



Organisé par l'Association Française
D'Etudes et recherches sur les Aérosols
(ASFERA)

FIAP Jean Monnet
30 rue Cabanis
75014 PARIS

28^{ème} Congrès Français sur les Aérosols



Résumés

E-mail : info@asfera.org – site : www.asfera.org

Le Président

Notre 28^{ème} Congrès Annuel (CFA 2013) se tient donc, en ce début d'année, pour la troisième fois, au FIAP Jean Monnet à Paris, les 23 et 24 janvier 2013. En effet, les retours globalement positifs des deux années précédentes, nous ont amenés à renouveler l'expérience encore cette année.

Vous disposez donc cette année comme l'année dernière, d'une part des résumés sous forme papier pour vous aider à vous repérer dans le contenu scientifique du programme pendant la durée du congrès, d'autre part des Actes au moment de l'ouverture du congrès, sous forme d'un CD, pour vous permettre d'approfondir et d'archiver facilement cette conférence. C'est là, à nouveau, un choix qui vous permettra de profiter au maximum de ces deux journées très intenses sur le plan scientifique. Cette organisation matérielle, nous la devons en grande partie au dévouement de notre vice-présidente le **Pr. Evelyne Géhin** qui assurent depuis plusieurs années l'édition de ces Actes avec l'assistance de son équipe du CERTES de l'Université Paris EST-Créteil, notamment notre secrétaire général et trésorier le **Dr. Guillaume Da**. Cette année encore, ils ont réalisé des prouesses.

Ce CFA 2013 réunit plus de 100 participants qui vont assister à **44** communications. Ce chiffre nous permet de dépasser « d'un cheveu » notre précédent record établi en 2009 (43). Comme d'habitude, nous avons deux conférences plénières. La première, présentée par le **Dr. Marjorie Draghi**, Ingénieur-chercheur au CSTB de Champ sur Marne, nous livrera un éclairage relatif aux pollutions des environnements intérieurs et notamment celles associées aux moisissures. La seconde, présentée par le **Dr. Benoit Sagot**, enseignant-chercheur au sein de l'ESTACA de Levallois-Perret, nous donnera l'occasion de nous familiariser avec la thermophorèse qui est un mécanisme de transport des aérosols souvent ignoré, mais qui intervient dans de nombreux domaines.

Le CFA 2013 est, pour les thèmes, dans la tradition des CFA précédents, nous y retrouvons quatre grandes sessions :

- Bioaérosols,
- Caractérisation des sources et physique des aérosols,
- Aérosols et environnement,
- Filtration et métrologie des aérosols.

Cette année, devant le nombre de communications soumises (**42**) nous avons, bien entendu, conservé une **session Posters** qui reprend les différentes thématiques des sessions orales. Nous avons également repris l'idée de laisser une large place à cette session ce qui permet de favoriser les échanges entre les auteurs et les participants. En effet, après le déjeuner de la seconde journée, la session posters se déroulera en deux séquences. Tout d'abord, chaque auteur référent sera invité à présenter en **4 minutes** les points saillants de son travail. Puis, les discussions autour des posters se poursuivront jusqu'à la fin de la pause café de l'après-midi. Je tiens à rappeler et souligner que dans l'esprit du comité scientifique du CFA 2013, il n'y a pas de hiérarchie entre les présentations orales et les présentations posters et que les deux types de communications sont publiés dans les actes. Il s'agit plus d'une adaptation équilibrée de nos deux journées au nombre de communications présentées.

A la fin de notre première journée, le prix Jean Bricard sera remis officiellement à **Pierre Roupsard**, de l'IRSN de Cherbourg-Octeville, pour son travail remarquable et original sur la quantification du dépôt sec des aérosols en milieu urbain et notamment du rôle que peut jouer la thermophorèse dans ces dépôts. Je vous rappelle que ce prix récompense un(e) jeune chercheur(se) pour une contribution importante et originale dans le domaine de la science des aérosols.

Du 2 au 7 septembre 2012, s'est tenue à Grenade, Espagne, l'European Aerosol Conference 2012 qui a réuni plus de **900 participants**, dont 62 français. Durant cette conférence, le Pr. Evelyne Géhin et moi-même avons représenté l'ASFERA au bureau directeur de l'International Aerosol Research Assembly (IARA) et de l'European Aerosol Assembly (EAA).

Lors de ces réunions, les bureaux directeurs de l'EAA et de l'IARA ont confirmé les propositions déjà retenues et pris plusieurs décisions en ce qui concerne l'organisation de conférences. A cet égard, je vous indique les différentes conférences qui seront organisées sous l'égide de l'EAA et de l'IARA et qui sont maintenant confirmées ou dont les pré-candidatures sont à confirmer:

- EAC2013 (1-6 sept) à Prague ;
- IAC2014 (31 août-5 sept) à Busan Corée du sud ;
- EAC2015 (6-11 sept) à Milan ;
- **EAC2016 (4-9 sept) à Tours ;**
- *EAC2017 organisé par le GAeF à Zurich (pré-candidature à confirmer),*
- IAC2018 (2-7 sept) à St Louis, Missouri, Etats-Unis,
- *EAC2019 organisé par la NOSA (pré-candidature à confirmer).*

Je vous incite donc à participer activement à toutes ces conférences montrant ainsi le dynamisme de notre recherche en science des aérosols.

Je vous rappelle, une fois de plus, que l'ASFERA s'est dotée de son site www.asfera.org qui est opérationnel depuis plusieurs années. A cet égard, le bureau de l'ASFERA a décidé d'administrer directement son site ce qui devrait nous permettre de gagner en réactivité. Ainsi, pour les prochains CFA comme pour cette année, une grande partie des informations et des renseignements pourra y être trouvée.

Cette année nous retrouvons, comme l'année dernière, nos exposants. Je les remercie vivement de nous faire à nouveau confiance.

Une fois encore, je remercie le bureau de l'ASFERA, qui, en tant que Comité Scientifique, a construit le programme du CFA 2013. Il contribue, par ailleurs, comme vous tous, au fonctionnement et au rayonnement de notre association.

Mes remerciements vont également vers les étudiants du Master Science et Génie de l'Environnement des Universités Paris EST et Paris VII qui vont vous accueillir pendant les deux journées de la conférence.

Je remercie un grand nombre d'entre vous pour leur fidélité. Si ce Congrès annuel est si vivant, d'un niveau scientifique et technique si remarquable, je n'oublie pas que c'est grâce à tous nos auteurs et talentueux conférenciers.

Pour conclure, je vous donne rendez vous à tous en 2014 pour notre 29^{ème} congrès.



Dr. Denis Boulaud
Président de l'ASFERA



COMITE SCIENTIFIQUE DU CFA 2013

Le bureau actuel de l'ASFERA, qui a assuré la sélection des communications et des candidats au prix Jean Bricard, est constitué des membres suivants :

Le Président

Docteur Denis BOULAUD, Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire

La Vice Présidente

Professeur Evelyne GEHIN, Université Paris EST, Créteil

Le Secrétaire Général

Docteur Guillaume DA, Université Paris EST, Créteil

Les membres

Docteur Jean-Pascal BORRA, LPGP, CNRS- Univ Paris XI, SUPELEC

Professeur Gérard GOUESBET, LESP INSA Rouen URA, CNRS 230 CORIA

Docteur Gérard GREHAN, LESP INSA Rouen URA, CNRS 230 CORIA

Docteur Sophie MAZOUÉ, Régie Autonome des Transports Parisiens

Professeur André Renoux (*Président d'Honneur*)

Docteur Enric ROBINE, LMEI, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB)

Professeur Dominique Thomas, LSGC, Université Nancy 1

Professeur George TYMEN, Université de Bretagne Occidentale

Docteur Olivier WITSCHGER, Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS)

COMITE LOCAL D'ORGANISATION DU CFA 2013

Docteur Abderrahim BOUDENNE Université Paris EST, Créteil

Docteur Guillaume DA, Université Paris EST, Créteil

Professeur Evelyne GEHIN, Université Paris EST, Créteil

Docteur Hue DELHOMME NGUYEN, ASFERA

ASFERA

Association Française d'Etudes et Recherches sur les Aérosols

CERTES - Université Paris Est Créteil (UPEC)

Avenue du Général de Gaulle, 94010 Créteil

Tel : 01.45.17.18.37

E-mail : info@asfera.org

www.asfera.org

28^{EME} CONGRES FRANÇAIS SUR LES AEROSOLS CFA 2013

23 et 24 Janvier 2013

FIAP Jean Monnet
30 rue Cabanis 75014 PARIS

PROGRAMME

Mercredi 23 janvier 2013

- 9h00 – 9h10 Introduction par le Dr D. BOULAUD, Président de l'ASFERA
- 9h10 – 9h50 CONFERENCE PLENIÈRE: Dr Marjorie DRAGHI, CSTB
Moissures et environnements intérieurs : état des connaissances p15

BIOAEROSOLS

PRESIDENTS DE SESSION : DR P. DUQUENNE, DR E. ROBINE

- 9h50 – 10h10 **Mesure de l'exposition aux moisissures en milieu intérieur (EMMI)** p19
S. Barral, V. Bex, S. Moularat, F. Choukri, V. Bergeron, J. Guillot, B. Durand, F. Derouin, E. Robine, F. Squinazi
- 10h10 – 10h30 **Mise au point d'un dispositif d'aérobiocontamination pour étudier la survie du virus influenza sur les supports.** p21
F. Cordonnier, T-L Ha, E Robine, E Géhin
- 10h30 – 11h00 PAUSE – CAFE – exposition**
- 11h00 – 11h20 **Mesure des actinobactéries dans l'air des plates-formes de compostage par QPCR** p23
P. Duquenne, L. Betelli, E. Géhin, F. Grenouillet, X. Simon, A. Hartmann
- 11h20 – 11h40 **Caractérisation de l'aérosol fongique émis lors de l'activité des salarés dans une entreprise d'affinage de fromages** p25
X. Simon, P. Duquenne, C. Coulais, G. Greff, V. Koehler
- 11h40 – 12h00 **Exposition aux aérosols biologiques liée à la réutilisation d'eaux usées traitées par aspersion** p27
TL Ha, C. Fourneau, B. Molle, S. Tomas, E. Robine
- 12h00 – 12h20 **Caractérisation de la diversité microbienne de l'air des espaces clos.** p29
C. Gaüzère, M. Moletta-Denat, E. Robine, J-J. Godon

12h20 – 14h10 DEJEUNER

13h30 – 14h10 ASSEMBLEE GENERALE DE L'ASFERA

CARACTERISATION DES SOURCES ET PHYSIQUE DES AEROSOLS*PRESIDENTS DE SESSION : DR G. DA, DR F. GENSDARMES*

14h10 – 14h30	Développement d'un test d'abrasion pour béton, avec étude du relargage potentiel en particules inhalables C. Bressot, O. Aguerre-Chariol, A. Plassais, F. Rousseau, C. Haehnel, O. Le Bihan	p33
14h30 – 14h50	Etude de la mise en suspension de nanotubes de carbone par agitateur vortex A.Ustache, D.Bernard, O. Le Bihan, O. Aguerre-Chariol	p35
14h50 – 15h10	Modélisation de la transformation physico-chimique des aérosols de sodium E. Mathé, M.P. Kissane, D. Petitprez	p37
15h10 – 15h30	Analyse des phénomènes de mise en suspension de contaminants particuliers en situation d'incendie dans les installations nucléaires S. Delcour, F. -X. Ouf, J. -M. Lopez-Cuesta, L. Ferry	p39

15h30 – 15h50 PAUSE – CAFE – EXPOSITION**CARACTERISATION DES SOURCES ET PHYSIQUE DES AEROSOLS***PRESIDENTS DE SESSION : DR G. DA, DR F. GENSDARMES*

15h50 – 16h10	Etude spectrale de la densité optique des aérosols de fumée d'incendie A. Bescond, J.Yon, M. Talbaut, A. Coppalle	p41
16h10 – 16h30	Etude expérimentale 2d et 3d d'agrégats de suie aéronautique par tomographie électronique : morphologie, dimension fractale et relation de transposition 2d-3d D. Lottin, D. Delhayé, D. Ferry	p43
16h30 – 16h50	Détermination expérimentale de la vitesse de thermophorèse d'agrégats de suies de morphologie fractale E. Brugière, F. Gensdarmes, F. X. Ouf, J. Yon, A. Coppalle	p45
16h50 – 17h10	Charge par diffusion : générateurs d'ions unipolaires par décharge électrique et influence du mélange ion-aérosol sur la relation charge-diamètre A Bouarouri, N. Jidenko, D. Maro, F. Gensdarmes, D. Boulaud, J.-P. Borra	p47
17h10 – 17h30	Modélisation de la coagulation, du transport et du dépôt d'un aérosol de nanoparticules par la méthode des moments R. Guichard, A. Tanière, E. Belut, N. Rimbert	p49

17h 30 Remise du Prix Jean Bricard**Cocktail**

Jeudi 24 janvier 2013

9h00 – 9h40 **CONFERENCE PLENIERE** : Dr Benoit Sagot
Evaluation de la contribution du mécanisme de thermophorèse aux dépôts de particules : enjeux et perspectives p53

AEROSOLS ET ENVIRONNEMENT

PRESIDENTS DE SESSION : PR E. GEHIN, DR D. MARO

9h40 – 10h00 **Sensibilité des concentrations de PM2.5 au climat présent (2000-2008) à l'échelle européenne** p57
 E. Lecoeur, C. Seigneur, C. Pagé, L. Terray

