gouttes liquides en écoulement. Ces mesures individuelles sont souvent présentées sous la forme d'histogrammes, représentés en fonction du temps ou post-traités avec des outils classiques tels que la FFT.

Cependant, de nombreux écoulements sont suffisamment complexes pour que ces outils ne permettent pas d'extraire une caractérisation utile (suffisante).

En illustrant notre propos par l'étude d'un jet créé par un atomiseur acoustique, nous introduirons des outils d'analyse issus de la dynamique des systèmes complexes (comme coupes de Poincaré, portraits de phase, ...)

Ces outils ont été implantés dans un logiciel convivial de post-traitement. Les performances de l'approches seront comparées à celles d'approches plus classiques type FFT.

## ETUDE DES DEPOTS PAR THERMOPHORESE DE PARTICULES MICRONIQUES AU SEIN' D'UNE CONDUITE DE SECTION RECTANGULAIRE

B. Assaf, J.L. Tanguier, M.O. Rigo, A. Zoulalian

LERMAB, UMR INRA 1093, Université Henri Poincaré Nancy 1, BP 239, 54506 Vandoeuvre les  
Nancy, France

La circulation de gaz chargés de micro particules dans divers dispositifs industriels tels que les échangeurs de chaleur, les conduits de fumées, les turbines a gaz, etc... est accompagnée de dépôts des micro particules qui peuvent diminuer les performances des dispositifs, voire altérer leur fonctionnement. L'élimination des dépôts nécessite l'arrêt des unités de production et la remise en état est une opération souvent coûteuse du fait du manque a produire qu'elle induit. Parmi les phénomènes qui sont a l'origine des dépôts, il convient de citer l'impaction, la diffusion brownienne et/ou turbulente, la sédimentation, la précipitation électrique, la thermophorèse... Une meilleure connaissance des mécanismes physiques a l'origine de ces dépôts permet de mieux les estimer et donc de les réduire ou de les accroître en fonction des circonstances. De plus, certains d'entre eux peuvent jouer un rôle prépondérant et c'est le cas de la thermophorèse en présence d'un gradient élevé de température. Le travail de recherche développe ci-après s'inscrit dans ce cadre, les dépôts par thermophorèse étant étudiés lors d'un écoulement d'un gaz chargé de particules microniques dans une conduite cylindrique de section rectangulaire. Le choix géométrique permet de représenter quelques situations industrielles mais il présente l'avantage de faciliter la modélisation des phénomènes. La conduite rectangulaire est constituée de deux plaques rectangulaires de dimensions de 0,14 m de hauteur et de 1 m de longueur séparées par un espacement de 0,005 m. Une des deux plaques est chauffée par l'intermédiaire d'un tissu résistant élastique et la température de la plaque chaude a été fixée à 160°C. La deuxième plaque (plaque froide) est maintenue a une température de 30°C par l'intermédiaire d'une circulation d'eau provenant d'un bain thermostaté. Des particules de chlorure de sodium de diamètre médian en masse 3 µm sont générées dans le gaz d'alimentation par l'intermédiaire d'une buse de pulvérisation et d'un four éliminant l'eau des gouttes formées. La concentration de particules varie dans une gamme de 700 a 1850 particules/cm<sup>3</sup> pour un débit volumique de gaz compris entre 10 et 60 l/min (mesure à la pression atmosphérique et a la température ambiante). L'écoulement du gaz dans la conduite rectangulaire est laminaire et la zone de dépôt est reliée a des conduites cylindriques circulaires par l'intermédiaire d'un divergent et d'un convergent qui permettent d'atténuer, voire d'éviter les effets de bout. Les dépôts des micro particules sont mesurés en fonction du débit de gaz vecteur dans la zone de thermophorèse et dans les zones situées en amont et en aval de la zone d'étude. La connaissance des masses déposées permet de quantifier l'effet thermophorétique et de calculer une vitesse moyenne de dépôt par thermophorèse que l'on peut comparer a la valeur théorique évaluée a l'aide de la relation de Talbot.

## MESURE DU REENTRAINEMENT PAR ECOULEMENT D'AIR D'UN DEPOT DE POUDRE POLYDISPERSEE

L. Alloul-Marmor\* (1) (2), O. Witschger (1), A. Renoux (2) et J. Monnatte (3)

(1) Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire (IPSN) Laboratoire de Physique et Métrologie des Aérosols et du Confinement, DPEA/SERAC, CEA-Saclay, 91191 Gif sur Yvette Cedex. (2) Université Paris XII, Laboratoire de Physique des Aérosols et de Transfert des Contaminations. Av. du Général de Gaulle, 94010 Créteil Cedex. (3) COGEMA, Direction Sûreté Sécurité Qualité.1, rue des Hérons, 78182 Saint Quentin en Yvelines Cedex.

Le réentraînement par écoulement d'air de particules issues d'un dépôt de poudre déposé sur une surface est un sujet complexe qui intervient dans différents domaines, tels que la sûreté nucléaire, la pollution de l'air, le transport éolien de sédiments ou bien encore la contamination de surface.

On trouve dans la littérature un grand nombre d'études théoriques et expérimentales traitant des divers aspects de ce sujet (Ziskind et al., 1995). Cependant, il existe encore de nombreuses zones d'ombres lorsque l'on prend en compte les paramètres relatifs au dépôt, aux particules de la poudre, à la surface, à l'écoulement d'air et aux facteurs environnementaux. L'objectif de ce travail est donc d'améliorer la connaissance des paramètres fondamentaux qui gouvernent le processus de réentraînement d'un dépôt de poudre polydispersée, d'une part en apportant des résultats expérimentaux, d'autre part en proposant une modélisation semi-empirique décrivant le phénomène.

Une installation expérimentale (BISE) et une série d'expériences ont été conçues et réalisées dans notre laboratoire afin d'étudier le réentraînement d'un dépôt conique de poudres polydispersées de différentes tailles (diamètres compris entre 5 et 60 micromètres) exposé à un écoulement d'air horizontal et turbulent (vitesses d'air comprises entre 0,5 et 10 m/s). Sur huit paramètres retenus dans le plan d'expérience, il ressort que la vitesse de l'air et la granulométrie de la poudre sont les deux paramètres prépondérants. De plus, une forte interaction entre ces deux paramètres a été mise en évidence.

Suite à ces premiers résultats, nous présentons l'étude spécifique effectuée sur l'influence de la vitesse et de la granulométrie. Ces résultats nous permettent de définir une vitesse seuil par classe granulométrique. Basée sur l'ensemble de nos résultats expérimentaux, nous proposons ensuite une modélisation semi-empirique du réentraînement, élaborée en fonction des paramètres les plus influents de notre étude.

Ziskind, G., Fichman, M., Gutfinger, C. (1995) Resuspension of particulates from surfaces to turbulent flows. Review and analysis. *J. Aerosol Sci.*, 26, 613-644.

## DISCO : UNE ENCEINTE EXPERIMENTALE POUR L'ETUDE DE LA DISPERSION DE CONTAMINANT - APPLICATION A LA CHUTE DE POUDRES

F. Gensdarmes (1), O. Witschger (1), G. Basso (1) et J. Monnatte (2)

(1) Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire, Laboratoire de Physique et Métrologie des Aérosols et du Confinement. IPSN/DPEA/SERAC - CEA/Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette cedex. (2) COGEMA, Direction Sûreté Sécurité Qualité. 1 rue des Hérons, 78182 Saint Quentin en Yvelines cedex.

Un programme de recherche, en cours à l'IPSN et en partenariat avec la COGEMA, a pour objectif de constituer une base de données de coefficients de mise en suspension permettant de caractériser les différentes sources potentielles de contamination dans les laboratoires et usines du cycle du combustible nucléaire. Les résultats obtenus sont alors utilisés dans les études de sûreté des installations nucléaires, notamment pour déterminer des termes sources en condition opérationnelle ou bien en condition accidentelle de l'installation.