10h00-10h20 **Etude en soufflerie de l'impact de la thermophorèse sur le dépôt sec d'aérosols submicroniques sur des surfaces urbaines.** p59
 P. Roupsard, D. Maro, A. Coppalle, H. Branger, O. Connan, D. Hébert, M. Talbaut, B. Letellier

10h20 – 10h40 **Etude expérimentale in situ du lessivage des aérosols par les précipitations** p61
 G. Depuydt, O. Masson, J-L. Brenguier

10h40 – 11h00 PAUSE – CAFE- EXPOSITION

11h00 – 11h20 **Caracterisation chimique de la matière particulaire dans un tunnel routier** p63
 Bouddabous-Ameur, J. Kasperek, A. Barbier, N. Bellakhal, F. Gouriou, B. Hannyer

11h20 – 11h40 **Exposition du citadin aux polluants de l'air dans les autobus** p65
 R. Molle, S. Mazoué, E. Géhin, A. Ionescu

11h40 – 12h00 **Simulation de l'interaction aérosols organiques / molécules d'eau par dynamique moléculaire** p67
 M. Darvas, S. Picaud, P. Jedlovszky

12h00 – 13h30 DEJEUNER

SESSION POSTER

13h30 – 13h35 **Introduction à la présentation des posters**

13h35 – 13h39 **Estimation annuelle du dépôt sec de HAP, PCB, métaux par les aérosols en zone rurale, en associant mesures chimiques, mesures micrométéorologiques et mesures de dépôt par corrélation turbulente** p71
 O. Connan, M. Millet, D. Hébert, J.J. Schwartz, F. Guéguen, R. Goujon, D. Maro, P. Roupsard

13h39 – 13h43 **Caractérisation chimique et granulométrique de particules fines prélevées en proximité de zone industrielle en lien avec la dynamique atmosphérique** p73
 A. Setyan, V. Riffault, S. Mbengue, H. Marris, P. Flament, L. Y. Alleman, K. Deboudt, J. Arndt, R. Healy, J. Wenger, T. Leonardis, C. Schoemacker, P. Dewalle, N. Locoge, F. Cazier, P. Augustin, M. Fourmentin, H. Delbarre

13h43 – 13h47	Modélisation de la qualité de l'air : nombre de particules S. Deschamps, K.N. Sartelet	p75
13h47 – 13h51	Evaluation par un dispositif de test « one pass » de l'efficacité de deux réacteurs expérimentaux de traitement microbiologique de l'air C. Gaüzère, L. Gorvel, J-P. Gorvel, V. Moulès, R. Albalate	p77
13h51 – 13h55	Aérosolisation contrôlée de bioaérosols de bactéries, d'endotoxines, d'actinomycètes ou de moisissures : synthèse des performances d'un générateur bulleur X. Simon, P. Duquenne, V. Koehler, C. Coulais	p79
13h55 – 13h59	Comparaison de traceurs nanoparticulaires pour l'évaluation des performances d'équipements de protection collective destinés à la manipulation de nanoparticules manufacturées S. Artous, P. Bombardier, S. Derroug, C. Durand, E. Zimmermann	p81
13h59 – 14h03	Influence de la fraction organique de carbone sur la mesure de la masse volumique effective d'agrégats de suies à l'aide d'un CPMA F.-X. Ouf, A. Bescond, S. Bourrous, A. Kacem, A. Noirtin, J. Symonds, C. Nickolaus, J. Yon	p83
14h03 – 14h07	Recommandations en matière de caractérisation des potentiels d'émission et d'exposition professionnelle aux aérosols lors d'opérations mettant en œuvre des nanomatériaux O. Witschger, O. Le Bihan, C. Durand, E. Zimmermann, A. Marchetto, M. Reynier, D. Charpentier	p85
14h07 – 14h11	Détection de particules de tailles micrométriques et submicrométriques piégées dans un plasma rf (radio fréquence) basse pression par technique LIBS C. Dutouquet, G. Wattieaux, L. Meyer, E. Frejafon, L. Boufendi	p87
14h11 – 14h15	Projet NANOFLUGAZ : Caractérisation des émissions particulières lors de l'incinération de déchets contenant des nanomatériaux. D-T. Tran, D. Fleury, D. Venditti, S. Durécu, A. Joubert, G. Ounoughene, T. Meunier, O. Le Bihan, L. Le Coq	p89
14h15 – 14h19	Génération numérique de particules de suie réalistes : impact sur leurs propriétés morphologiques et optiques J.Yon, A.Bescond, C. Rozé, A. Coppalle, F. X. Ouf	p91
14h19 – 14h23	Génération d'aérosols par sollicitation mécanique de matériaux : état de l'art. N. Shandilya, M. Morgeneyer, O. Le Bihan	p93
14h23 – 14h27	Conception et validation d'un pilote de filtration –concept de mini-CTA - pour l'étude du comportement des aérosols particuliers L. Gonzalez , Y. Gouriou, A. Joubert, Y. Andrés, C. Delahaye, N. Berthelot, X. Chaucherie, L.Le-Coq	p95
14h27 – 14h31	Caractérisation et impact des particules incandescentes dans les réseaux de ventilation P. Marchal, E. Porcheron, L. Lafanechere, G. Grehan	p97

14h31 – 15h30 SESSION POSTER-PAUSE – CAFE– EXPOSITION

FILTRATION ET METROLOGIE DES AEROSOLS

PRESIDENTS DE SESSION : DR J.P. BORRA, DR D. THOMAS

- 15h30 – 15h50 **Etude de la phase de filtration profonde et de la transition vers la phase de la filtration en surface pour des filtres THE colmatés avec des aérosols nanométriques.** p101
S. Bourrous, L. Bouilloux, F.-X. Ouf, J.-C. Appert-Collin, D. Thomas, L. Tampère
- 15h50 – 16h10 **Collecte des particules ultrafines à l'aide d'une colonne à bulles.** p103
M. Cadavid, D. Bémer, A. Charvet, D. Thomas
- 16h10 – 16h30 **Evaluation des performances de filtres plans vis-à-vis des particules d'un air semi urbain réel. Influence de l'arrêt de la ventilation** p105
Forthomme, A. Joubert, Y. Andrès, X. Simon, D. Bemmer, P. Duquenne, L. Le Coq
- 16h30 – 16h50 **Simulation numérique et expérimentale d'un nébuliseur pneumatique** p107
N. Lelong, A. Junqua-Moulet, H. Suzanne, Y. Sommer de Gélécourt, C. Tanguy, P. Diot, L. Vecellio
- 16h50 – 17h10 **Nouveau préleveur par filtration sur grille met : développement, caractérisation, applications** p109
B. R'mili, O. Le Bihan, O. Aguerre-Chariol, C. Dutouquet, E. Frejafon
- 17h10 – 17h30 **Etude par rayonnement synchrotron x d'aérosols carbonés nanostructures fraîchement émis** p111
F.-X. Ouf, A. Coppalle, D. Ferry, X. Liu, B. Marcillaud, C. Miron, J.-B. A. Mitchell, T. Mostefaoui, C. Nicolas, M. Patanen, P. Parent, O. Sublemontier, J. Yon
- 17h30 Conclusion des journées par le Dr. D. BOULAUD, Président de l'ASFERA**

CONFERENCE PLENIERE :
Dr Marjorie Draghi

MOISSURES ET ENVIRONNEMENTS INTERIEURS : ETAT DES CONNAISSANCES

MARJORIE DRAGHI

(marjorie.draghi@cstb.fr),

CSTB - Pôle Recherche et Innovation pour l'Hygiène des Bâtiments
84 avenue Jean Jaurès - Champs sur Marne – 77447 Marne la Vallée cedex 2

RESUME

Naturellement présentes dans l'environnement extérieur, les moisissures le sont également dans nos bâtiments dans lesquels elles pénètrent essentiellement sous forme d'aérosols, la plupart des spores fongiques assurant la dissémination de ces microorganismes ayant des tailles comprises entre 5 et 20 µm. Dans ces environnements ces particules vont se déposer sur les surfaces où elles proliféreront si les conditions en matière de nutriments et de quantité d'eau disponible leur permettent jusqu'à donner des structures aériennes porteuses de milliers de spores.

Or ce développement microbien n'est pas sans conséquence tant pour les supports colonisés dont ces microorganismes altèrent les propriétés notamment mécaniques que pour les occupants. En effet de nombreuses études ont établi l'implication des moisissures dans la survenue de maladies notamment respiratoires telles qu'allergies, infections, toxi infections. Or ce phénomène de colonisation de nos environnements est loin d'être anecdotique. Ainsi la campagne nationale logement menée par l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur a établi que plus du tiers du parc immobilier français serait concerné et il est à craindre que cette tendance s'accroisse avec les mesures gouvernementales visant à réduire drastiquement la consommation énergétique des bâtiments. En effet, la satisfaction des exigences exprimées par les pouvoirs publics en termes énergétiques, tant pour les bâtiments neufs que pour la rénovation de l'existant, passe par la combinaison de diverses solutions parmi lesquelles figure une isolation thermique renforcée associée à la mise en place systématique de dispositifs de ventilation et de chauffage adaptés. Or si ces techniques se révèlent efficaces intrinsèquement d'un point de vue énergétique, quid de leur comportement lors de l'usage du bâtiment en particulier vis-à-vis d'une humidité excessive qu'elle soit d'origine accidentelle ou liée à la présence et aux activités des occupants? En effet, les signes d'humidité, observés chez 20% des ménages (Enquête INSEE, février-décembre 2006, 42 000 ménages), n'épargneront pas cette nouvelle génération de bâtiments. Or l'étanchéité accrue des enveloppes, la gestion drastique de la ventilation et du chauffage dans ces bâtiments risquent de compliquer l'élimination de l'excès d'eau et ainsi pérenniser la prolifération fongique potentiellement délétère.

Dans ce contexte, il apparaît essentiel de sensibiliser le public et les politiques à la problématique de ces agents biologiques dont les dangers pourtant bien réels sont aujourd'hui sous estimés. Aussi, est-il proposé de présenter ces aérosols biologiques particuliers et les techniques analytiques adaptées à leur détection. Il s'agira également de détailler les effets de ces microorganismes sur la santé et le bâtiment et de présenter les différents travaux menés sur cette thématique..

SESSION I : BIOAEROSOLS

Présidents de session : Dr P. Duquenne, Dr E. Robine

MESURE DE L'EXPOSITION AUX MOISSURES EN MILIEU INTERIEUR (EMMI)

S. BARRAL*(1), V. BEX(1), S. MOULARAT(2), F. CHOUKRI(3)(4), V. BERGERON(5), J. GUILLOT(6), B. DURAND(7), F. DEROUIN(3)(4), E. ROBINE, F. SQUINAZI(1)

(1) Laboratoire d'hygiène de la Ville de Paris, 75013 Paris.

(2) Université Paris-Est, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), 77420 Champs-sur-Marne.

(3) Laboratoire de Parasitologie-Mycologie, hôpital Saint-Louis, 75010 Paris.

(4) Laboratoire de Parasitologie-Mycologie, EA 3520, faculté de Médecine Xavier Bichat, université Denis Diderot, 75018 Paris.

(5) Ecole normale supérieure de Lyon, 69342 Lyon Cedex 07.

(6) UMR ENVA-AFSSA- Paris 12-USCINRA, Biologie Immunologie Parasitaire et Fongique, 94704 Maisons-Alfort cedex.

(7) Anses-LSAn, Unité d'Epidémiologie, F-94706 Maisons-Alfort.

RESUME

La littérature fait état de différentes méthodes tant quantitatives que qualitatives pour apprécier l'exposition des occupants aux aérosols fongiques. Néanmoins, à ce jour, il existe peu d'études comparant ces techniques, les travaux visant davantage la recherche de relations éventuelles entre données recueillies par questionnaire et mesures du bioaérosol avec des résultats, qui plus est, contradictoires. Dans ce contexte, l'objectif du présent travail était de caractériser l'aérosol fongique selon divers types d'analyses. Des prélèvements d'air de 24 heures et/ou de 7 jours ont été réalisés dans 36 environnements présentant des signes de contaminations fongiques. Les différents échantillonneurs retenus étaient des dispositifs individuels visant la fraction inhalable de l'aérosol dont les efficacités biologiques de collecte ont été étudiées dans la première partie de l'étude.

La quantification selon diverses techniques analytiques de la biomasse fongique aéroportée prélevée (moisissures cultivables, (1↯3)-β-D-glucanes, ergostérol) a révélé des valeurs cohérentes avec les données relevées dans la littérature.

Un lien significatif a été établi entre, d'une part, les concentrations de moisissures cultivables et celles de glucanes, et, d'autre part, les concentrations de moisissures cultivables et celles d'ergostérol mesuré sur 7 jours. En revanche, il n'a pas été mis en évidence d'association significative entre la culture et l'ergostérol mesuré sur 24 heures, ni entre les glucanes et l'ergostérol (sur 24 heures comme sur 7 jours). Les concentrations d'ergostérol sur 24 heures n'étaient pas non plus associées aux concentrations d'ergostérol sur 7 jours.

D'un point de vue qualitatif, les espèces fongiques retrouvées par culture sont classiques de l'air des environnements intérieurs humides, avec une prédominance des espèces *Aspergillus versicolor* et *Penicillium chrysogenum*. Dans les 7 logements pour lesquels des résultats qualitatifs ont été obtenus par culture et par PCR-D-HPLC, les espèces ou genres identifiés ne coïncidaient généralement pas.

Concernant les mycotoxines, seule la stérigmatocystine a été détectée dans les prélèvements d'air de deux logements, confirmant ainsi que, dans certaines conditions de croissance, la contamination fongique peut s'accompagner d'aérosols de mycotoxines inhalables.

L'ICF a été trouvé positif dans tous les cas, à une exception, ce qui est cohérent par rapport au choix des sites ayant fait l'objet de prélèvements.

In fine, cette étude met en évidence que les différentes techniques testées apportent des informations complémentaires, aucune ne permettant, à elle seule, d'avoir une vision exhaustive de l'exposition aux aérosols fongiques en termes de toxicité, de biomasse inhalée, ou encore de biodiversité.

MISE AU POINT D'UN DISPOSITIF D'AEROBIOCONTAMINATION POUR ETUDIER LA SURVIE DU VIRUS INFLUENZA SUR LES SUPPORTS

F. CORDONNIER (1,2), T-L HA (1), E ROBINE(1), E GEHIN (2)

(¹) Université Paris-Est, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), Laboratoire de Recherche et d'Innovation pour l'Hygiène des Bâtiments, 84, avenue Jean Jaurès - Champs-sur-Marne, 77447 Marne-la-Vallée, France

(²) Université Paris Est, Centre d'Études et de Recherche en Thermique, Environnement et Systèmes (CERTES), 61, avenue du Général de Gaulle, 94010 Créteil Cedex

RESUME

Dans les environnements intérieurs, 80% des infections respiratoires sont d'origine virale. La grippe, dont l'agent étiologique est un virus non spécifique de l'homme, *Myxovirus influenzae*, compte parmi les pathologies présentant une morbidité et mortalité élevées. La transmission du pathogène est principalement interhumaine : elle se produit par contact direct avec un individu contaminé ou *via* la projection par la toux, l'éternuement ou la parole, de gouttelettes vers les muqueuses respiratoires d'un individu hôte.

Le rôle de l'environnement, en particulier la part relative aux fomites bien qu'évoqué, demeure méconnu. Ce travail de recherche vise donc à évaluer la propension des supports à favoriser la transmission du virus grippal. Dans ce contexte, un dispositif d'aérobiocontamination a été élaboré pour reproduire la contamination de surfaces par un aérosol d'Influenza.

Ce dispositif est composé d'une chaîne de production de l'aérosol, d'un volume de conditionnement et de moyens de mesure et contamination de surfaces. Il a été validé à l'aide d'une souche de collection Influenza A H1N1, multipliée sur culture cellulaire MDCK (ATCC CCL 34) et aérosolisée à partir d'un milieu de composition en sels proche d'une salive. Afin de simuler une émission humaine réaliste, la concentration virale utilisée pour l'aérosolisation ($\approx 5 \times 10^6$ pfu/mL) est comprise dans les concentrations retrouvées dans les sécrétions respiratoires (Tellier, 2006)

L'aérosol ainsi produit présente une répartition polydisperse ($\sigma_g = 1,6$), avec une majorité des particules inférieures à $0,10 \mu\text{m}$ (mode à $0,08 \mu\text{m}$). Cette distribution est induite par la présence des sels du substitut salivaire. Les particules virales au sein de cet aérosol se situent dans la fraction granulométrique comprises entre $0,1$ et $5 \mu\text{m}$ avec une répartition bimodale (modes à $0,25$ et $0,75 \mu\text{m}$). 50% des virus se trouvent sur des particules de diamètre compris entre $0,04$ et $0,50 \mu\text{m}$. La taille de l'aérosol virale produit est comparable à la granulométrie observée dans les urgences d'un hôpital (Lindsley *et al.*, 2010).

La concentration virale dans le volume de conditionnement est de 7×10^6 unités génomiques de virus/dm³ dont 10^3 virus/dm³ sont infectieux.

La maîtrise de la suspension virale et des conditions de nébulisation permet de contaminer de façon homogène les matériaux. La contamination de support de 4 cm^2 par une impaction de 10 min permet de déposer 10^7 unités génomiques de virus dont 3×10^3 (CV 32%) virus restent infectieux après dépôt.

La mise en place et la maîtrise de la procédure d'aérobiocontamination va permettre d'évaluer la survie du virus Influenza sur des supports présentant notamment des caractéristiques physico-chimiques différentes (acier, verre, PVC et papier).

Références

Lindsley, W. G., *et al.* (2010). "Distribution of Airborne Influenza Virus and Respiratory Syncytial Virus in an Urgent Care Medical Clinic." *Clinical Infectious Diseases* **50**(5): 693-698.

Tellier, R. (2006). "Review of Aerosol Transmission of Influenza A Virus." *Emerging Infectious Diseases* **12**(11): 1657-1662.

MESURE DES ACTINOBACTERIES DANS L'AIR DES PLATES-FORMES DE COMPOSTAGE PAR QPCR

P. DUQUENNE*(1), L. BETELLI(1), E. GEHIN(3), F. GRENOUILLET (4), X. SIMON(1) ET A. HARTMANN(2),

(1) INRS, rue du Morvan CS 60027, 54519 Vandoeuvre-lès-Nancy Cedex, France.

(2) INRA, 17 rue Sully, BP 86510, 21065 Dijon, France.

(3) Université Paris-Est, CERTES, 61 avenue du Général de Gaulle, 94000 Créteil, France.

(4) CHU de Besançon, 2 place Saint Jacques – 25030 Besançon, France.

RESUME

La mise en suspension dans l'air des microorganismes impliqués dans les procédés de compostage peut présenter un risque biologique pour les travailleurs sur les plates-formes [1-2]. Les actinomycètes sont les microorganismes incriminés dans les pathologies développées. L'essentiel des expositions mesurées dans ce secteur d'activité repose sur le dénombrement des microorganismes par culture [3]. Notre laboratoire a développé une méthode alternative reposant sur la PCR en temps réels [4]. Une étude a été menée dans le but d'investiguer la génération des bioaérosols lors des principales activités de compostage avec cette méthode. La campagne de mesure a été menée en 2011 sur 5 plates-formes de compostage. Pour chaque site, les prélèvements en ambiance ont été effectués au cours de 6 à 8 activités différentes (dont un point de référence sans activité) et sur trois jours consécutifs. Les prélèvements ont été effectués en cassette fermée (2L/min.) pour la mesure des bactéries cultivables mésophiles et thermophiles [3] et la quantification par PCR en temps réels de *Thermoactinomyces vulgaris* et *Thermobifida sp.* et du groupe des streptomycètes mésophiles [4]. Pour une plate-forme, la répartition des bactéries dans les différentes fractions granulométriques de l'aérosol (impacteur en cascade MARPLE, 2L/min.) a été étudiée en cours de fermentation. Les résultats révèlent des concentrations en microorganismes cultivables à proximités des activités comprises entre de $1,7 \times 10^2$ et $9,4 \times 10^6$ UFC.m⁻³ pour les bactéries mésophiles et entre $1,3 \times 10^3$ et $8,5 \times 10^6$ UFC.m⁻³ pour les bactéries thermophiles. Elles sont supérieures à celles mesurées aux points de référence et correspondent aux données rapportées dans la littérature pour ce secteur professionnel. Les mesures effectuées par qPCR révèlent la présence de bactéries appartenant au groupe *Thermobifida sp.* dans 58 % des échantillons et à des concentrations comprises entre $2,1 \times 10^4$ et $3,0 \times 10^8$ copies de gène.m⁻³. Des résultats similaires ont été obtenus pour le groupe des streptomycètes mésophiles. *Thermoactinomyces vulgaris* a été mis en évidence uniquement dans 18% des échantillons et à des concentrations plus faibles (entre $2,6 \times 10^4$ et $2,4 \times 10^6$ copies de gène.m⁻³). Les bactéries mesurées par qPCR sont généralement absentes dans l'air aux points de références. L'analyse ANOVA des données n'a pas mis évidence d'effet des principaux facteurs (plate-forme, type de déchets, stade de compostage etc...) sur les concentrations mesurées. La répartition des bactéries dans les différentes fractions de l'aérosol généré à proximité de la zone de fermentation varie selon les microorganismes recherchés et le jour de prélèvement. Pour *Thermobifida sp.*, le diamètre aérodynamique médian (DAM) a été établi à 7,5 µm, 10,2 µm et 4,0 µm sur trois jours consécutifs. Pour les bactéries cultivables mésophiles, le DAM a été établi à 10,0 µm, 11,0 µm et 9,0 µm pour les mêmes jours. Les résultats montrent l'utilité de la qPCR pour la mesure des actinomycètes dans l'air et, aussi, que ces bactéries sont portées par des particules ou des agglomérats dont le diamètre aérodynamique est supérieur à 4,0 µm. La limite de quantification de la qPCR impose une réflexion sur le choix de la méthode de prélèvement.

Références

- 1-Mustin, M. 1987. Le compost: Gestion de la matière organique. Eds F.DUBOSC, Paris, 953p
- 2-CAREPS. 2002. Etude bibliographique sur l'évaluation des risques liés aux bio-aérosols générés par le compostage des déchets.
- 3- Duquenne P, Simon X, Koehler V, Goncalves-Machado S, Greff G, Nicot T, Poirot P: Documentation of bioaerosol concentrations in an indoor composting facility in France. *Journal of Environmental Monitoring* 2012, 14(2):409-419.
- 4- Betelli L, X. Simon, A. Hartmann, E. Géhin et P. Duquenne (2011). Développement et évaluation d'une méthode de quantification de *Thermoactinomyces vulgaris* dans l'air, par PCR temps réel. CFA 2012 - 27ème congrès français sur les aérosols. Paris.

CARACTERISATION DE L'AEROSOL FONGIQUE EMIS LORS DE L'ACTIVITE DES SALARIES DANS UNE ENTREPRISE D'AFFINAGE DE FROMAGES

X. SIMON*(1), P. DUQUENNE(1), C. COULAIS(1), G. GREFF(1), V. KOEHLER(1)

(1) Institut National de Recherche et de Sécurité, rue du Morvan – Laboratoire de Métrologie des Aérosols – CS 60027, 54519 Vandoeuvre les Nancy Cedex.

RESUME

Historiquement, de nombreuses spécialités fromagères sont élaborées dans les régions françaises. Les entreprises et les salariés impliqués dans ce secteur de fabrication sont nombreux. Les salariés des caves d'affinage, notamment les laveurs de fromages, sont susceptibles d'inhaler des moisissures responsables de pathologies allergiques et toxiques. Des bactéries, des fragments ou des sous-produits bactériens et fongiques se retrouvent également dans l'air et participent à l'exposition globale des salariés. Le risque biologique afférant à l'exposition aux bioaérosols dans ces atmosphères de travail reste mal connu, largement sous-documenté et peut être encore mal appréhendé. Par ailleurs, il n'existe pratiquement aucune donnée publiée concernant les caractéristiques des aérosols fongiques émis lors des activités d'affinage de fromages.

L'objectif de l'étude était de mesurer les principaux paramètres descriptifs de l'aérosol de moisissures (concentrations, identification des espèces, distributions en tailles des particules) émis dans une cave d'affinage de fromages à pâte pressée non cuite.

Des prélèvements d'air ont été effectués par filtration (cassette fermée – filtre polycarbonate – 2 L.min⁻¹) pendant des durées de 4 à 7 heures, à poste fixe (à hauteur des voies respiratoires) ou en individuel (sur le torse du salarié, à proximité de ses voies respiratoires), sur trois jours consécutifs. En fonction du poste de travail, les concentrations en moisissures cultivables sont comprises entre 10⁴ et 2×10⁸ UFC.m⁻³ (Unité Formant Colonies par mètre cube d'air – analyse par dénombrement des colonies sur boîtes de Pétri, milieu de culture MEA, 25°C, 5 jours). Ces concentrations sont de 10 à 100000 fois supérieures à celles mesurées dans des points de référence supposés non contaminés par les activités de l'entreprise (bureau et extérieur). Les activités les plus exposantes sont le frottement, le lavage à la main et l'emballage des fromages. *Mucor fuscus* et *Penicillium camemberti*, espèces potentiellement allergènes, constituent les moisissures majoritaires dans les échantillons.

Les distributions granulométriques des aérosols fongiques ont été mesurées avec un impacteur en cascade (Marple 290) et un compteur optique de particules (Grimm 1.109).

Les distributions granulométriques du bioaérosol, mesurées par impaction au cours de l'activité de frottement des fromages, révèlent la présence d'entités fongiques cultivables de diamètres aérodynamiques compris entre 3 et 40 µm et présentent un mode pour l'étage 6 – 9,8 µm. Le frottement des fromages a pour objectif de retirer la « fleur » de moisissures présente sur la croûte et a pour conséquence d'émettre dans l'air une grande quantité de particules fongiques, de nature très hétérogènes (spores, fragments et brins de mycélium, agglomérats, etc.). En fonction des points de mesure dans l'entreprise, les diamètres optiques des particules fongiques s'étalent entre 1,3 et 30 µm. L'utilisation d'un compteur optique dans l'atmosphère de travail de la cave d'affinage et l'interprétation des données restent cependant délicates car l'humidité relative de l'air est proche de 100 % (Day et al., 2001 ; Hitzengerger et al., 1997 ; Tang, 1996). En effet, la présence d'une population de très nombreuses particules submicroniques (probablement des gouttelettes d'eau formées par condensation hétérogène et des particules salines liées aux nombreux lavages des fromages à la saumure) et l'incertitude liée à l'estimation du diamètre optique par diffusion de la lumière (présence probable d'une pellicule d'eau condensée sur la surface des particules) gênent considérablement la caractérisation granulométrique de la population fongique d'intérêt.