Un point particulier de ce programme de recherche porte sur la mise en suspension de particules lors de la chute d'une poudre à l'intérieur d'une enceinte de confinement. Dans ce cas, on cherche à caractériser la fraction de poudre qui reste en suspension après la chute. Nous privilégions, dans un premier temps, une approche globale du phénomène qui permet de déterminer la masse de poudre mise en suspension en fonction de divers paramètres expérimentaux tels que : la hauteur de chute, la masse initiale de poudre, sa granulométrie, le type de verseur de poudre, les conditions aérauliques dans l'enceinte... Cette approche permet de calculer des coefficients de mise en suspension pour des situations représentatives des procédés rencontrés dans l'industrie nucléaire. La seconde approche consiste à comprendre et à étudier les mécanismes de mise en suspension entrant en jeu dans de telles situations. Pour cela, nous étudions l'évolution et la répartition de la contamination dans l'enceinte, ainsi que la granulométrie des particules mises en suspension.

Pour ce faire, nous avons dimensionné et réalisé une enceinte d'étude de la DISpersion de COntaminant (DISCO). Cette enceinte permet de faire varier plusieurs paramètres expérimentaux comme la hauteur de chute, le volume d'essai et les conditions aérauliques. Elle est équipée de différents systèmes de prélèvement d'aérosols permettant de déterminer la masse de particules en suspension, les concentrations locales de particules ainsi que leur granulométrie. Nous avons réalisé des essais de qualification avec de la poudre d'alumine polydispersée de diamètre médian en masse égal à 3,2 micromètres. Les chutes sont réalisées avec une masse de 100 g de poudre, larguée d'une hauteur de 3 mètres. Les mesures de mise en suspension ainsi réalisées permettent d'une part, de qualifier les techniques de métrologie mises en oeuvre, d'autre part, de déterminer la reproductibilité des expériences.

## CHARGE DE PARTICULES SUBMICRONIQUES DANS UNE DECHARGE :

- CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT DU CHARGEUR
- EFFET DE LA FORME DES PARTICULES SUR LA LOI DE CHARGE

L. Unger, J.-P. Borra

Laboratoire de Physique des Gaz et des Plasmas, Equipe Décharges Electriques et Environnement, UMR 8578 du CNRS, Ecole Supérieure d'Electricité, Plateau de Moulon, 91192 Gif-sur-Yvette CEDEX

Cette étude porte sur la caractérisation électrique et granulométrique d'un chargeur de type fil-cylindre et sur la synthèse des contraintes physiques liées à l'utilisation des aérosols dans une décharge : (i) phénomènes de polarisation des surfaces isolantes du chargeur, (ii) dépôt de particules chargées sur les électrodes modifiant les conditions de charge des particules et (iii) production de particules parasites dans la décharge. Les niveaux de charges mesurés sur les particules dans des conditions de charge contrôlées et de mesures calibrées (pertes pendant le transport) permettent d'étudier l'influence des caractéristiques physiques de l'aérosol sur le niveau de charge des particules, et ainsi de préciser les lois de charges (selon le diamètre, la forme et la concentration des particules).

La première partie de cette étude a concerné la stabilisation d'une décharge électrique de polarité négative à pression atmosphérique (distance inter-électrodes de 15 mm) en présence de particules : le dépôt de particules chargées sur les électrodes induit une modification du fonctionnement de la décharge. Les mesures de nombre de charge moyen permettent de mettre en évidence l'existence d'une plage temporelle de fonctionnement stable (niveau de charge constant pendant un temps de l'ordre de 30 minutes avec un aérosol solide et de l'ordre de 10 heures avec un aérosol liquide), suivi d'une diminution temporelle du niveau de charge moyen acquis par les particules. Les mesures effectuées pendant la période de stabilité permettent de déterminer les lois de charges dans des conditions définies et stables.

L'étude du niveau de charge des particules en fonction des caractéristiques de l'aérosol est donc possible (ici, pour des concentrations de  $1e6$  particules/cm<sup>3</sup>, des débits inférieurs à 20 L/min et des diamètres compris entre 30 nm et 2 microns). Premièrement, pour des particules sphériques, les résultats apportent une confirmation de la validité de la loi de charge par champ pour décrire le niveau de charge des particules en fonction de leur diamètre, et du produit  $Ni \cdot t$  de la densité d'ions gazeux par le temps de passage. Deuxièmement, l'effet de la nature chimique des particules - aérosol salin (NaCl) ou d'huile (DEHS : Di-Ethyl-Hexyl-Sabaçate) - sur le niveau charge acquis au sein de la décharge permet de mettre en évidence l'importance de la forme des particules : les niveaux de charges atteints par les particules de NaCl sont plus élevés d'un facteur 2 que ceux obtenus avec les particules de DEHS, dans le cas des champs électriques intenses (de l'ordre de  $1e6$  V/m). La structure cubique des cristaux de NaCl permet d'expliquer le renforcement local du champ électrique conduisant à des niveaux de charges différents. La prise en compte du facteur de forme dans les lois de charge permettra d'étendre les domaines d'applications de ces lois de charges.

<sup>1</sup> WHITE H.J., *Industrial Electrostatic Precipitation*, Chap. 5, pp. 126-154, Addison-Wesley, New York, 1963

## MODELISATION DE LA DYNAMIQUE DES AEROSOLS : COMPARAISON ENTRE DIFFERENTS ALGORITHMES

E. Debry et B. Sportisse

Centre d'Enseignement et de Recherche sur l'Eau, la ville et l'environnement, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées (ENPC-CEREVE-Air team), rue Blaise Pascal, 77455 Champs sur Marne, France. debry@cereve.enpc.fr, sportiss@cereve.enpc.fr

Les aérosols atmosphériques sont aujourd'hui étudiés dans le cadre de la pollution atmosphérique. En effet, il apparaît qu'il y a de très fortes interactions entre les diverses phases de la matière atmosphérique, de plus les aérosols jouent un rôle crucial dans le bilan radiatif de l'atmosphère. L'impact des aérosols sur le bilan radiatif et leur nocivité éventuelle pour l'homme dépendent en grande partie de leur taille. Aussi est-il important de modéliser la distribution en taille des aérosols atmosphériques et les processus physiques qui font évoluer cette distribution: coagulation, condensation-évaporation, nucléation, dépôts...

Cette évolution est mathématiquement modélisée par la General Dynamics Equation (GDE) (Seinfeld and Pandis, 1998). On propose dans cette présentation une comparaison entre différents algorithmes utilisés pour résoudre cette équation.

La (GDE) couple différents processus physiques entre eux, le splitting est souvent utilisée afin de résoudre chaque processus séparément. La coagulation est par exemple souvent résolue grâce aux algorithmes de "size binning" (Jacobson et al., 1994). L'inconvénient de telles méthodes est leur manque de résultats théoriques de convergence, aussi est-il nécessaire de rechercher une méthode de référence.

On présente ici un algorithme stochastique (Debry et al., 2001) pour résoudre l'ensemble de la (GDE), basé sur le Massflow Algorithm tel que développé par Wolfgang Wagner dans (Eibeck and Wagner, 2000). Cette méthode dite de Monte Carlo permet d'obtenir une solution de référence dans des cas physiques pour lesquels il n'y a pas de solution analytique : coagulation brownienne, condensation-évaporation par diffusion limitée, nucléation.

Grâce à cette solution de référence il est possible de comparer les différentes méthodes déterministes existantes : le "size binning", la méthode des éléments finis qui permet également de résoudre la (GDE) de manière couplée, ainsi que les représentations multi-modales.

Debry, E., Jourdain, I. B., Sportisse, B. (2001). Modeling aerosol dynamics : a stochastic algorithm. (article en preparation)

A. Eibeck, W. Wagner (2000). Stochastic particle approximations for smoluchowski's coagulation equation. Technical report, Weierstrass-Institut for Applied Analysis and Stochastics. Preprint No. 585.

M., Jacobson, I.R., Turco, E., Jensen, O., Toon, O. (1994). Modeling coagulation among particles of different composition and size. Atmospheric Environment, 28(7):1327-1338.

J., Seinfeld, S., Pandis, S. (1998). Atmospheric chemistry and Physics. Wiley-interscience.