Les résultats montrent que les salariés sont exposés à des concentrations, parfois très élevées, en moisissures allergènes aéroportées. Les concentrations mesurées peuvent présenter un risque immuno-allergique pour les salariés si aucun moyen de prévention efficace n'existe aux postes les plus exposés. Les fortes humidités relatives qui règnent dans les caves d'affinage de fromages, ainsi que les concentrations en nombre élevées, rendent délicates l'utilisation de compteurs optiques de particules. Les impacteurs en cascade constituent alors une alternative intéressante pour la détermination des distributions granulométriques de l'aérosol, bien que leur utilisation soit plus fastidieuse, que leur résolution soit moins grande et que les versions les plus classiques (Marple, Sioutas, etc.) ne permettent pas un suivi dans le temps ou une détection des pics.

Références

- Day, D.E., & Malm W.C. (2001). Aerosol light scattering measurements as a function of relative humidity: a comparison between measurements made at three different sites. *Atmospheric Environment* 35, 5169-5176.
- Hitzenberger, R., Berner, A., Dusek, U., & Alabashi, R. (1997). Humidity-dependent growth of size-segregated aerosol samples. *Aerosol Science and Technology* 27(2), 116-130.
- Tang, I.N. (1996). Chemical and size effects of hygroscopic aerosols on light scattering coefficients. *Journal of Geophysical Research* 101(D14), 19,245-19,250.

EXPOSITION AUX AÉROSOLS BIOLOGIQUES LIÉE À LA RÉUTILISATION D'EAUX USÉES TRAITÉES PAR ASPERSION

TL HA¹, C. FOURNEAU¹, B. MOLLE², S. TOMAS², E. ROBINE¹

⁽¹⁾ Université Paris Est, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, Marne-La-Vallée.

⁽²⁾ Cemagref, UMR G-EAU, Aix-en-Provence.

RESUME

La réutilisation des eaux résiduaires urbaines épurées pour l'arrosage ou l'irrigation de cultures ou d'espaces verts présente un intérêt vis-à-vis de la préservation de la ressource en eau, notamment dans un contexte de conditions météorologiques défavorables (période de sécheresse prolongée) ou dans une zone de faible disponibilité des ressources en eau. Cependant, ces eaux usées traitées pouvant encore contenir divers microorganismes potentiellement pathogènes (bactéries, parasites), les moyens d'épandage sont aujourd'hui limités aux systèmes d'irrigation gravitaire et localisée. En France, l'usage des systèmes d'irrigation par aspersion n'est autorisé qu'à titre expérimental dans l'attente d'une meilleure évaluation des risques sanitaires.

Dans ce contexte, une étude expérimentale sur le risque de diffusion de microorganismes par les dispositifs d'aspersion, et plus particulièrement sur le transfert en aérosols de ces microorganismes a été réalisée.

Des essais en tunnel ont été menés, portant sur la caractérisation d'un asperseur modèle, avec mesure de la concentration et taille des microorganismes aérosolisés en référence au réservoir hydrique. Cet asperseur a également été mis en œuvre lors d'expérimentations in situ pour déterminer les situations d'exposition suivant les conditions météorologiques (vitesse, direction du vent). Dans les deux cas, la procédure a consisté en des dispersions d'un traceur bactérien (spores de *Bacillus atrophaeus* ou BG), puis d'une analyse de la fraction aéroportée associée à l'aide d'impacteurs sur gélose (Air Test Oméga, Andersen 6 étages).

Sous flux dynamique et contrôlé (essais en tunnel) et dans les conditions les plus drastiques (dispersion à contre-courant, vitesse d'air de 4,8 m/s), il a été observé que l'asperseur pouvait émettre jusqu'à 4.10^6 spores de BG/min à partir d'une concentration dans l'eau de 8.10^7 UFC/L. D'un point de vue qualitatif, les données obtenues en configurations réalistes ont mis en évidence un risque de contamination par aérosol jusqu'à 40 m à partir du terme source, soit environ deux fois la portée de l'asperseur. La diffusion des microorganismes étant principalement tributaire des conditions de vent locales.

En complément de ces approches physiques, des essais à partir d'eaux usées traitées réelles ont également été abordés afin d'évaluer l'impact éventuel de la composition de ces eaux dans la diffusion (survie) des microorganismes présents.

CARACTERISATION DE LA DIVERSITE MICROBIENNE DE L'AIR DES ESPACES CLOS.

C. GAÛZERE*(1,2), M. MOLETTA-DENAT (1), E. ROBINE (1), J-J. GODON (2)

(¹) Université Paris-Est, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), Département Energie Santé Environnement, Division Santé, Laboratoire de Recherche et d'Innovation pour l'Hygiène des Bâtiments, 84, avenue Jean Jaurès - Champs-sur-Marne, 77447 Marne-la-Vallée.

(²) INRA, UR50, Laboratoire de Biotechnologie de l'Environnement, Avenue des Etangs, 11100 Narbonne.

RESUME

L'occupation quasi constante des environnements intérieurs (en moyenne 90% du temps), expose en permanence les occupants à une large variété de microorganismes présents dans l'air de ces espaces.

En raison de difficultés technologiques liées à la collecte et à l'analyse, ce domaine scientifique reste pourtant quasiment vierge et ce, malgré les retombées possibles dans le domaine de la santé. Le manque est particulièrement marqué, en ce qui concerne l'exposition des individus aux aérosols microbiens et plus globalement la gestion sanitaire de la qualité de l'air des espaces clos.

Cette étude a pour objectif la caractérisation de la diversité microbienne de l'air de différents espaces clos collectifs par une approche qualitative et quantitative. L'ensemble de l'étude a porté sur des environnements sensibles d'un point de vue des occupants (Hôpital), de la densité de fréquentation (Le Musée du Louvre) ou d'un temps d'exposition prolongé (Bureau).

L'originalité de cette thèse a résidé dans l'association d'une stratégie d'échantillonnage représentative des environnements étudiés et d'outils analytiques pertinents permettant d'étudier la microflore de l'air indépendamment de la cultivabilité des microorganismes. Pour la première fois, un séquençage haut débit (pyroséquençage 454) a été appliqué à des échantillons d'air intérieur permettant d'accéder à une diversité microbienne rare comme le sont les espèces pathogènes.

Les résultats montrent une diversité microbienne plus riche que celle habituellement observée par des méthodes culturales. Plusieurs microorganismes impliqués dans des problématiques sanitaires ont été retrouvés (*Borrelia* spp., *Burkholderia* spp., *Legionella* spp., *Neisseria* spp. et *Mycobacterium* spp.). Les résultats mettent en évidence une stabilité à la fois spatiale et temporelle pour les bactéries retrouvées dans l'air intérieur. Cette stabilité est à la fois qualitative (structure des communautés microbiennes) et quantitative (abondance des microorganismes). La forte présence de séquences d'origine humaine permet de considérer l'Homme comme le principal élément orientant la microflore bactérienne de l'air intérieur. Des « *core species* » signant l'air intérieur anthropisé ont pu être identifiées.

En ce qui concerne la caractérisation des aérosols microbiens, le déploiement d'une méthodologie similaire dans d'autres environnements clos permettrait à terme de mieux définir les niveaux d'exposition des personnes, mais également d'alimenter la base de données initiée. Celle-ci ainsi que le recours aux nouvelles techniques de séquençage, pourra servir de cadre pour la mise en place d'une surveillance de l'air intérieur et la validation d'une QAI de référence à différents niveaux d'alerte.

**SESSION II : CARACTERISATION DES SOURCES ET
PHYSIQUE DES AEROSOLS**

Présidents de session : Dr G. Da, Dr F.Gensdarmes

DEVELOPPEMENT D'UN TEST D'ABRASION POUR BETON, AVEC ETUDE DU RELARGAGE POTENTIEL EN PARTICULES INHALABLES

C. BRESSOT*(1), O. AGUERRE-CHARIOL (1), A. PLASSAIS (2), F. ROUSSEAU (2), C. HAEHNEL (2), O. L. C. LE BIHAN (1).

(¹) Institut National de l'Environnement industriel et des RISques (INERIS), 60550 Verneuil-en-Halatte, Christophe.bressot@ineris.fr.

(²) CTG Italcementi Group, rue des Technodes 78931 Guerville Cedex

RESUME

Le développement des nanomatériaux offre des opportunités d'innovation (ex : bétons contenant une nano-charge) dans le domaine du bâtiment et des travaux publics [1]. La nano-charge ayant toutefois un effet potentiel sur l'homme et l'environnement [2], il est nécessaire d'étudier son possible relargage en conditions d'usage, afin, si nécessaire, de faire évoluer la conception du produit.

L'étude présentée ici porte sur l'utilisation de dioxyde de titane nanostructuré, revendiquant des propriétés photo-catalytiques pouvant donner aux matériaux des fonctions telles que la réduction de la pollution atmosphérique et l'auto-nettoyage des surfaces.

L'étude porte sur l'émission potentielle de particules dans l'air. L'approche retenue est « maximisante » : les surfaces considérées sont soumises à une abrasion, les abrasifs retenus étant de dureté importante. Les points de fonctionnement les plus émissifs sont sélectionnés à partir des données obtenues en changeant les conditions opératoires (masse, vitesse, durée de l'essai). Le dispositif expérimental [3] est constitué d'une chambre d'émission, d'un tribomètre de type Taber, d'appareils de mesure en temps réel de l'aérosol (CNC, APS, SMPS), et d'un système de prélèvement par aspiration à travers une grille MET [4-6] avec une analyse par microscope électronique et microanalyse EDS.

Deux familles de produits ont été considérées : d'une part un mortier dont la surface simule la surface d'un béton classique, d'autre part un mortier sec mis en place par compression dont la surface simule la surface d'un pavement (matériaux de construction utilisant du ciment et du sable).

Les résultats montrent qu'un aérosol peut être émis lors de l'abrasion de ces deux produits, pour certains points de fonctionnement. Les particules produites sont principalement microniques. Aucune particule libre de nano-charge n'a été observée. Des éléments de nano-charge sont observés dans des particules microniques, dont la composition est représentative de la matrice d'origine (mortier ou mortier sec assimilables respectivement à du béton classique et une surface de pavement).

Références

F. PACHECO-TORGAL, SAID JALALI, "Nanotechnology: Advantages and drawbacks in the field of construction and building materials", *Construction and Building Materials* 25 (2011) 582-590.

Rapport ANSES, (mars 2010), Évaluation des risques liés aux nanomatériaux pour la population générale et pour l'environnement.

C. Bressot, O. Le Bihan, M. Dalle, L. Gheerardyn, O. Aguerre-Chariol, Y.-M. Chen, M. Morgeneyer, « Développement d'un banc de caractérisation des émissions de particules lors d'une usure par abrasion : application à un solide plan », Congrès Français sur les Aérosols, Paris, janvier 2012.

LYYRÄNEN J, BACKMAN U, TAPPER U, AUVINEN A, JOKINIEMI, A size selective nanoparticle collection device based on diffusion and thermophoresis., *J Phys (Conf Ser)*, 170, (2009)

R'MILI, B., Développement de méthodes de caractérisation physico-chimique et morphologique des nano-objets manufacturés. Thèse de doctorat, Université de Picardie Jules Verne.

R'MILI B., LE BIHAN O., AGUERRE-CHARIOL O., DUTOUQUET C., FREJAFON E. Study of nanoparticle collection efficiency of an aspiration-based TEM (Transmission Electron Microscopy) sampler Abstracts of INRS Occupational Health Research Conference "Risks associated with nanoparticles and nanomaterials", 5-7 avril 2011, Nancy, France, p. 81.

ETUDE DE LA MISE EN SUSPENSION DE NANOTUBES DE CARBONE PAR AGITATEUR VORTEX

A. USTACHE*(1), D. BERNARD (2), O. LE BIHAN (1), O. AGUERRE-CHARIOL(1).

(1) Institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS), Parc Technologique Alata, BP 2, 60550 Verneuil-en-Halatte. Aurelien.Ustache@ineris.fr

(2) ARKEMA France ; 420 rue d'Estienne d'Orves F92705 Colombes.

RESUME

La mise en suspension de poudres est un processus essentiel dans différents domaines : il permet d'étudier la physico-chimie de la phase « aérosol » d'une poudre donnée. Un tel système est indispensable pour mener des études toxicologiques par inhalation *in vivo*. Dans le domaine de la protection des personnes (travailleur, consommateur) et de l'environnement, il permet d'évaluer l'émissivité potentielle des poudres, et en conséquence d'adapter les mesures de protection.

Différents systèmes de mise en suspension de poudres existent, basés par exemple sur la chute de poudre, ou sur un cylindre horizontal rotatif [1].

Cependant, dans la majorité des cas, ces systèmes mettent en œuvre une quantité importante de produit ; par ailleurs, ces appareils peuvent être relativement volumineux, et nécessiter une opération de nettoyage post-essai relativement longue voire complexe.

Ces difficultés sont exacerbées dans le cas de poudres nanostructurées : en effet, les contraintes de sécurité sont beaucoup plus importantes.

Nous rapportons ici les résultats d'une étude de mise en suspension de nanotubes de carbone par effet vortex. Dans la perspective d'études toxicologiques, la quantification de la masse de produit généré est une donnée fondamentale. Le système par effet vortex [2][3][4] a par conséquent été couplé à un dispositif de caractérisation composé :

- d'un échantillonnage sur filtre quartz afin de mesurer la masse totale d'aérosol généré par analyse du carbone total ;
- d'un TEOM afin de connaître en temps réel la masse d'aérosol et ainsi évaluer la stabilité temporelle de la concentration de l'aérosol généré ;
- d'un prélèveur pour observation au Microscope Electronique à Transmission permettant une visualisation précise des particules générées

Les résultats mettent en évidence une relation entre la vitesse d'agitation et la quantité d'aérosol émis d'une part et la morphologie des particules d'autre part.

Références

[1] Revision EN 15051 prEN 15051-3 Workplace atmospheres -Measurement of the dustiness of bulk materials, 2008

[2] Isamu Ogura et al. 2009. Nanosafe 2008, Journal of Physics: Conference Series 170 (2009)

[3] Baron, P.A et al. 2003. NIOSH DART-02-191

[4] Ustache et al. *Mise en suspension de poudres par effet vortex*. CFA 2011

Remerciements : Ce travail a été financé par ARKEMA FRANCE

MODELISATION DE LA TRANSFORMATION PHYSICO-CHIMIQUE DES AEROSOLS DE SODIUM.

E. MATHE*(1), M.P. KISSANE(1), D. PETITPREZ(2)

(1) Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN/PSN/SAG), BP 3, 13115 Saint-Paul-lez-Durance, France.

(2) PC2A, Université de Lille 1, Cité Scientifique, 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex, France

RESUME

Dans le cadre de l'initiative internationale « Generation IV » (www.gen-4.org), le réacteur nucléaire à neutrons rapides refroidi au sodium (RNR-Na) est de nouveau étudié en France et ailleurs afin de répondre au mieux aux besoins de production d'énergie électrique à grande échelle et à long terme. Parmi les enjeux, il est nécessaire de réétudier la sûreté de cette technologie et d'estimer les conséquences d'un accident grave (même si la conception d'un nouveau RNR-Na réduira davantage la possibilité d'un tel événement). En particulier, le RNR-Na nécessite une grande quantité de sodium dans le système primaire pour transporter la chaleur générée par le coeur. Un aspect critique de l'évaluation d'un accident grave concerne les conséquences d'un rejet important de ce sodium dans l'enceinte de confinement qui sera dimensionnée en fonction de cette éventualité. L'un des scénarii les plus éprouvants pour la sûreté implique une arrivée du sodium dans l'enceinte sous forme de jet pulvérisé où le sodium, métal pyrophorique, s'oxyde et s'enflamme rapidement au contact de l'air produisant une importante quantité d'aérosols d'oxyde de sodium (Mathé et Kissane, 2012).

Au-delà des conséquences de surpression et de température générées par cet incendie, il est également important d'analyser l'évolution physico-chimique des aérosols produits afin de connaître la toxicité régnant à l'intérieur de l'enceinte de confinement. De plus, cette analyse est un pas supplémentaire en vue de l'analyse du terme source de l'accident où l'évolution des aérosols influe sur le transfert de radiocontaminants relâchés avec le sodium dans l'enceinte de confinement. L'évolution physico-chimique des aérosols n'ayant été que très peu étudiée, il est indispensable de développer une modélisation crédible.

Après analyse de la littérature dans ce domaine, le modèle de Cooper (1980) s'avère être le modèle le plus abouti. Cooper a modélisé l'évolution des aérosols en différentes couches d'oxyde, d'hydroxyde, de carbonate et de bicarbonate, évoluant en fonction de la concentration en vapeur d'eau et en dioxyde de carbone ainsi qu'en fonction du temps. Ce modèle s'appuie sur la théorie de Fuchs-Sutugin et un modèle théorique du coefficient de diffusion des gaz à travers les différentes couches surfaciques de l'aérosol proposé par Cooper. En fait, ce modèle théorique du coefficient de diffusion ne s'appuie que sur quelques données expérimentales fixant les valeurs de la porosité et de tortuosité après calage sur les résultats expérimentaux. Ces données ne permettent pas de réaliser une validation et d'autres expériences remettent en question les valeurs des coefficients proposées par Cooper. Dans ce travail, des améliorations ont été apportées à ce modèle notamment en intégrant un modèle de concentration des gaz réagissant à la surface des aérosols et la confrontation avec des données expérimentales plus solides (inexistantes lorsque Cooper a publié son modèle). Néanmoins, davantage de données sont nécessaires afin de confirmer ou d'affiner les valeurs de porosité et de tortuosité. Dans cette optique, une série d'expériences est proposée comprenant la réalisation d'échantillons d'oxyde, d'hydroxyde et de carbonate de sodium et leur mise en contact avec différents mélanges de vapeur d'eau et de dioxyde de carbone.

Références

Cooper, D.W. (1980). Prediction of the Rates of Chemical Transformation of Sodium Fire Aerosols, Proceedings of the CSNI Specialists Meeting on Nuclear Aerosols in Reactor Safety, 15-17 avril 1980, Gatlinburg, Tennessee, NUREG/CR-1724 et CSNI-145.

Mathé, E., Kissane, M. (2012). Modélisation de la production d'aérosols par la combustion de sodium. Actes du 27^e Congrès Français sur les Aérosols (CFA-2012), ASFERA, Paris, France, 27-28 jan. 2012

ANALYSE DES PHENOMENES DE MISE EN SUSPENSION DE CONTAMINANTS PARTICULAIRES EN SITUATION D'INCENDIE DANS LES INSTALLATIONS NUCLEAIRES

S. DELCOUR* (1), F. -X. OUF (1), J. -M. LOPEZ-CUESTA (2), L. FERRY (2).

simon.delcour@irsn.fr

(1) Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire, B.P. 68, 91192 Gif-sur-Yvette Cedex.

(2) Centre des Matériaux de Grande Distribution, Ecole des Mines d'Alès, 6, Avenue de Clavières, 30319 Alès Cedex.

RESUME

L'évaluation des conséquences d'un incendie dans une installation nucléaire de type laboratoire ou sine, et de l'éventuelle dispersion des matières radioactives qui peut en résulter, constitue un enjeu majeur pour l'IRSN. Le cas des feux de boîtes à gants présente un intérêt tout particulier de par leurs fabrication en matériaux polymères combustibles (polyméthacrylate de méthyle et polycarbonate) et la contamination résiduelle en particules radioactives qu'elles contiennent (Oxydes d'Uranium et de Plutonium, majoritairement).

Plusieurs études macroscopiques, à petite et à grande échelle, ont été réalisées pour évaluer les fractions de contaminants mises en suspension (Buijs & Chavanne de Dalmassy, 1988 ; Buijs et al., 1989 ; Fernandez, 1993 ; Halverson et al., 1987). Ces études ont permis d'identifier des ordres de grandeur mais aucune étude phénoménologique n'a été menée sur cette thématique. Le seul phénomène clairement identifié dans cette problématique est le « flash d'émission » observé par tous les auteurs pour le PMMA. Ce phénomène a toujours été relié au comportement bullant du PMMA, mais, jusqu'à présent, aucune étude n'a pu confirmer ou infirmer cette hypothèse et proposer un modèle prédictif de mise en suspension de contaminants particuliers en situation d'incendie.

Cette communication présente une première analyse dont l'objectif est d'identifier précisément les phénomènes mis en jeu au niveau d'une interface polymère – air, contaminée par des particules solides et soumise à un stress thermique. Les phénomènes retenus sont le comportement au feu du polymère (bullage, intumescence), la mise en suspension par écoulement de convection induit et le piégeage des particules dans la masse de matière fluidifiée par le flux de chaleur. Des questions liées aux éventuelles interactions entre les particules contaminantes, l'aérosol de combustion et le polymère en cours de dégradation seront également à investiguer.

Un modèle théorique d'équilibre des forces sur une particule à l'interface polymère – air est présenté. Ce modèle inclut les effets de la gravité, de la trainée, de la thermophorèse et de la photophorèse. Pour cela, le comportement du polymère chauffé est modélisé, notamment au niveau de la viscosité et du comportement physico-chimique (bullage). La percolation des particules à travers la couche de bulles est abordée, d'abord par l'étude de la microstructure 3D de la couche de bulles (Tomographie X à l'aide d'un rayonnement synchrotron + observation de coupes) puis par quantification/dosage des particules piégées dans la phase polymère dégradée (Laser Induced Breakdown Spectroscopy - LIBS).

Cette étude constitue une première approche théorique du problème et permet de développer un modèle théorique de mise en suspension à l'interface. Elle sera ensuite complétée par d'autres travaux, basés sur une analyse in-situ de la mise en suspension par de nouveaux moyens métrologiques (LIBS en phase aérosol, Particle Image Velocimetry - PIV en proche interface).

Références

- BUIJS, K., CHAVANNE DE DALMASSY, B. (1988). Contaminated smoke: a simulation of the heavy metal containing aerosols from fires in plutonium glove boxes. *Nuclear Science and Technology*, VI, EUR 11809.
- BUIJS, K., CHAVANNE DE DALMASSY, B., and PICKERING, S. (1989). The dispersion of radioactive aerosols in fires. *Journal of Nuclear Materials*, 166, 199-207.
- FERNANDEZ, Y. (1993), Etude expérimentale de l'émission d'aérosols radioactifs lors de la dégradation thermique des matériaux organiques contaminés présents dans les installations nucléaires, thèse de doctorat, *Rapport CEA R-5663*.
- HALVERSON, M.A., BALLINGER, M.Y., and DENNIS, G.W. (1987). Combustion aerosols formed during burning of radioactively contaminated materials. Experimental results. *NUREG/CR 4736*. PNL- 5999.

ETUDE SPECTRALE DE LA DENSITE OPTIQUE DES AEROSOLS DE FUMEE D'INCENDIE

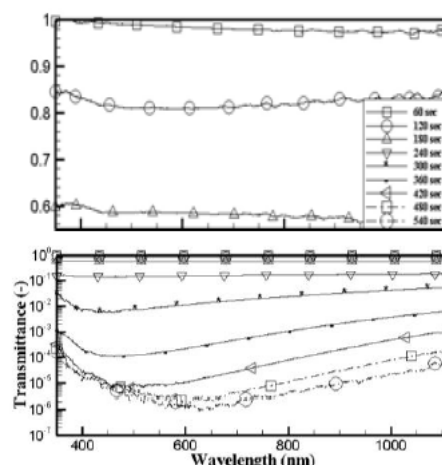
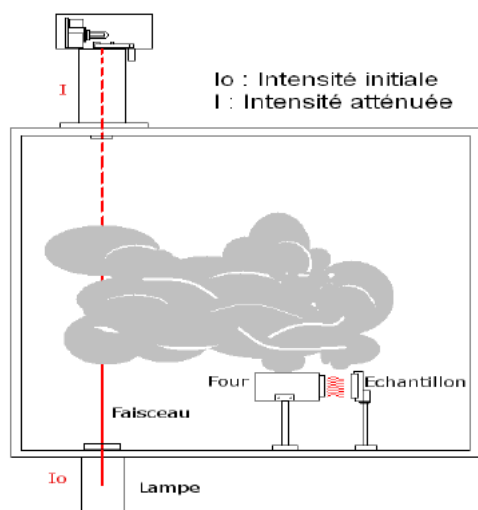
A. BESCOND, J.YON, M. TALBAUT, A. COPPALLE

UMR 6614 CORIA, CNRS, Université et INSA de Rouen, site universitaire du Madrillet, Avenue de l'Université BP12, 76801 Saint Etienne du Rouvray cedex, France

RESUME

Les propriétés optiques des aérosols de fumées doivent être connues car elles influencent la visibilité en cas d'incendie dans un espace clos. Elle peut être réduite et perturber de l'évacuation des personnes et l'intervention des services de secours [1]. Des mesures ont été effectuées sur des fumées produites par des matériaux soumis à un flux de rayonnement intense mais se dégradant sans flamme. Deux matériaux ont été étudiés: le bois et le PMMA.

Photomètre ou Spectromètre



A gauche, dispositif expérimental de la chambre de fumée, A droite transmittance pour différents temps sur un échantillon de bois

La densité optique des fumées en lumière blanche a été mesurée en plaçant un photomètre sur le faisceau transmis. Mais pour comprendre les résultats, des mesures spectrales ont aussi été réalisées en remplaçant le photomètre par un spectromètre permettant l'analyse des propriétés optiques des fumées pour des longueurs d'onde entre 350 et 1125 nm. En parallèle, la concentration en masse C_{mass} des

particules a été mesurée et elle permet de déterminer le coefficient d'extinction spécifique $\sigma_s^\lambda = \frac{K_{ext}^\lambda}{C_{mass}}$, étant le coefficient d'extinction K_{ext}^λ . Les mesures spectrales ont mis en évidence la dépendance de la transmission, du coefficient d'extinction et du coefficient d'extinction spécifique en fonction de la longueur d'onde. Les résultats spectraux sont discutés et comparés à d'autres études. Une valeur moyenne sur le spectre visible du coefficient d'extinction spécifique est proposée et comparée à d'autres données.

Références

[1] Mulholland G., 2002. Smoke production and properties, in "SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 3rd ed.", Society of Fire Protection Engineers, Boston, p. 2-258.