## INTERACTIONS AEROSOLS - CLIMAT.

Y. Balkanski \*(1).

(1) Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, l'Orme des Merisiers Bât. 709, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex

Les changements de la composition de l'atmosphère ont un impact sur les principales composantes du système terre que sont l'atmosphère, la biosphère continentale et l'océan. Bien que de telles variations se soient produites naturellement lors de la vingtaine de glaciations de ces derniers millions d'années, les modifications apportées par l'homme sont soudaines à l'échelle géologique et conduisent aux concentrations en gaz à effet de serre et en aérosols les plus élevées de l'ère Holocène. Il est donc prioritaire de quantifier les effets que les changements actuels et futurs auront sur le climat. Afin de décrire ces changements trois voies doivent être menées en parallèle : les études de laboratoire et de processus, la modélisation et la détection des changements par des mesures in-situ et l'observation à partir de satellites.

Cet exposé s'intéresse particulièrement aux deux derniers points, je discuterai de l'effet des aérosols sur le climat et de la détection des aérosols par capteurs embarqués sous satellite.

Les aérosols ont un effet radiatif direct sur la radiation incidente par diffusion et absorption de la lumière. Ils ont également un effet indirect au travers de la formation de nouvelles particules qui accroît la réflectivité au sommet des nuages. L'estimation de ces effets reste incertaine, la valeur moyenne globale variant de  $-0.1$  à plus d'un  $W m^{-2}$ . Les principales sources d'incertitudes qui demeurent sont : la composition de l'aérosol, sa distribution en taille, l'état de mélange, l'hygroscopicité de ces particules et leurs propriétés optiques.

Jusqu'à présent, la modélisation globale de l'aérosol s'attachait à décrire une seule composante (sulfate, minérale, carbonée ou sels marins). La nécessité de représenter mieux décrire les propriétés optiques des aérosols donc de simuler l'évolution de la distribution en taille a conduit à calculer simultanément la masse et le nombre d'aérosols présents. Une autre défi est de représenter l'état de mélange de l'aérosol en présence de deux ou plusieurs composantes. Il est alors important de prédire si l'aérosol est sous forme de mélange externe ou de mélange interne.

La surface des aérosols présents dans l'atmosphère est le lieu de réactions chimiques qui peut avoir un effet important sur l'abondance des gaz troposphériques. L'aérosol a ainsi un effet indirect sur le climat. A titre d'exemple, je présenterai l'influence de l'aérosol minéral sur les concentrations de plusieurs gaz clés dans les cycles photochimiques ( $HNO_3$ ,  $O_3$ ,  $H_2O_2$ ,  $N_2O_5$ ). Les études de ces réactions sur les aérosols font intervenir des expériences de laboratoire, d'importantes campagnes de terrain où gaz et aérosols sont mesurés dans la même masse d'air, et la modélisation. Elles cherchent à quantifier l'effet de cette chimie hétérogène sur les gaz et la modifications des propriétés de surface des aérosols qui en découle (formation d'aérosols secondaires).

L'inclusion des réactions hétérogènes étudiée au laboratoire est en cours dans un modèle de circulation générale développé à l'Institut Pierre Simon Laplace. Ce modèle possède 19 niveaux

verticaux afin de décrire l'atmosphère. Les 5 premiers niveaux représentent la couche limite, 10 niveaux se situent dans la troposphère libre et les 4 derniers niveaux constituent la stratosphère. La résolution horizontale du modèle est de 2 degrés x 2 degrés. La chimie de l'ozone est représentée par 45 espèces incluant une description simplifiée des hydrocarbures. Chaque mode de la distribution en taille de l'aérosol est représenté par 2 traceurs. Ceci permet de pouvoir calculer simultanément la masse et le nombre d'aérosols présents. Les résultats de ce modèle couplé chimie-aérosol-climat sont comparés aux mesures faites pendant une campagne de terrain intensive à Mt Cimone (44°11'N, 10°42'E, 2165m). La simulation est guidée par les observations météorologiques de l'année 2000 produites par le Centre Européen de Prévisions au Moyen Terme. Je présenterai une comparaison des concentrations d'O<sub>3</sub> et de HNO<sub>3</sub> obtenus en présence et en l'absence de réaction hétérogène.

L'estimation de l'effet radiatif direct ou indirect des aérosols dépend principalement de leur répartition spatiale et temporelle, et de leurs propriétés optiques. Pour représenter la répartition spatio-temporelle de l'aérosol, les modèles décrivent de manière paramétrée les sources de ces composés, ainsi que les processus de nucléation, de coagulation et les dépôts sec et humide. Ces paramétrisations de processus doivent être validées dans des modèles unidimensionnels voire à l'aide de divers traceurs dans un modèle tridimensionnel. Une fois ces processus validés, la distribution globale de l'aérosol peut être évaluée en comparant les résultats des simulations à de longues séries de temps (> 1 année) des concentrations mesurées à la surface du globe. La couverture des satellites permet aussi de comparer la colonne intégrée de l'aérosol aux simulations, et d'estimer si les variations saisonnières ou épisodiques du transport à longue distance sont bien reproduites. A l'heure actuelle, la répartition verticale des aérosols ne peut être déduite des capteurs passifs embarqués mais l'arrivée proche de LIDAR embarqués sous satellite permettra de déduire les variations dans la verticale. Il reste essentiel de favoriser les campagnes de terrain et les mesures aéroportées qui apportent l'information sur la composition chimique et l'état de mélange de l'aérosol.

L'effet radiatif de l'aérosol est calculé à partir des propriétés optiques suivantes : coefficient d'extinction, albédo de simple diffusion et facteur d'asymétrie. Le rôle des mélanges et leur influence sur l'effet radiatif sera discuté pour l'aérosol minéral dont les propriétés optiques dépendent de la présence d'oxydes de fer (Claquin et al., 1998 ; 1999). Deux éléments majeurs contrôlent si l'aérosol minéral a pour effet de réchauffer ou de refroidir la colonne atmosphérique : la quantité d'oxydes de fer présents et leur disposition sur la surface de l'aérosol. Trois différents états de mélange et leur conséquence sur l'effet radiatif seront décrits.

Finalement, l'effet radiatif des gaz à effet de serre de longue durée de vie sera comparé à celui des aérosols.

De nouveaux instruments tels que les spectromètres de masse analysant la composition de particules individuelles permettront de caractériser l'état de mélange de l'aérosol (interne ou externe). Le futur lancement de LIDAR embarqué afin de décrire la distribution verticale des aérosols qui complète la distribution bidimensionnelle déduite des mesures par capteurs passifs. Enfin, l'inclusion dans les modèles du système terre de modules traitant à la fois de la chimie et des aérosols offrent

l'opportunité d'estimer les changements présents et futurs de l'atmosphère, de la biosphère et de l'océan.

Balkanski Y., Schulz M., Van Dingenen R., Putaud J. P., Bonasoni P., Hanke M., Gobbi G. P., Crowley J., Rossi M., Dentener F. and Raes F., 2001. An overview of the MINATROC project (MINeral dust And TROspheric Chemistry), 8th European Symposium on the Physico-Chemical Behaviour of Atmospheric Pollutants, 17-20 September 2001, Torino, Italy.

Bauer S. E., Balkanski Y., Schulz M., Moulin(1) C., Gobbi(2) G.P., F. Dentener, 2001. Modeling the influence of mineral dust on chemical trace species), 8th European Symposium on the Physico-Chemical Behaviour of Atmospheric Pollutants, 17-20 September 2001, Torino, Italy.

Claquin, T., Schulz, M., Balkanski, Y. and Boucher, O., 1998. Uncertainties in modelling the radiative forcing of mineral dust, *Tellus*, 50B 491-505.

Claquin, T., Schulz, M., and Balkanski, Y., 1999. Modeling the mineralogy of atmospheric dust sources, *J. Geophys. Res.* 104, 22,243-22,256.

## ESQUIF 2000 : SURVEILLANCE DES AEROSOLS EN REGION ILE DE FRANCE

H. Randriamiarisoa (1)\*, P. Chazette (1), J. Sanak (1), C. Flamant (2), P. Marnay (1),  
J. Pelon (2), M. Sicard (2), H. Cachier (1), F. Aulagnier (1), R. Sarda-Esteve (1),  
L. Gomes (3), S. Alfaro (3), A. Gaudichet (3)

(1) Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, CE-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette.

(2) Service d'Aéronomie du CNRS, UPMC-F, 75232 Paris Cedex 05.

(3) Laboratoire Interuniversitaire des Systèmes Atmosphériques, Univ. PXII, 94010 Créteil.