ETUDE EXPERIMENTALE 2D ET 3D D'AGREGATS DE SUIE AERONAUTIQUE PAR TOMOGRAPHIE ELECTRONIQUE : MORPHOLOGIE, DIMENSION FRACTALE ET RELATION DE TRANSPOSITION 2D-3D

D. LOTTIN*(1), D. DELHAYE(1), D. FERRY(2)

(1) ONERA – The French Aerospace Lab, F-92322 Châtillon,

(2) CINA M – CNRS UMR 7325, 13009 Marseille

*delphine.lottin@onera.fr

RESUME

Les aérosols issus des processus de combustion aéronautique font l'objet de nombreuses questions concernant leur impact sur l'environnement. La présence et le suivi de l'évolution de ces agrégats de suie dans l'atmosphère sont essentiellement étudiés par des techniques de mesure optique et l'interprétation de la réponse optique des agrégats requiert une connaissance fine à la fois de leurs indices optiques mais également de leur morphologie complexe (Adachi et al., 2007, et références citées). Or cette dernière n'est pas suffisamment bien décrite par des descripteurs morphologiques simples tels que les facteurs de forme et de nombreux auteurs utilisent la dimension fractale (D_f) pour la caractériser (eg. Chakrabarty et al., 2006). Ces agrégats de suie, composés de particules primaires de tailles nanométriques, sont couramment caractérisés en laboratoire par Microscopie Electronique en Transmission (MET) pour déterminer leurs caractéristiques microphysiques 2D (structure, texture, taille, morphologie, dimension fractale) à partir de micrographies (Cai et al., 1993, Köylü et al., 1995, Ouf et al., 2008). Les caractéristiques 3D sont ensuite extrapolées à partir de relations de transposition 2D-3D établies par des simulations numériques (Baron and Willeke, 2001). Un des objectifs de ce travail est de discuter de ce dernier point dans la mesure où les agrégats de combustion ne satisfont généralement pas à l'ensemble des hypothèses considérées pour établir ces relations de transposition, à savoir $D_f=1.75$ et une monodispersion en taille des particules primaires.

Afin de s'affranchir de l'utilisation de relations de passage 2D-3D dans la détermination des caractéristiques morphologiques 3D d'agrégats de suie, nous avons réalisé une étude expérimentale de la morphologie d'agrégats de suie aéronautique par tomographie électronique. Nous avons donc déterminé à la fois les caractéristiques morphologiques 2D et 3D d'agrégats par une même technique expérimentale et étudié le caractère valide ou non des relations de passage 2D-3D usuelles dans les cas considérés. Au-delà de la détermination des caractéristiques morphologiques 3D et de la dimension fractale des agrégats de suie étudiés, nous confrontons nos résultats expérimentaux à ceux issus des relations de transposition 2D-3D classiques afin de définir le cadre d'application de ces dernières pour l'étude de la morphologie des agrégats issus de processus de combustion, en particulier aéronautique.

Références

- Adachi, K., Chung, S.H., Friedrich, H., Buseck, P.R. (2007). "Fractal parameters of individual soot particles determined using electron tomography: Implications for optical properties." *Journal of Geophysical Research* 112(D14202).
- Baron, P. A., Willeke, K. (2001). *Aerosol measurement. Principle, techniques, and applications* 2nd Edition, Ed., John Wiley & sons, Inc.
- Cai, J., Lu, N., Sorensen, C.M. (1993). "Comparison of size and morphology of soot aggregates as determined by light scattering and electron microscope analysis." *Langmuir* 9: 2861-2867.
- Chakrabarty, R. K., Moosmüller, H., Garro, M.A., Arnott, P., Walker, J., Susott, R.A., Babbitt, R.E., Wold, C.E., Lincoln, E.N., Hao, W.M. (2006). "Emissions from the laboratory combustion of wildland fuels: Particle morphology and size." *Journal of Geophysical Research* 111: D07204.
- Köylü, Ü. Ö., Xing, Y., Rosner, D.E. (1995). "Fractal morphology analysis of combustion-generated aggregates using angular light scattering and electron microscope images." *Langmuir* 11: 4848-4854.
- Ouf, F.X., Vendel, J., Coppalle, A., Weill, M., Yon, J. (2008). "Characterization of soot particles in the plumes of over-ventilated diffusion flames". *Combustion Science and Technology* 180: 674-698.

DETERMINATION EXPERIMENTALE DE LA VITESSE DE THERMOPHORESE D'AGREGATS DE SUIES DE MORPHOLOGIE FRACTALE

E. BRUGIERE* (1, 2), F. GENSDARMES (1), F. X. OUF (1), J. YON (2), A. COPPALLE (2).

(¹) Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire, B.P. 68, 91 192 Gif-sur-Yvette Cedex, France.

E-mail : edouard.brugiere@irsn.fr

(²) Complexe de Recherche Interprofessionnelle en Aérothermochimie, UMR 6614, Site universitaire du Madrillet, Avenue de l'université, B.P. 12, 76801 Saint-Etienne du Rouvray Cedex, France

RESUME

La thermophorèse est un mécanisme de dépôt important que l'on peut observer notamment en situation d'incendie. De nombreuses études, théoriques et expérimentales, ont été réalisées afin de décrire d'un point de vue théorique le phénomène de thermophorèse notamment pour des particules sphériques. Cependant, les particules de suies produites en situation d'incendie sont caractérisées par une morphologie dite fractale (Ouf, 2006).

Si le comportement thermophorétique des particules sphériques est relativement bien connu et documenté, il n'en est pas de même pour les particules non sphériques telles que les agrégats de suie de combustion. Certains modèles permettent d'exprimer la vitesse de thermophorèse pour des formes non-sphériques simples mais ces derniers ne sont valables que pour des agrégats dans le régime moléculaire (Mackowski, 2006) ou continu (Suzuki *et al.*, 2009). Si ces travaux ont mis en évidence une différence entre les vitesses de thermophorèse de particules sphériques et non-sphériques, il reste à déterminer quels paramètres physiques de l'agrégat (comme par exemple un paramètre de taille ou le nombre de particules primaires de l'agrégat...) sont à prendre en compte pour exprimer au mieux son comportement thermophorétique, notamment dans le régime intermédiaire.

Dans le but de montrer l'influence de la morphologie, de la taille et du nombre des particules primaires d'un agrégat sur son comportement thermophorétique, un nouveau dispositif expérimental a été développé à l'IRSN ; le *SpectroMètre Thermophorétique Circulaire* SMTC qui permet de sélectionner, parmi les particules injectées, celles ayant une certaine vitesse de transport thermophorétique (Brugière *et al.*, 2012).

Des résultats expérimentaux ont été obtenus pour des particules sphériques (billes de latex) et ont montré un bon accord avec le modèle de Beresnev et Chernyak (1995). Des résultats ont également été obtenus pour des particules de suie de combustion issues du générateur miniCAST 5201 pour des diamètres compris entre 30 nm et 600 nm.

Une comparaison entre les résultats obtenus avec les billes de latex et les agrégats montre une différence significative entre les vitesses de thermophorèse des particules sphériques et non sphériques. Contrairement aux billes de latex et aux théories existantes pour les particules sphériques, la vitesse de thermophorèse des agrégats augmente avec le diamètre de mobilité électrique. La différence observée peut ainsi atteindre 65 % entre une bille de latex et un agrégat de diamètre de mobilité électrique égal à 500 nm.

Les résultats expérimentaux montrent également une dépendance de la vitesse de thermophorèse d'un agrégat avec le nombre de particules primaires le composant, et confirment pour la première fois la simulation Monte-Carlo de Mackowski (2006).

Références

Beresnev, S., et Chernyak, V., (1995). Thermophoresis of a spherical particle in a rarefied gas: Numerical analysis based on the model kinetic equations. *Physics of fluids*, **7**, 1743-1756.

Brugière, E., Gensdarmes, F., Ouf, F.X., Yon, J., et Coppalle, A. (2012). Influence de la thermophorèse sur le dépôt des agrégats de suie de combustion par le biais du Spectromètre Thermophorétique Circulaire (SMTC). 27^{ème} Congrès Français sur les Aérosols.

Mackowski, D.W. (2006). Monte Carlo simulation of Hydrodynamic drag and thermophoresis of fractal aggregates of spheres in the free-molecule flow regime. *J. Aerosol Sci.*, **37**, 242-259.

Ouf, F. X. (2006). Caractérisation des aérosols émis lors d'un incendie. Thèse de l'Université de Rouen, Rapport IRSN-2006/62-FR.

Suzuki, S., Kuwana, K., et Dobashi, R. (2009). Effect of particle morphology on thermophoretic velocity of aggregated soot particles. *Int. J. Heat Mass Transfer*, **52**, 4695-4700.

CHARGE PAR DIFFUSION : GENERATEURS D'IONS UNIPOLAIRES PAR DECHARGE ELECTRIQUE ET INFLUENCE DU MELANGE ION-AEROSOL SUR LA RELATION CHARGE-DIAMETRE

A BOUAROURI⁽¹⁾ N. JIDENKO⁽¹⁾, D. MARO⁽²⁾, F. GENSDARMES⁽²⁾, D. BOULAUD⁽²⁾ ET J.-P. BORRA⁽¹⁾

⁽¹⁾ Laboratoire de Physique des Gaz et des Plasmas (CNRS – Univ. Paris XI F-91405) SUPELEC, F-91192 Gif-sur-Yvette cedex, France

⁽²⁾ Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire, BP 68, 91192, Gif-sur-Yvette cedex

RESUME

Des instruments de mesure granulométrique dits en temps réel (EEPS, DMS ou ELPI) ont récemment été développés. Si ces systèmes ont une fréquence d'acquisition de 10 Hz, leur temps de réponse physique est plus élevé que 0,1 s et ils présentent des limites de détection trop élevées, incompatibles avec les concentrations environnementales (typiquement 5000 part.cm⁻³) d'aérosols sub-microniques; d'où la nécessité de développer une nouvelle instrumentation pour mesurer la vitesse de dépôt dans l'environnement par corrélation turbulente ¹. Cette mesure de la covariance entre les fluctuations de vitesse verticale du vent et de concentration de particules, nécessite un temps de réponse inférieur à 0,1 s pour rendre compte des turbulences atmosphériques. Pour cela, la méthode retenue repose sur la mesure de courant de particules chargées qui permet d'obtenir les temps de réponse de mesure les plus rapides (inférieurs à 0,1 s) ².

Afin de conserver l'information temporelle sur les variations de concentrations de l'aérosol à analyser, le temps de transit dans le système de mesure doit être du même ordre de grandeur que le temps de réponse de mesure requis, soit inférieur à 100 ms. Cette contrainte implique donc un temps de charge des aérosols inférieur à 100 ms. Le niveau de charge des particules dépend du produit $Ni\tau$ qui est défini par l'intégration de la densité d'ions le long de la trajectoire des particules. Un temps de charge court implique donc des densités d'ions les plus élevées possibles, de l'ordre de 10¹⁰ cm⁻³ pour atteindre des niveaux de charge suffisants pour la mesure du courant de particules chargées.

Ce travail porte sur le développement d'un système de charge « rapide » (temps de charge inférieur à 50 ms) en utilisant une décharge couronne. Les ions sont produits par la décharge autour de l'électrode à faible rayon de courbure polarisée (pointe ou fil) et soufflés à travers la contre-électrode (extracteur : plan métallique troué ou grille métallique) à la masse. L'aérosol est ensuite chargé en post-décharge par diffusion d'ions unipolaires produits par la décharge dans un gaz filtré et sec. En effet, dans ces conditions, la production d'ions est constante car indépendante de la composition variable du gaz vecteur de l'aérosol injecté en post-décharge ³.

Deux aspects scientifiques sont présentés. Le premier concerne la comparaison de différentes géométries de décharge et d'extracteur d'ions afin d'augmenter la densité d'ions en post-décharge. Le second aspect concerne les conditions de mélange ions-aérosols pour augmenter le produit $Ni\tau$ et donc le niveau de charge des particules.

L'extraction des ions résulte d'une compétition électro-hydrodynamique. Dans l'intervalle de décharge, la collection électrostatique des ions sur la contre électrode domine. Le champ électrique de collection résulte du champ appliqué et du champ de charge d'espace. Les ions sont entraînés dans l'extracteur par convection pour contrer les répulsions électrostatiques. Une attention particulière est portée sur la recollection des ions sous l'extracteur (par répulsion électrostatique). La géométrie de type pointe-plan-troué ⁴ sert de référence afin d'identifier l'intensité des mécanismes physiques en jeux et de comparer les différentes géométries testées.

Le produit $Ni\tau$ dépend donc de l'extraction d'ions d'une part et des conditions aérauliques de mélange ion-aérosol d'autre part, qui influent sur le profil de densité d'ions en post-décharge et sur la trajectoire des particules. La mesure du niveau de charge moyen d'aérosols calibrés en taille et en concentration permet de rendre compte du produit $Ni\tau$ rencontré en moyenne par les aérosols pour définir les conditions de mélange optimales en termes de niveau de charge atteint par les particules.

Références

- ¹ P. E. Damay, D. Maro, A. Coppalle, E. Lamaud, O. Connan, D. Hebert, M. Talbaut, and M. Irvine, *Journal of Aerosol Science* **40**, 1050-1058 (2009).
- ² P. Intra and N. Tippayawong, *Aerosol and Air Quality Research* **11**, 187-209 (2011).
- ³ J. P. Borra, *Journal of Physics D: Applied Physics* **39**, R19-R54 (2006).
- ⁴ K. T. Whitby, *Rev. Sci. Instrum.* **32**, 1351-1355 (1961).

MODELISATION DE LA COAGULATION, DU TRANSPORT ET DU DEPOT D'UN AEROSOL DE NANOPARTICULES PAR LA METHODE DES MOMENTS

R. GUICHARD* (1) (2) (3), A. TANIÈRE (2) (3), E. BELUT (1) ET N. RIMBERT (2) (3)

(¹) INRS, Vandœuvre-lès-Nancy, F-54500, France.

romain.guichard@inrs.fr

(²) Université de Lorraine, LEMTA – UMR 7563, Vandœuvre-lès-Nancy, F-54500, France.

(³) CNRS, LEMTA – UMR 7563, Vandœuvre-lès-Nancy, F-54500, France.

RESUME

Il est établi que la granulométrie d'un aérosol de nanoparticules peut évoluer très rapidement par auto-coagulation, transport et dépôt aux parois. Bien qu'utiles pour des applications industrielles, ces phénomènes physiques peuvent avoir d'importantes conséquences du point de vue de l'hygiène industrielle si on considère le cas de nanoparticules présentant un risque sanitaire par inhalation. Dans ce contexte, la modélisation du comportement d'un nano-aérosol contribuerait à évaluer ce risque et à le maîtriser davantage. Une des techniques les plus efficaces pour rendre compte de l'évolution d'une distribution de particules consiste à utiliser la méthode des moments pour résoudre les équations de convection-diffusion comprenant un terme source de coagulation. En particulier, la méthode de quadrature des moments basée sur les formules de différentiation rétrogrades s'est montrée efficace [1] pour résoudre le système d'équations différentielles-algébriques permettant de traiter la coagulation. Cette étude précédente avait également mis en évidence la nécessité de prendre en compte les paramètres fractals des agrégats de nanoparticules. En effet leur forme semble avoir une influence significative sur la cinétique de la coagulation Brownienne et turbulente. Nous proposons maintenant un modèle plus complet permettant de suivre l'évolution à la fois spatiale et temporelle d'un nano-aérosol. Le dépôt est pris en compte par le modèle de couche limite dynamique [2] qui permet d'obtenir de bonnes performances de calcul et de retrouver des résultats proches des mesures expérimentales. La problématique de l'application de la quadrature des moments à ce terme de dépôt sera présentée et une solution sera proposée. L'implémentation de ce modèle Eulérien dans un code de mécanique des fluides sera ensuite validée sur des géométries simples (conduite cylindrique et enceinte parfaitement agitée) par comparaison avec des données expérimentales.

Références

[1] Guichard, R., Tanière, A., Belut, E., and Rimbert, N. (2011). Simulation of nanoparticle coagulation: improved implicit solution method in the QMOM framework, *Proceedings to the 12th Multiphase Flow in Industrial Plants*.

[2] Nerisson, P., Simonin, O., Ricciardi, L., Douce, A., and Fazileabasse, J. (2011). Improved CFD transport and boundary conditions models for low-inertia particles, *Computers & Fluids*, 40, 79–91.

CONFERENCE PLENIERE :
Dr Benoit Sagot

EVALUATION DE LA CONTRIBUTION DU MECANISME DE THERMOPHORESE AUX DEPOTS DE PARTICULES : ENJEUX ET PERSPECTIVES.

BENOIT SAGOT

¹Laboratoire Fluide et Energétique, Ecole Supérieure des Techniques Aéronautiques et Construction Automobile (ESTACA)
34-36 rue Victor Hugo - 92300 LEVALLOIS-PERRET

RESUME

L'évaluation de la migration thermophorétique des particules en suspension dans un fluide peut être importante dans de nombreuses applications qui concernent la dynamique d'un aérosol. Le mécanisme de thermophorèse résulte de l'agitation thermique du gaz, plus intense du côté chaud que du côté froid d'une particule, et qui entraîne un mouvement des particules vers la région froide. Ce mécanisme est donc susceptible de contribuer au dépôt d'un aérosol, dans toutes les configurations expérimentales où des gradients de températures existent (en présence en particulier de parois froides) : la thermophorèse est ainsi responsable de l'encrassement des vannes EGR dans l'automobile, ou de celui des échangeurs thermiques. Il peut être aussi un biais dans la métrologie aérosol, lors de prélèvements en ligne de gaz chauds, chargés en particules.

La quantification des dépôts induits par la thermophorèse s'appuie sur l'évaluation couplée d'un gradient de température, et d'un coefficient de diffusion thermophorétique K_{th} , qui permettent de définir une vitesse de dérive par thermophorèse. Pour des particules sphériques, différents modèles sont disponibles pour l'évaluation du coefficient K_{th} , qui dépend principalement du diamètre d'une particule, et du rapport des conductivités thermiques du gaz et de la particule. Le modèle le plus couramment utilisé est celui proposé par Talbot et al. (1980). Pourtant, une étude expérimentale récente de Sagot et al. (2009) a montré que, bien que largement utilisé, le modèle de Talbot fournit toujours des valeurs de K_{th} supérieures à leurs mesures, dans le régime de transition, confirmant des travaux antérieurs de Prodi et al. (2007), et confirmant aussi que le modèle théorique proposé par Beresnev et Chernyak (1995) est actuellement le plus pertinent pour l'évaluation du coefficient K_{th} , pour des particules sphériques. L'objectif de ce travail est de montrer que ce modèle de Beresnev et Chernyak est en bien meilleurs accord avec l'ensemble des données disponibles actuellement, en proposant une présentation unifiée des données expérimentales. On montre en particulier qu'il permet de prendre en compte des coefficients d'accommodation rendant compte de l'interaction entre les molécules du gaz et les particules, et d'interpréter ainsi certains jeux de mesures réalisées avec différents gaz, et proposées par Li et Davis (1995).

Dans la perspective de l'étude des effets de la thermophorèse sur des particules non sphériques, de type suies par exemple, on propose une analyse des difficultés rencontrées dans le lien entre les modèles basés sur des particules sphériques, et des résultats expérimentaux obtenus pour des agrégats. Pour cela, on revient sur l'analyse des dispositifs expérimentaux mis en œuvre pour l'étude de la thermophorèse, et qui sont basés généralement sur des mesures de forces ou de vitesse thermophorétique. Dans le cas de particules sphériques, le lien entre force et vitesse thermophorétique se fait via l'utilisation d'une loi de trainée. Dans le cas d'agrégats, la force de trainée comme la force thermophorétique peuvent dépendre de l'orientation et de la morphologie des agrégats.

SESSION III : AEROSOLS ET ENVIRONNEMENT

Présidents de session : Pr E.Gehin, Dr D.Maró

SENSIBILITÉ DES CONCENTRATIONS DE PM_{2.5} AU CLIMAT PRÉSENT (2000-2008) À L'ÉCHELLE EUROPÉENNE

È. LECOEUR*(1), C. SEIGNEUR(1), C. PAGE(2) ET L. TERRAY(2)

(1) CERE, Laboratoire commun École des Ponts ParisTech/EDF R&D, Université Paris-Est, 77455 Marne-la-Vallée, France

(2) CERFACS, 42, boulevard Gaspard Coriolis, 31000 Toulouse, France

RESUME

Les particules fines, dont le diamètre aérodynamique est inférieur à 2.5 micromètres (PM_{2.5}), sont l'un des polluants les plus dangereux pour la santé publique. L'exposition aux PM_{2.5}, aussi bien sur une courte que sur une longue période, entraîne divers troubles graves de la santé et des décès prématurés pour causes respiratoire et cardio-vasculaire. Les concentrations de particules fines étant fortement dépendantes des conditions météorologiques, il est important de comprendre les effets du climat présent sur les PM_{2.5} afin de pouvoir ensuite appréhender ceux du climat futur.

Dans cette étude, le climat actuel est représenté en attribuant à chaque jour de la période étudiée (2000-2008) une classe de temps, représentative à la fois de la variabilité de la situation atmosphérique de grande échelle et d'une variable locale rigoureusement choisie ayant une influence sur la variable d'intérêt (PM_{2.5}). Ces classes, appelées types de temps, sont obtenues en classifiant (algorithme du k-means) les dix premières composantes principales de deux variables météorologiques : la pression au niveau de la mer et les précipitations. Les dix premières composantes principales représentent plus de 80% de la variance observée pour ces deux variables. La pression au niveau de la mer ayant une influence sur la météorologie locale et les précipitations étant le principal moyen de lessivage des PM_{2.5} de l'atmosphère, ces types de temps sont ainsi construits de façon à être discriminants pour les concentrations de PM_{2.5}.

Le modèle Polyphemus/Polair3D est utilisé pour simuler les concentrations de PM_{2.5} sur la période 2000-2008, sur une zone géographique couvrant l'Europe. Chaque année de simulation est évaluée de façon opérationnelle par comparaison avec les observations fournies par les réseaux de surveillance de la qualité de l'air. Par ailleurs, la longue durée (9 ans) de la simulation permet d'effectuer pour la première fois une évaluation dynamique de la capacité du modèle à reproduire la variabilité des concentrations et de la composition chimique des PM_{2.5} en fonction de la météorologie (température, précipitations, vent). Suite à ces évaluations satisfaisantes, les résultats de ces simulations peuvent être utilisés par la suite en tant que pseudo-observations pour étudier les relations entre climat et PM_{2.5}.

L'influence de chaque type de temps sur les concentrations de PM_{2.5} est analysée, présentant des liens entre diverses situations atmosphériques de grande échelle et les concentrations de PM_{2.5}. Les résultats de cette étude seront utilisés ensuite pour caractériser l'influence du climat futur (horizon 2100) sur les concentrations de PM_{2.5}.

ETUDE EN SOUFFLERIE DE L'IMPACT DE LA THERMOPHORESE SUR LE DEPOT SEC D'AEROSOLS SUBMICRONIQUES SUR DES SURFACES URBAINES.

P. ROUPSARD*(1), D. MARO(1), A. COPPALLE(2), H. BRANGER(3), O. CONNAN(1), D. HEBERT(1), M. TALBAUT(2) ET B. LETELLIER (1).

(1) Laboratoire de Radioécologie de Cherbourg-Octeville (LRC), Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN), 50130 Cherbourg-Octeville.

(2) Complexe de Recherche Interprofessionnel en Aérothermochimie (CORIA), UMR 6614, 76801 Saint-Etienne du Rouvray.

(3) Institut de Recherche sur les Phénomènes Hors Equilibre (IRPHE), UMR 7342, 13384 Marseille.

RESUME

Dans le cas d'un rejet d'aérosols radioactifs dans l'atmosphère par une installation, l'IRSN doit être en mesure d'estimer les transferts de radionucléides par dépôt sec de ces aérosols avec un minimum d'incertitude. En milieu urbain, les quantités déposées doivent être estimées précisément dans la canopée urbaine, à l'échelle d'un bâtiment, pour ensuite estimer les doses reçues par les populations (Meckbach et al., 1988). Le coefficient de transfert utilisé est la vitesse de dépôt sec (rapport d'un flux surfacique de dépôt sec d'aérosols et de la concentration en aérosols dans l'air). Elle dépend du diamètre des particules, des conditions micrométéorologiques et de la surface de dépôt. Récemment, lors d'expérimentations in situ, Maro et al. (2010) ont observé une forte diminution du dépôt sec sur des surfaces chauffées par le soleil, mettant en évidence l'influence de la thermophorèse.

Les objectifs de notre étude sont de quantifier des vitesses de dépôt sec d'un aérosol submicronique pour plusieurs écarts de températures entre l'air et des surfaces de verre, d'enduit de façade horizontales, chauffées, pour différentes vitesses d'écoulement d'air, de mesurer les profils verticaux de température au-dessus de ces surfaces et par conséquent les gradients de température associés. L'impact de la thermophorèse a été étudié en soufflerie, dans le cadre d'expérimentations sur le dépôt sec sur des surfaces urbaines, pour maîtriser et faire varier les paramètres de vitesses de vent et de températures des surfaces.

L'aérosol de fluorescéine ($d_p = 0,27 \mu\text{m}$; $\text{ETG} = 2,06$), la configuration de la soufflerie et les surfaces sont identiques à ceux utilisés pour l'étude sur surfaces horizontales en équilibre thermique avec l'air (Roupsard et al., 2011). Le fond de la veine d'essai est équipé en son centre d'une plaque chauffante et alternativement recouvert de verre et d'enduit. Les flux de dépôt sec sont échantillonnés sur des éprouvettes carrées du substrat étudié (200 mm de côté) positionnées sur la plaque chauffante. Deux prélèvements sur filtre sont réalisés au centre de la veine pour mesurer la concentration en particules (à 10 et 140 mm au-dessus des éprouvettes). La température de l'air est mesurée au centre de la veine à 140 mm des éprouvettes. Les températures des surfaces sont mesurées avec des thermocouples. Des vitesses de dépôt sont quantifiées pour quatre écarts de températures (2, 5, 10 et 30 K) et pour trois vitesses d'écoulement (1,3, 5,0 et 10 m/s). Des profils verticaux de températures sont réalisés au-dessus des éprouvettes de dépôt avec un rack de thermocouples.

Les résultats pour des surfaces chauffées sont comparés avec les résultats pour les mêmes surfaces non chauffées issues de Roupsard et al. (2011). L'effet de la thermophorèse est observé et quantifié. Par exemple, une décroissance minimale de 40 % des vitesses de dépôt est observée dès 2 K d'écart pour les deux types de surface et pour chaque vitesse d'écoulement d'air. Pour une surface et une vitesse de vent donnée, la vitesse de dépôt décroît pour un écart de température croissant. Des vitesses de thermophorèse, donc des gradients de température, sont déduits des écarts entre vitesses de dépôt sec avec et sans chauffage. La comparaison entre ces gradients et des profils de gradients de température, déterminés à partir des profils logarithmiques de température, permet de déterminer des hauteurs de couches limites thermiques pour la thermophorèse.

Les résultats de cette étude confirment les observations de Maro et al. (2010) pour des surfaces urbaines chauffées. L'effet de la thermophorèse est quantifié en fonction de l'écart de température surface-air et de la vitesse d'écoulement, montrant que la thermophorèse est un des mécanismes physiques majeurs à prendre en compte dans la modélisation du dépôt sec en milieu urbain.