La pollution atmosphérique urbaine est une préoccupation majeure de notre société actuelle pour ses divers impacts socio-économiques. Pour répondre à la demande sociale, le programme ESQUIF (Etude et Simulation de la Qualité de l'Air en Ile de France) avait pour principal objectif une meilleure compréhension des mécanismes qui conduisent à des épisodes de pollution en région Ile de France (Menut et al, 2000). L'aérosol atmosphérique est apparu comme une source d'incertitudes importante pour l'étude des processus photochimiques. Des périodes intensives d'observations ont été mises en place dont la campagne de l'été 2000 multi-instrumentée (du 17 au 31 Juillet). Une synergie expérimentale a été développée sur trois sites : une station fixe sur Paris, une station mobile (SAM : Station Aérosol Mobile) en régions péri-urbaines et un avion (ARAT : Avion de Recherche Atmosphérique de l'INSU). Cette synergie a permis l'acquisition de données au sol sur Paris et sa région, et dans la colonne d'air grâce aux observations aéroportées. Les stations au sol étaient équipées d'une microbalance (TEOM), d'un compteur/granulomètre optique, de filtres d'échantillonnage, d'un néphélomètre, d'un aethalomètre, d'un impacteur à 13 étages et d'un photomètre. L'avion était équipé du Lidar LEANDRE 1, d'un néphélomètre, d'un aethalomètre, de filtres d'échantillonnages et d'un compteur/granulomètre optique. D'autres mesures comme la concentration d'ozone, de monoxyde d'azote et de monoxyde de carbone ont également été effectuées pour caractériser les différentes masses d'air rencontrées.

Tous ces dispositifs ont permis une première détermination des distributions en nombre et en masse des aérosols présents en région Ile de France. La composition chimique et les propriétés optiques des aérosols ont été également évaluées. L'aérosol urbain est alors apparu comme principalement submicronique avec un mode d'accumulation majoritairement efficace sur l'extinction du rayonnement solaire. Ce mode était centré vers 0.1 micromètre. L'aérosol s'est aussi avéré absorbant, ce qui démontre l'importance du carbone suie sur ses propriétés optiques.

Menut L., R. Vautard, C. Flamant, A. Abonnel, M. Beekmann, P. Chazette, P.H. Flamant, D. Gombert, D. Guédalia, D. Kley, M.P. Lefebvre, B. Lossec, D. Martin, G. Mégie, P. Perros, M. Sicard and G. Toupance (2000). Measurements and modelling of atmospheric pollution over the Paris area : An overview of the ESQUIF project. *Ann. Geophys.*, 18, 1467-1481.

## FRACTIONNEMENT DES PARTICULES DANS UN NUAGE A LA STATION DU PUY DE DOME

R. Dupuy\*, K. Sellegri et P. Laj

Laboratoire de Météorologie Physique, Université Blaise Pascal, 63177 Aubière Cedex.

Les interactions entre les particules d'aérosol et les nuages ont été étudiées à la station du Puy de Dôme (1465 a.s.l.) durant les hivers 2000 et 2001. Le fractionnement des particules d'aérosol entre les gouttelettes de nuage et l'air qui les entoure dépend aussi bien de la dynamique de formation des nuages que des propriétés intrinsèques des particules (nombre, taille, composition chimique). Notre objectif est d'étudier les interactions entre la microphysique des nuages (i.e. le rayon effectif du nuage ( $R_e$ ) et son contenu en eau (LWC)) et le taux de fractionnement des particules (FNp) pour différentes masses d'air.

Nos résultats expérimentaux ont été obtenus à l'aide d'un Counterflow Virtual Impactor (CVI) qui échantillonne les gouttelettes de nuage supérieures à 5 micromètres de diamètre aérodynamique, puis les assèche, et d'un Round Jet Impactor (RJI) pour les particules d'aérosol de diamètre inférieur à 5 micromètres. Les concentrations de particules sont alors mesurées par un CPC3010 (TSI). Les deux instruments sont installés dans un tunnel à vent où la microphysique des nuages est mesurée par des sondes PVM (Gerber) et FSSP (PMS). Ils sont comparés à ceux d'un modèle multispectral de nuage qui est initialisé avec un aérosol correspondant au « remote continental » de Jaenicke corrigé pour obtenir les concentrations totales de particules (NCN) échantillonnés, et composés de sulfate pour une fraction soluble de 90 pour cent. Nous avons échantillonné 13 événements nuageux différents d'une durée moyenne de 8 heures, avec un pas de temps de 1 s, soit 368500 échantillons. Ces mesures représentent une grande variété de nuages (frontaux, stratiforme et orographiques) pour différentes conditions météorologiques. Les échantillons ont donc été classés suivant leur masse d'air via NCN, et suivant les caractéristiques microphysiques des nuages via le LWC. Les distributions de la fréquence d'apparition du FNp des neuf groupes d'échantillons sont presque toutes monomodales. On s'aperçoit alors que les taux de fractionnement sont tous de 15 à 35 pour cent plus faible que ceux prévus par le modèle. Et que contrairement aux résultats du modèle, le FNp augmente avec le LWC et peut augmenter avec la concentration de particules. De plus, la comparaison du rayon effectif du nuage avec le taux de fractionnement montre que le comportement linéaire du modèle n'arrive que pour quelques événements.

Nos mesures ont ainsi apporté un nombre étendu de données sur le fractionnement des particules d'aérosol en nuage et sur la microphysique des nuages. Nous avons observé une variation importante de FNp et une dépendance suivant des paramètres microphysiques qui ne sont pas vus par le modèle. Ces différences peuvent se justifier par une description inadéquate de la dynamique du nuage (entraînement) ou de la chimie de l'aérosol. En effet, l'état de mélange des particules peut être un facteur clé dans la capacité des aérosols à former un CCN (Martinsson et al, 1999).

Martinsson, B. G., et al. (1999). "Droplet nucleation and growth in orographic clouds in relation to the aerosol population." *Atmos. Res.* 50: 289-315.

## VARIATION RAPIDE DE LA COMPOSITION INORGANIQUE DES AEROSOLS LORS D'ESCOMPTE.

N. Guitard\*(1), M. Schulz(1), H. Cachier(1) and Y. Balkanski(1)

(1)LSCE/CFR, L'Orme des Merisiers, 91198 Gif sur Yvette Cedex, France.

Le projet présenté ici est le développement et application d'un Analyseur Automatique d'Aérosol (A4) qui permet l'analyse de la composition chimique inorganique des aérosols. L'aérosol global est formé de différentes espèces chimiques. Chaque espèce chimique est caractéristique d'une source spécifique. Le mélange d'aérosols est très important pour la compréhension des propriétés optiques et hygroscopiques des aérosols ainsi que pour la connaissance de l'impact radiatif direct et indirect des aérosols. Jusqu'à maintenant, les échantillonnages sur filtre ne permettent pas une résolution temporelle et spatiale suffisante pour caractériser au mieux les concentrations en aérosols. Pour étudier les processus de transformation chimique, une méthode analytique rapide serait un grand avantage. Le A4 va nous permettre d'obtenir l'analyse de la composition chimique inorganique des aérosols de manière rapide, en quasi-continu. L'appareil comprend 3 modules : un premier module de prélèvements et de transferts des aérosols en solution, un second module d'analyse en continu des ions et un troisième module de traitements des données. En premier lieu, l'air est pompé et introduit dans un denuder, afin de retirer les gaz acides. Les aérosols sont ensuite transférés en solution: l'échantillon d'air est introduit dans une chambre de mélange où un jet de vapeur est ajouté suivant Khlystov et al. (1995) . Dans cette chambre de mélange, l'eau se condense sur les particules d'aérosols. Les gouttelettes résultantes sont collectées grâce à un tube réfrigérant. Pour déterminer la composition inorganique, nous avons choisi d'analyser différents ions : Na<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup> et NO<sub>3</sub><sup>-</sup> et de mesurer le pH, la conductivité et la somme des cations. Les techniques analytiques choisies (Röthlisberger et al. (2000)) ont de basses limites de détection et une haute résolution temporelle.

Un premier test a été réalisé durant la campagne de mesures ESCOMPTE (Expérience sur Site pour COntreindre les Modèles de Pollution atmosphérique et de Transport d'Emissions) dans la région de Marseille-Berre, en juin 2001. Lors de cette campagne, nous avons pu mesurer le pH, la conductivité et la concentration en ions chlorures. Le premier test de notre analyseur en continu nous a permis d'observer un signal cohérent avec les changements temporels du contenu inorganique des aérosols et corrélé avec les mesures faites par les stations de surveillance de la qualité de l'air (AIRFOBEP, association pour la surveillance de la qualité de l'air pour la région de l'étang de Berre et de l'Ouest des Bouches du Rhône). Nous avons pu mettre en évidence des pics de chlorures lors des phénomènes de brise de mer qui ramenaient des sels de mer jusqu'à notre site. Il a été aussi possible de suivre les variations de pH qui sont corrélées avec les variations de conductivité et d'ions chlorures la plupart du temps. Pour tous les détecteurs (électrodes de pH et Cl<sup>-</sup> ainsi que la cellule de conductivité), la résolution en temps est de l'ordre de la minute. L'objectif final de ce travail est d'obtenir un appareil miniaturisé capable de mesurer la composition inorganique des aérosols sur des plates formes mobiles telles que le TGV ou les avions.

Khlystov, A., Wyers, G.P. and Slanina, J. (1995). the steam-jet aerosol collector. *Atmos. Environm.* 29(17), 229.  
Röthlisberger, R., Bigler, M., Hutterli, M., Sommer, S. and Stauffert, B. (2000). Technique for continuous High-Resolution analysis of trace substances in firm and Ice Cores. *Environ. Sci. Technol.* 34, 338.

## ETUDE D'AEROCONTAMINATION CROISEE D'AEROSOLS ENTRE L'EXTERIEUR ET L'INTERIEUR D'UNE STATION DU METRO PARISIEN.

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

(1) RATP, Département Sécurité et Environnement, Lac 265, 13 rue Jules Vallès, 75547 PARIS CEDEX 11

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

Les études réalisées jusqu'à ce jour par la RATP ont montré que les concentrations en aérosols dans le métro sont généralement plus élevées que dans l'environnement extérieur. Ce constat est imputable à diverses sources telles que l'usure des organes de freinage, la remise en suspension des particules déposées sur le ballast ou plus ponctuellement le passage nocturne des trains de chantier à moteur thermique ; les usagers eux-mêmes émettent un grand nombre de particules au cours de leur déplacement.

D'autre part certaines stations de métro présentent des concentrations en aérosols très importantes. Une étude a été menée dans une de ces stations, afin de quantifier l'apport des sources inhérentes à l'exploitation du métro ainsi que la contribution de l'atmosphère extérieure à l'empoussièrement de cette station. Au préalable, une expérimentation visant à quantifier le renouvellement d'air dans cette station à l'aide de gaz traceur a permis de mettre en évidence que l'effet piston créé par les trains permettait d'atteindre jusqu'à 35 renouvellements par heure au niveau des quais en soirée. Des mesures en continu de la concentration massique PM10 ainsi que des prélèvements sur filtres PM10 et PM2.5 ont été réalisés en deux points pendant un mois. Un site était situé à l'extérieur, à proximité de l'accès principal à la station tandis que le second se trouvait en souterrain, au milieu d'un des deux quais de la station. Les échantillons recueillis sur les filtres ont ensuite été analysés par trois techniques physico-chimiques afin de déterminer la fraction soluble, la fraction organique et les éléments métalliques composant les deux aérosols.

Les résultats obtenus mettent en évidence de fortes concentrations massiques au niveau du quai, un apport extérieur du même ordre de grandeur que dans d'autres stations du réseau ainsi qu'un échange entre les deux atmosphères aboutissant notamment à une contamination de l'air extérieur par l'aérosol de la station. Par ailleurs le freinage contribue nettement à l'empoussièrement de la station mais ne suffit pas à expliquer les teneurs élevées de certains éléments métalliques.

Parmi les travaux devant faire suite à cette étude il sera primordial de mener une étude visant à quantifier la remise en suspension, sous l'effet du passage des trains, des particules déposées. Il convient également d'évaluer l'efficacité de solutions techniques vis à vis de la réduction de la concentration de l'aérosol souterrain, comme par exemple l'utilisation accrue du freinage électrique, le lavage de la voûte, l'aspiration des voies, la filtration électrostatique de l'air en station ou la recherche de matériaux de freinage à moindre émission. D'autre part des études sur l'impact sanitaire des particules sont programmées.

# CARACTERISATION GRANULOMETRIQUE DES PARTICULES PRESENTES DANS UN TUNNEL ROUTIER ET RELATION AVEC LA PARTITION GAZ-PARTICULES DES COMPOSES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES : CAS DE L'A14 SOUS LA DEFENSE

J.P. QUISEFIT, S. GARIVAIT, E. STEINER, V. TESSAURO et Nicolas GOUALIN

Laboratoire Interuniversitaires des Systèmes Atmosphérique – Université Paris 7 et Paris XII

Bat P1 – 61, Av du Général de Gaulle –94010 Créteil cedex

L'impact sanitaire potentiel des émissions gazeuses et particulaires liées aux automobiles préoccupe depuis plusieurs années les pouvoirs publics et organismes dédiés à l'étude de la pollution atmosphérique : MATE, AASQA, ADEME etc. Dans ce cadre, nombres d'études sont effectuées soit sur des banc de laboratoires (rouleaux ou moteurs) soit sur des sites dits de proximité comme auprès du périphérique porte d'Auteuil par exemple. Nous considérons que ces études ne permettent pas vraiment de caractériser la seule source primaire automobile car soit elles sont trop spécifiques du moteur et de l'essai soit influencées par des facteurs externes (mélanges, ensoleillement, temps de séjour...). C'est pourquoi nous avons mené une étude très complète de la composition gazeuse et particulaire dans un tunnel routier (l'A14 sous la Défense). On peut considérer que dans ce cas de figure aucun facteur externe n'influence les émissions grâce au confinement et que les données seront de plus représentatives du parc roulant global actuel.

Ainsi nous avons pu échantillonner les particules avec un impacteur basse pression DEKATI (13 étages jusqu'à 0,013 micromètres) ainsi qu'avec un préleveur en filtration grand débit associé à des prélèvements en série de la phase gazeuse. Nous avons ainsi pu déterminer la distribution granulométrique à la fois en masse et en composition chimique en nous focalisant sur des composés connus pour leur impact sanitaire, direct ou secondaire, important : les composés aromatiques polycycliques HAP. Nous avons également chiffré le niveau de teneur et la distribution granulométrique aussi bien pour les éléments métalliques lourds associés aux pots d'échappement catalytiques (Pt, Pd, Ce, Rh) que d'autres éléments associés aux particules dans le but d'identifier d'éventuels traceurs minéraux d'émission.

Nous avons mis en évidence plusieurs modes granulométriques et également montré que les éléments chimiques d'intérêt se distribuaient en accord avec les modèles de générations chimiques. De plus, en ce qui concerne les composés aromatiques polycycliques, nous avons pu déterminer les coefficients de partition entre phase gazeuse et phase solide et ainsi vérifié que cette répartition était quasiment en accord après les données de la littérature sur les rares expérimentation en tunnel (GB, USA) et aussi avec la répartition telle qu'on l'attend dans le contexte météorologique des campagnes de terrain (anticyclonique, chaud et sec).

Cette étude permet de caractériser l'émission automobile sur nombre d'informations physico-chimiques, donnant ainsi aux modélisations atmosphériques une paramétrisation plus juste et plus complète de sa composition gazeuse et particulaire primaire.

## DISPOSITIF EXPERIMENTAL POUR L'ETUDE DE L'EMISSION DES AEROSOLS FIBREUX PAR DES MATERIAUX DE CONSTRUCTION.

H. Antoine\*(1 ; 2), D. Larzillere (1)

(1) Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, 77420 Champs sur Marne.(2) Université Denis Diderot - Paris VII.

Les fibres minérales, présentes dans la plupart des matériaux d'isolation, peuvent être des contaminants de l'air à l'intérieur des bâtiments et font l'objet de plus en plus d'attention, compte tenu de leurs effets potentiels sur la santé des occupants.

En plus de l'impact de l'amiante, il convient de se préoccuper de celui des autres fibres minérales, fibres artificielles qui sont abondamment présentes dans les constructions notamment aux fins d'isolation thermique.

Le principe de précaution, qui inspire aujourd'hui toute approche en matière de gestion des risques pour la santé, conduit à porter une grande attention au comportement des matériaux fibreux, en particulier vis à vis des conditions de "relargage" des fibres dans l'air des locaux.

L'objectif de ce travail consiste à caractériser la libération des fibres par des matériaux fibreux, en tenant compte du vieillissement du produit. La recherche est axée sur des produits en laine de verre et en laine de roche, utilisés dans le bâtiment à des fins d'isolation.

Pour tester la capacité de ces produits à émettre des aérosols fibreux, un banc aéraulique complété d'un dispositif expérimental de sollicitations mécaniques de ces matériaux, a été développé. La méthode expérimentale d'échantillonnage ainsi que les règles de comptage des fibres au microscope électronique à balayage ont été adaptées à l'essai.

L'analyse des premiers résultats obtenus met en évidence des émissions de fibres (en fibres/mètre cube) et des caractéristiques dimensionnelles (longueur, diamètre) différentes selon la nature et l'âge du produit.

Mots clés : aérosols fibreux, laine de verre, laine de roche, matériaux de construction, banc aéraulique d'échantillonnage

Dybro Juhl, H., Husemoen, T., Lindqvist, H., Nordh, I., Trappmann, J. (1998). Standard full-scale chamber tests conditions for examination of mineral wool products. *Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft*, 58, 9, 349-352.

Hanton, D., Lindqvist, H. (1995). Evaluation of the dustiness of man made vitreous wool products using a laboratory shaking test. *Staub - Reinhaltung der Luft*, 11-15.

Trappmann, J. (1995). Dust release tests for man made vitreous wool products. *Staub - Reinhaltung der Luft*, 55, 17-22.

WHO, (1985). Reference methods for measuring airborne Man-Made Mineral Fibres (MMMMF). (Environmental Health Series), World Health Organization, Copenhagen (Denmark).

## PRINCIPE D'UN COMPTEUR A FLUX CONTINU DE PARTICULES PAR CONDENSATION D'HUMIDITE AMBIANTE

E. Géhin (1), B. Gaffet (2), A. Renoux (3)

(1) CERTES, Université Paris XII, Av. du Général de Gaulle 94010 Créteil, France. (2) CERAMO Ingénierie, 1, rue Claude Bernard, 77000 La Rochette, France. (3) LPATC, Université Paris XII, Av. du Général de Gaulle 94010 Créteil, France.

On classe les CNC en trois catégories correspondant aux différentes méthodes employées pour provoquer la sursaturation de la vapeur : détente adiabatique, mélanges de fluides froid-chaud, refroidissement par circulation dans un conduit aux parois froides. Ces différentes techniques ont conduit à de nombreux type de CNC (Mc. Murry [2000]) à flux continu ou discontinu. Une technique classique pour l'obtention d'une sursaturation dans un écoulement est la détente en tuyère (Stodola [1927]). Cette technique a été utilisée par exemple pour la fabrication d'aérosols monodispersés (Turner et al. [1988]) ou de poudres ultrafines (Tom [1991]). Différents auteurs ont étudié le grossissement par condensation hétérogène de particules présentes dans un écoulement en tuyère (Johnston [1995], Mallina [1997], Jurski [1997], Yang [2000]). Jusqu'à présent à notre connaissance seul Yang utilise cette méthode pour réaliser un CNC fonctionnant en continu. Il mélange l'aérosol initial avec un air propre saturé en vapeur d'eau et provoque la sursaturation par une détente en tuyère. Nous présentons ici le principe d'un compteur continu de particules qui utilise la vapeur d'eau présente naturellement dans l'air ambiant pour provoquer le grossissement par condensation des particules ultrafines en suspension. La condensation de la vapeur d'eau est déclenchée par une détente subsonique continue dans une tuyère dont la sortie est mise en dépression par pompage. Ce Compteur Continu de Particules par Condensation d'Humidité Ambiante (COPACHA) permet en théorie de détecter des particules de tailles supérieures ou égales à 10 nanomètres pour des humidités relatives comprises entre 20 et 50 pour cent. Le débit de fonctionnement peut atteindre 30 litres par minutes, ce qui permet une utilisation pour de faibles concentrations en aérosols et notamment en salle blanche.

McMurry, P.H. (2000) The history of condensation Nucleus Counters, *J. Aerosol Sci.*, 33, 297-322.

Stodola, A.(1927) *Steam and gaz turbines*, McGrawHill, New York.

Tom, J.W., Debenedetti, P.G. (1991), Particle formation with supercritical fluids, *J. Aerosol Sci.*, 22, 555-584.

Johnston, M.V., Wexler, A.S. (1995) Mass spectrometry of individual aerosol particles, *Analyt. Chem.*, vol. 67, 721A.

Mallina, R.V., Wexler, A.S.(1997) Particle Growth in high speed particle beam inlets, *J. Aerosols Sci.*, vol. 28, n°2, pp. 223-238.

Jurski, K. (1997) Etude expérimentale du transport et de l'évolution granulométrique de gouttelettes microniques en écoulement critique en tuyère, Thèse de doctorat, Université Paris XII-Val de Marne.

Yang, J., Jaenicke, R., Dreiling V. (2000) A continuous nozzle CNC For CN and CCN counting, *J. Aerosol Sci.*, 31, suppl.1, 809-810.

## MESURE DU TAUX DE RENOUVELLEMENT D'UN AEROSOL DANS UNE ENCEINTE VENTILEE

C. PREVOST\* (1), L. PAUGAN (2), J.C. LABORDE (1)

(1) Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire (IPSN)

Laboratoire d'Etude des transferts de Contamination, Epuration et Ventilation  
DPEA/SERAC, CEA-Saclay, 91 191 Gif sur Yvette

(2) DESS Université Paris XII

Laboratoire de Physique des Aérosols et Transfert des Contaminations  
Avenue du général de Gaulle, 91 000 Créteil

Dans le cadre de la qualification d'un nouveau dispositif de comptage d'aérosols fluorescents en temps réel, une étude particulière est menée au sein du LECEV (DPEA/SERAC) ; outre la qualification du système de détection lui-même, l'objectif principal de ces travaux consiste à déterminer l'évolution du comportement aéraulique d'aérosols de différentes tailles lorsqu'ils sont produits à l'intérieur d'une enceinte ventilée, de dimensions réduites.

Il s'agit de suivre l'évolution temporelle et spatiale de la concentration en aérosols produits dans différentes configurations du soufflage et de l'extraction de l'enceinte. Très peu d'études ont été menées sur un tel sujet car aucune technique commerciale fiable de détection spécifique ne permet d'étudier des phénomènes à cinétique rapide, en particulier celui de la décroissance de la concentration particulaire lors de la phase d'arrêt de l'injection d'aérosols. En effet, la technique de fluorimétrie classiquement mise en œuvre dans un grand nombre d'expérimentations ne délivre qu'une mesure de la concentration intégrée sur toute la durée du prélèvement.

L'une des caractéristiques principales de la ventilation de l'enceinte, le taux de renouvellement d'air, est déterminée par la technique de traçage à l'hélium pour les différentes configurations étudiées. Quant à l'interprétation des données acquises par le dispositif de détection spécifique, elle permet d'accéder au taux de renouvellement global des aérosols dans l'enceinte, paramètre incluant le débit de fuite des aérosols soumis aux différents mécanismes de dépôts sur les parois de l'enceinte. Les résultats expérimentaux obtenus dans certaines configurations de la ventilation et pour des diamètres aérodynamiques d'aérosols compris entre 3 et 10  $\mu\text{m}$ , sont comparés aux valeurs déduites d'un modèle descriptif du transfert d'un aérosol dans un espace confiné lorsque la ventilation est homogène.

Afin d'apporter des éléments complémentaires dans la compréhension des principaux phénomènes qui régissent le comportement spécifique des aérosols dans cette enceinte expérimentale, plusieurs essais concernant la mesure des taux de dépôts aux parois sont commentés dans la communication proposée.

## UN NOUVEL INSTRUMENT POUR MESURER LA DISTRIBUTION DIMENSIONNELLE DE LA FRACTION NON ATTACHEE DES PRODUITS A VIE COURTE DU RADON-222

N. Michielsen<sup>1</sup>, V. Voisin<sup>1</sup> et G. Tymen<sup>2</sup>

1 Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire, DPEA/SERAC/LPMAC,  
CEA-Saclay bât 389, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France.

2 Laboratoire de Recherches Appliquées Atmosphère-Hydrosphère,  
Université de Bretagne Occidentale, 6 avenue Le Gorgeu, 29285 Brest Cedex, France.

On estime qu'environ la moitié de la dose efficace résultant de l'exposition au rayonnement radioactif naturel est due à l'inhalation des dérivés à vie courte du radon-222. (UNSCEAR, 1999). L'évaluation de la dose délivrée aux tissus cibles de l'arbre trachéo-bronchique nécessite la connaissance précise de la distribution en taille des particules inhalées. Les modèles courants de déposition pulmonaire montrent que la dose de radiation par unité d'exposition est plus élevée pour les produits à vie courte du radon de taille nanométrique (ou fraction non-attachée) que pour les radioéléments attachés aux aérosols ambiants. De plus, les propriétés diffusionnelles de cette composante influencent son attachement aux aérosols présents et sa déposition sur les surfaces ; or ces processus sont basiquement utilisés dans le « room model » pour calculer les activités des produits dérivés du radon dans les atmosphères intérieures (Gouronnec et al., 1996).

La plupart des instruments utilisés pour mesurer la distribution en taille de la composante non-attachée est basée sur la méthode des grilles de tamis. Cette technique présente cependant deux inconvénients: d'une part la grille peut collecter une partie de la composante attachée, d'autre part des radioéléments fins peuvent être recréés sous l'effet du recul. Nous avons donc mis au point une nouvelle technique utilisant un canal de diffusion annulaire (ADC) (Tymen et al., 1999) s'affranchissant de ces problèmes, et modifié pour permettre la mesure en continu de la fraction non-attachée (Huet et al., 2001). Le dispositif se présente sous la forme de cinq ADC de différente longueur plus un filtre de référence, fonctionnant en parallèle. Durant le prélèvement, les particules nanométriques sont partiellement piégées par diffusion sur les parois internes des canaux tandis que les autres sont collectées sur des membranes filtrantes ( Poretics, Polycarbonate, 0.8  $\mu\text{m}$ ) placées en aval. Les émissions alpha du  $^{218}\text{Po}$  et  $^{214}\text{Po}$  présents sur les filtres, sont analysées en spectrométrie  $\alpha$  par des PIPS (Canberra 450) placés à l'extrémité des tubes intérieurs face au filtre. Les caractéristiques optimales et paramètres opératoires de cette batterie de diffusion ont été déterminées à partir de l'étude de Kerouanton et al. (1996).

Nous utilisons une procédure d'inversion non-linéaire des données d'activité volumique, mesurée dans chaque unité, pour reconstruire la distribution en taille des dérivés nanométriques du radon, dans une gamme de taille allant de 0,3 à 5 nm (c'est à-dire de coefficient de diffusion compris entre 0.2 et 22  $\text{mm}^2\cdot\text{s}^{-1}$ ).

Dans cet exposé, nous décrivons ce nouveau dispositif expérimental et présentons les résultats de quelques essais préliminaires.

Gouronnec A.M., Goutelard F., Montassier N., Boulaud D., Renoux A., Tymen G., *Aerosol Sci. Technol.* 25, 73-89, 1996.

Huet, C., G. Tymen and D. Boulaud, *Aerosol Sci. Technol.*, 35, 553-563, 2001.

Kerouanton D., G. Tymen and D. Boulaud, *J. Aerosol Sci.*, 27, 345-349, 1996.

Tymen, G., D. Kerouanton, C. Huet and D. Boulaud., *J. Aerosol Science* 30 , 205-216, 1999.

UNSCEAR (1999). Exposures from natural radiation sources, 48 session of UNSCEAR, Vienne, 12 to 16 april 1999.

## SELECTION AERODYNAMIQUE DES PARTICULES D'UN AEROSOL A L'AIDE DE MOUSSES POREUSES EN POLYURETHANNE

P.Görner\*(1), R.J. Aitken(2), L.C. Kenny(3), C. Moehlmann(4), R. Wrobel(1) et J.-F. Fabriès(1)

(1) INRS, Av. de Bourgogne, BP 27, 54501 Vandoeuvre, France, (2) IOM, 8, Roxburgh Place, EH8 9SU, Grande Bretagne, (3) HSE, Broad Lane, S3 7HQ, Grande Bretagne, (4) BIA, Alte Heerstrasse 111, 53757 Sankt Augustin, Allemagne.

Deux échantillonneurs sélectifs d'aérosol destinés à l'hygiène du travail sont actuellement en cours de développement dans le cadre d'un projet européen "Echantillonnage sélectif d'aérosol utilisant des mousses poreuses en polyuréthane, contrat N° SMT 4-CT96-2137". Ils doivent être capables de mesurer individuellement les concentrations des fractions conventionnelles (inhalable, thoracique et alvéolaire) d'un aérosol sur les lieux de travail. Ces échantillonneurs sont développés sur la base des échantillonneurs connus de la fraction inhalable "IOM sampler" (GB) et "PGP sampler" (D) utilisant des modules complémentaires de sélection des particules. La porosité et la géométrie des mousses sélectives pour la sélection de la fraction thoracique ou de la fraction alvéolaire ont été déterminées à partir d'un modèle semi-empirique. L'efficacité d'échantillonnage des prototypes des échantillonneurs sélectifs a été mesurée au laboratoire et comparée à l'efficacité conventionnelle de pénétration CEN-ISO. Les prototypes sont capables d'échantillonner les fractions conventionnelles thoracique et alvéolaire. Leurs performances ont été améliorées en modifiant légèrement la géométrie des modules. Une éventuelle modification ultérieure de l'efficacité ne sera possible qu'en changeant la porosité de la mousse sélective.

## DEVELOPPEMENT D'UN OUTIL POUR L'EVALUATION IN SITU DES PERFORMANCES DES ECHANTILLONNEURS INDIVIDUELS D'AEROSOLS.

O. Witschger\*(1), D. Mark (2), R.J. Aitken (3), G. Beaumont (3), G. Lidén (4), W. Koch (5), H. Komhout (6) and C.P. Chalmers (7).

(1) Laboratoire de Physique et Métrologie des Aérosols et du Confinement, IPSN/DPEA/SERAC, CEA/ Saclay, Bat 389, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France. (2) Health and Safety Laboratory, Broad Lane, Sheffield, S3 7HQ, UK. (3) Institute of Occupational Medicine, 8 Roxburgh Place, Edinburgh, EH8 9SU, UK. (4) National Institute for Working Life, Programme of Workplace Air, S-171 84 Solna, Sweden. (5) Fraunhofer Institut für Toxikologie und Aerosolforschung (FHG), Nikolai-Fuchs-Str.1, D30625 Hannover, Germany. (6) Environmental and Occupational Health Group, Department of Environmental Sciences, PO Box 238, 6700 AE Wageningen, The Netherlands. (7) DataStat Consultants, London, UK.

Les méthodes d'évaluation des performances des échantillonneurs individuels de la fraction inhalable d'un aérosol utilisent généralement des installations de laboratoire spécifiques comme des tunnels aérauliques ou bien encore des chambres d'air calme. Ainsi, les conditions expérimentales auxquelles sont exposés les préleveurs correspondent à un écoulement d'air uniforme et un aérosol d'essai homogène du point de vue de sa granulométrie et de sa concentration. Il est clair que ces conditions expérimentales ne correspondent pas toujours aux conditions réelles rencontrées in situ, c'est à dire sur un poste de travail. En effet, il existe des situations où le travailleur se trouve fréquemment à proximité d'une source ponctuelle de contamination et dans un environnement aéraulique qui peut être perturbé. Notre étude, réalisée dans le cadre d'un contrat européen, vise donc le développement d'un outil permettant d'évaluer in situ les performances de préleveurs individuels de la fraction inhalable. Compte tenu des difficultés habituellement rencontrées lors des mesures faites sur un poste de travail, une caractéristique importante de cet outil doit être sa facilité d'emploi.

L'outil développé, dénommé CALTOOL (CALibration TOOL) est en fait un échantillonneur dont la géométrie est basée sur un torse, des épaules et une tête humaine. Afin de simuler correctement l'influence du corps humain sur un écoulement d'air, les dimensions (hauteur, largeur du torse, diamètre de la tête ...) ont été respectées mais les formes simplifiées. L'orifice de référence d'aspiration de CALTOOL est localisé au niveau de la bouche et constitué d'un orifice circulaire de 15 mm. Le tout est monté sur un ensemble mobile constitué d'un support télescopique et d'une unité contenant des pompes et les systèmes de régulation des débits. Les échantillonneurs individuels à évaluer sont positionnés sur le torse simplifié de CALTOOL et leurs résultats de concentration comparés à ceux mesurés par l'orifice de référence.

Les expériences, conduites en laboratoire sur l'orifice de référence CALTOOL, ont permis de déterminer que le débit d'aspiration devait être constant et égal à 20 l/min pour que son efficacité suive correctement la convention-cible inhalable. Par ailleurs, des mesures comparatives d'efficacité effectuées sur CALTOOL et sur un mannequin humain n'ont pas montré de différences significatives. Enfin, des premiers résultats sur des performances d'échantillonneurs individuels ont été obtenus sur différents postes de travail. Ils montrent l'utilité de l'outil développé.

## PERFORMANCE D'ÉCHANTILLONNAGE DE PRÉLEVEURS INDIVIDUELS D'AÉROSOLS EN ENVIRONNEMENT D'AIR CALME ET A PROXIMITÉ D'UNE SOURCE DE CONTAMINATION.

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

(1) Laboratoire de Physique et Métrologie des Aérosols et du Confinement, IPSN/DPEA/SERAC, CEA/Saclay, Bat 389, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France. (2) Aerosol Research and Exposure Assessment Laboratory, University of Cincinnati, Cincinnati OH 45267-0056, USA.

Dans de nombreuses industries, les conditions d'exposition aux aérosols correspondent à une source de contamination ponctuelle, proche et faisant face au travailleur, ainsi qu'à un environnement « d'air calme », c'est à dire caractérisé par des vitesses d'air de l'ordre de quelques cm/s. Jusqu'à présent, dans ces conditions, les performances d'échantillonnage des préleveurs individuels destinés à évaluer la fraction inhalable ne sont pas connues. Ainsi, l'objectif de notre étude est d'étudier, en laboratoire, les performances d'échantillonnage de préleveurs individuels dans des conditions expérimentales qui soient plus proches des conditions généralement rencontrées dans les zones de travail, c'est à dire un environnement d'air calme et une source de contamination localisée.

Spécialement conçue pour cette étude, la méthode consiste à exposer, dans un environnement aérodynamique caractérisé par de faibles vitesses d'air, un ensemble de préleveurs à un aérosol émis par une source ponctuelle. Ainsi, le système de génération est positionné au centre d'un cercle sur lequel sont répartis uniformément les préleveurs à évaluer et les sondes de référence. Le système de génération est composé d'un générateur de poudre à brosse tournante qui est connecté à un orifice de dispersion positionné horizontalement, dirigé vers les préleveurs et en rotation constante, assurant ainsi l'homogénéité de l'aérosol d'essai. Par ailleurs, la hauteur de positionnement de l'orifice de dispersion a été déterminée afin d'assurer un profil de concentration uniforme de l'aérosol d'essai dans le micro-environnement de chacun des préleveurs. Dans ces conditions, les caractéristiques de l'aérosol d'essai (concentration et granulométrie) ont été évaluées à l'aide de sondes de référence à bords minces, positionnées horizontalement et dirigées vers le point de dispersion. Les expériences ont été menées dans l'installation de laboratoire CEPIA, décrite par ailleurs.

Trois préleveurs d'aérosols ont été sélectionnés : la cassette 25 mm en version fermée (orifice d'aspiration de 4 mm), l'IOM inhalable et le Button inhalable. Ces trois préleveurs disposent d'un même média collecteur (filtre de diamètre 25 mm), mais diffèrent par leur géométrie ainsi que par leur débit d'aspiration. Ces trois dispositifs ont été choisis car ils sont, à l'heure actuelle, les plus utilisés pour effectuer des mesures d'exposition individuelle aux aérosols vis à vis de la fraction inhalable. Compte tenu des faibles vitesses d'air, les préleveurs ont été évalués en position statique et isolée. Les efficacités d'échantillonnage ont été mesurées pour 4 diamètres de particules : 9, 35, 45 et 91 micromètres. La cassette 25 mm sous-estime considérablement la fraction inhalable. Le Button et l'IOM montrent quant à eux des performances plus proches, l'IOM restant caractérisé par une forte dépendance de l'orientation vis-à-vis de la source de contamination.

## FILTRATION DES AEROSOLS SOLIDES MICRONIQUES ET SUBMICRONIQUES SUR MEDIA PLANS : INFLUENCE DE LA VITESSE DE FILTRATION

J-C. Appert-Collin\*(1), E. Mailfert(1), P. Contal(1), S. Calle(1) et D. Thomas(1).

(1) Laboratoire de Filtration des Aérosols – LSGC/CNRS – UHP – 1, rue Grandville – BP 451 – 54001 Nancy Cedex.

La filtration des particules a un impact fort sur la qualité des rejets gazeux industriels dans l'environnement. Beaucoup de systèmes de filtration sont constitués de filtres à fibres. Aussi, il est très important de caractériser la durée de vie de ces filtres par la détermination de leur performance : colmatage et efficacité de collecte. Cette communication a pour objet de montrer l'influence de la vitesse sur l'évolution de la perte de charge et sur la compacité du gâteau formé lors de la filtration de particules microniques et submicroniques par des media plans. Nous nous sommes donc intéressés à l'étude du colmatage de filtres, en fibre de verre, par des particules solides submicroniques d'uranine et microniques d'alumine et ceci pour des filtres d'efficacité différente et pour différentes vitesses de filtration. Le suivi du colmatage est fait par la détermination de l'évolution de la perte de charge ( $\Delta P$ ) du filtre en fonction de la masse d'aérosols déposés par unité de surface de filtration. Une modélisation de l'évolution de la perte de charge est proposée selon le modèle de Novick et al., 1990. Ce modèle est étroitement lié à la compacité du gâteau formé lors de la filtration qui sera également déterminé par calcul.

En ce qui concerne la filtration des particules submicroniques, nous avons mis en évidence que la compacité du dépôt était uniquement tributaire du diamètre moyen des particules et était indépendante de la vitesse de filtration (dans la gamme 1 à 50 centimètres par seconde). Une expression donnant la compacité en fonction du diamètre de particule a pu être établie et validée avec d'autres résultats publiés dans la littérature. Par contre, pour des particules microniques (ici, diamètre supérieur à 3 micromètres), différents auteurs (Silva et al., 1999 ; Aguiar, 1992 ; Merlin et al., 2000 ; Callé, 2000) montrent une influence de la vitesse sur la compacité du dépôt mais les conclusions et les modèles diffèrent. Une étude systémique de la filtration de particules microniques (diamètre volumique de 2 à 7 micromètres) pour des vitesses allant de 5 à 20 centimètres par seconde sur 2 filtres plans différents en fibres de verre de moyenne et très haute efficacité a donc été effectuée afin de caractériser la perte de charge en fonction de la masse surfacique collectée. Cette étude a permis de confirmer l'influence de la vitesse de filtration sur la perte de charge et donc sur le colmatage. Nous avons pu ainsi élaborer un modèle liant la compacité du dépôt au nombre de Stokes c'est à dire dépendant de la vitesse de filtration et de la taille des particules.

Novick, V.J., Higgins, P.J. Dierkschiede, B., Abrahamson, C., Richardson, W.B., Monson, P.R., Ellison, P.G. (1990) 21st DOE/NRC Nuclear Air Cleaning Conference San Diego, 782-798

Silva, C.R.N., Negrini, V.S., Aguiar, M.L., Coury, J.R. (1999) Powder Technology, 101, 165-172

Aguiar, M.L., Coury, J.R. (1992) Fluid/Particle Separation Journal, 4 (5), 193-198

Merlin, P., Artous, S. Laborde, J.C., Mocho, V. M. (2000) 16ème CFA, 22-28

Callé, S. (2000) thèse INPL, 200 p