Références

R. Meckbach, P. Jacob, H. G. Paretzke, 1988. Radiation Protection Dosimetry 25, 167-179.

D. Maro, O. Connan, D. Hébert, M. Rozet, M. Talbault, A. Coppalle, J.F. Sini, J.M. Rosant, P. Mestayer, C.Sacré, J.P. Flori, D. Giraud, F. Olive, B. Ruot, P. Roupsard, 2010. 8th International Aerosol Conference, 29 août – 3 septembre, Helsinki (SE).

P. Roupsard, M. Amielh, A. Coppalle, H. Branger, P. Laguionie, O. Connan, D. Hébert, D. Maro, M. Talbaut, 2011. 18th European Aerosol Conference, 4 - 9 septembre, Manchester (UK).

ETUDE EXPERIMENTALE IN SITU DU LESSIVAGE DES AEROSOLS PAR LES PRECIPITATIONS

G. DEPUYDT*(1), O. MASSON(1), J-L. BRENGUIER(2)

(1) Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire, Laboratoire d' Etudes Radioécologiques en Milieux Continental et Marin. BP 3, 13108 Saint-Paul-lez-Durance

(2) Centre National de Recherche Météorologiques, Groupe de Météorologie Expérimentale et Instrumentale, Météo-France - 42 Av Coriolis - 31057 Toulouse cedex 1, France

RESUME

En cas d'accident nucléaire, la caractérisation des dépôts de radionucléides particulaires est un enjeu majeur pour l'évaluation des éventuelles conséquences sanitaires et environnementales de ces rejets radiologiques. Parmi les différents mécanismes de dépôt ayant un impact direct sur la contamination de la biosphère, le lessivage des aérosols par les précipitations (rabattement des particules par captation par les hydrométéores durant leur chute) est un processus particulièrement rapide et efficace. Durant l'accident de Tchernobyl, l'essentiel de la contamination des sols s'est faite par voie humide (99% selon Mattsson et Vesanen, 1988). Hors période de rejet accidentel, les niveaux de radionucléides artificiels dans l'atmosphère sont trop faibles pour déterminer les effets distincts de différentes précipitations consécutives. Cette étude ne s'intéresse donc pas aux variations temporelles des niveaux de radionucléides par temps de pluie, mais à celles des aérosols via les niveaux d'empoussièrement au cours des événements précipitants. Les résultats finaux de cette étude doivent permettre de mieux appréhender le lessivage des aérosols atmosphériques quelques soient les échelles de temps des précipitations (de quelques minutes à quelques heures), leur caractéristiques micro et macro physiques et la taille des aérosols.

Durant trois ans, les niveaux d'empoussièrement ont été obtenus expérimentalement et en conditions in situ sur trois sites français pour déterminer l'efficacité du lessivage des aérosols par différents types de précipitations (pluie, neige, grêle). Deux disdromètres optique à laser de type PARSIVEL ont été utilisés pour déterminer la taille des hydrométéores et leur vitesse de chute, ainsi que les paramètres dérivés tels que l'intensité pluviométrique ou le cumul d'eau tombé. Un granulomètre a été associé à chacun des disdromètres pour mesurer en parallèle la distribution en taille des particules. Ces deux types d'instruments présentent l'intérêt majeur d'avoir une fréquence d'acquisition des données élevée et une gamme de mesure des différents paramètres importante.

A partir de l'analyse de plus de 1400 heures d'enregistrements, l'impact des précipitations sur les niveaux d'empoussièrement a été déterminé en calculant le coefficient de lessivage, paramètre qui témoigne de la perte de concentration en particules par temps de pluie. Toutefois, selon la durée de l'évènement pluvieux et les conditions météorologiques, les variations de concentrations particulaires ne peuvent pas être attribuées au seul effet du lessivage. Des critères de sélection ont donc dû être utilisés pour s'affranchir des effets d'autres mécanismes atmosphériques influençant ces niveaux. Cette méthode s'inspire en partie de précédentes études traitant du lessivage en conditions in situ (Laakso et al., 2003 ; Schumann, 1986). A partir des données retenues, le coefficient de lessivage a, dans un premier temps, été calculé en utilisant les niveaux en particules en comparant les niveaux obtenus quelques instants avant et après la pluie, afin de déterminer l'effet d'un évènement pluvieux dans son ensemble. Ces résultats ont été moyennés sur l'ensemble des évènements recensés pour avoir le coefficient de lessivage moyen pour chaque classe de taille d'aérosol. Les valeurs obtenues ainsi sont supérieures aux valeurs théoriques présentées dans la littérature (deux à trois ordres de grandeur), mais elles sont relativement bien en accord avec de précédentes études expérimentales en conditions in situ. Toutefois, les variations temporelles des grandeurs caractéristiques d'une pluie peuvent être importantes, en particulier en ce qui concerne l'intensité pluviométrique. Les instruments disponibles permettant des mesures à haute fréquence, cette étude s'est intéressée dans un second temps à caractériser le lessivage des aérosols par les pluies à l'échelle de quelques minutes.

Références

Laakso, L., Grönholm, T., Rannik, U., Kosmale, M., Fiedler, V., Vehkamäki, H., Kulmala, M. (2003). Ultrafine particle scavenging coefficients calculated from 6 years field measurements. *Atmospheric Environment* 37, 3605–3613.

Mattsson, S., Vesanen, R. (1988). Patterns of Chernobyl fallout in relation to local weather conditions. *Environment International* 14, 177–180.

Schumann, T. (1989). Precipitation scavenging of aerosol particles : A winter time field study. Ph.D thesis, ETH Zurich, Switzerland.

CARACTERISATION CHIMIQUE DE LA MATIERE PARTICULAIRE DANS UN TUNNEL ROUTIER

I. BOUDDABOUS-AMEUR (1, 2), J. KASPEREK*(2), A. BARBIER (2), N. BELLAKHAL (3), F. GOURIOU (4), B. HANNOYER (2)

(1) Laboratoire de Chimie Analytique et Electrochimie, Département de Chimie, Faculté des Sciences de Tunis, Campus Universitaire, 2092 El Manar, Tunis, Tunisie.

(2) Groupe de Physique des Matériaux, UMR 6634 CNRS, UFR Sciences et techniques, Université de Rouen, BP 12, 76801 Saint Etienne du Rouvray Cedex, France.

(3) Département de Chimie et de Biologie Appliquées, Institut National des Sciences Appliquées et de Technologie (INSAT), BP 676, 1080 Tunis Cedex, Tunisie.

(4) Centre d'Etudes et de Recherche en Aérothermie Moteurs, Technopôle du Madrillet 76800 Saint Etienne du Rouvray Cedex, France

RESUME

Le trafic routier est l'une des sources majeures d'émissions de particules dans les zones urbaines, avec diverses espèces chimiques constituant la matière particulaire. Les atmosphères semi confinées telles que celles régnant sous tunnel routier sont caractérisées par une forte pollution d'effluents gazeux et de type particulaire. Ce type de pollution présente un caractère particuliers comparativement aux atmosphères plus usuelles dont l'impact sur la corrosion est méconnu. L'étude de la caractérisation de cette matière particulaire est donc la première étape de tout projet traitant de la dégradation des matériaux dans un environnement semi confiné de type tunnel. La connaissance de la composition de la matière particulaire est un préalable à toute tentative de corrélation avec la dégradation constatée dans ce type de milieu. La présente étude a été réalisée dans le tunnel routier de la Grand-Mare à Rouen.

L'analyse des particules a été réalisée à la fois par des méthodes destructrices et non destructrices, physiques et chimiques. La diffraction des rayons X et la microscopie électronique à balayage équipée d'une sonde de microanalyse X ont contribué à l'identification des phases cristallines et d'éléments présents. L'analyse chimique basée sur la chromatographie ionique et la chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse (TD/CG/MS) nous a permis l'identification et la quantification respectivement de la fraction soluble dans l'eau et la fraction organique.

Cette étude contribue à définir le rôle des particules dans un processus de corrosion dans un tel environnement.

EXPOSITION DU CITADIN AUX POLLUANTS DE L'AIR DANS LES AUTOBUS

R. MOLLE* (1) (2), S. MAZOUÉ (1), E. GÉHIN (2), A. IONESCU (2)

(1) Régie Autonome des Transports Parisiens (RATP), DIT/IDD, 54, quai de la Rapée, 75012 Paris

(2) Centre d'Études et de Recherche en Thermique, Environnement et Systèmes (CERTES), Université Paris Est Créteil, 61 av. du Général de Gaulle, 94010 Créteil Cedex

RESUME

Les études mesurant des polluants atmosphériques dans les lieux de vie permettent de déterminer l'exposition globale des citoyens à la pollution de l'air au cours de leur journée. Dans les transports en commun, les temps d'exposition aux polluants de l'air ne sont pas négligeables et le moyen de transport du type bus inséré dans le trafic routier est couramment utilisé par des milliers de voyageurs. La première étude de ce projet a montré une exposition au NO₂ plus élevée à l'arrière des bus par rapport aux autres positions de mesures situées à l'avant et au milieu des autobus de la ligne 91. L'influence de la position de mesure n'a pas été montrée pour la concentration en nombre des particules entre 0,3 et 20 µm puisque les concentrations moyennes étaient homogènes dans l'ensemble de l'habitacle. Il était important de cartographier les niveaux de ces polluants puisque ces bus sont articulés et de ce fait leur taille peut être à l'origine d'un gradient de concentrations dans l'habitacle. De plus, la connaissance de cette cartographie a permis d'instrumenter la position la plus exposée au NO₂ lors de la campagne de mesures qui a suivi.

Des prélèvements ont été réalisés simultanément à l'avant et à l'arrière dans deux bus représentatifs (articulé et standard) roulant simultanément sur la ligne 91 à 1 minute d'intervalle. L'habitacle d'une camionnette a été aussi instrumenté afin d'avoir une référence sur les niveaux rencontrés dans les véhicules particuliers. De plus, le mâât de prélèvements installé sur cette camionnette a permis de réaliser des mesures dans l'air extérieur à proximité directe des bus instrumentés. Les conditions aérodynamiques de tous les véhicules ont été fixées (abattants fermés, ventilation désactivée) afin de ne pas avoir une variation du taux de renouvellement de l'air significative dans les cabines.

Cette campagne a été effectuée avec des appareils utilisés par les AASQA pour mesurer en continu les PM_{2.5} et les NO_x (3 analyseurs du type chimiluminescence et 4 TEOM), des prélèvements portatifs complètent ce dispositif afin de mesurer ces polluants sur l'ensemble des positions de mesures. Les HAM (benzène, toluène, éthylbenzène, méta, para et ortho-xylènes, 1,2,4-triméthylbenzène), des aldéhydes (formaldéhyde, acétaldéhyde, hexaldéhyde, propionaldéhyde) et la concentration en nombre des particules entre 0,02-1 µm et 0,3-20 µm ont été aussi mesurés avec des appareils portatifs. Cet essai s'est déroulé du 12 au 16 septembre 2011 et 8 aller-retours Montparnasse/Bastille ont été réalisés sans voyageur dans des conditions représentatives (en simulant les arrêts de bus) sur les tranches horaires 8h-9h et 16h-17h, correspondant aux pics de trafic et voyageur.

Les résultats de ces travaux mettent en lumière une exposition aux PM_{2.5}, NO₂, particules entre 0,02 et 1 µm plus importante dans les bus instrumentés par rapport à l'air extérieur alors que ce phénomène n'a pas été identifié pour les aldéhydes et les HAM.

Cette expérimentation révèle l'influence négligeable du type de véhicule instrumenté pour les HAM puisque les concentrations moyennes ont varié entre 2,3±0,6 µg.m⁻³ et 3,6±1,1 µg.m⁻³ dans la cabine des 3 véhicules pour le benzène. Il en est de même pour le NO₂ (238±55 µg.m⁻³ et 283±65 µg.m⁻³) ainsi que les PM_{2.5} (37,4±5,2 µg.m⁻³ et 45,8± 6,4 µg.m⁻³) puisque les concentrations moyennes étaient similaires entre les 3 véhicules. L'exposition aux particules fines entre 0,02 et 1 µm et aux aldéhydes a été identique dans les deux types de bus (respectivement 29176±1459 et 29829±1491 particules.cm⁻³; 7,6±2,1 et 8,7±2,1 µg.m⁻³) mais les concentrations de ces polluants ont été plus élevées dans la camionnette (d'un facteur 1,7 pour les particules fines et de 2,4 pour le formaldéhyde). En outre, cette expérimentation révèle le rôle non négligeable de la position de mesures dans l'habitacle des 2 types de bus pour les PM_{2.5} et le NO₂ puisque les concentrations moyennes mesurées à l'arrière sont systématiquement plus élevées par rapport à l'avant. Pour le bus articulé, le ratio entre la concentration moyenne arrière par rapport à l'avant est de 1,6 pour les PM_{2.5} et de 1,3 pour le NO₂.

A l'issue de cette expérimentation, le rôle négligeable du type de véhicule instrumenté a été prouvé pour les HAM, le NO₂ et les PM_{2.5} pour des véhicules roulant avec une motorisation identique et du type diesel. Ainsi une des prochaines études aura pour objectif de comparer l'exposition des voyageurs aux polluants de l'air dans deux véhicules roulant avec une propulsion différente (électrique et diesel). De plus, il serait intéressant de mener une autre étude pour quantifier la part d'effluents gazeux du bus se retrouvant dans la cabine (auto-pollution) puisque ce mode de contamination pourrait expliquer les concentrations plus élevées de certains polluants à l'arrière de l'habitacle (position du moteur et de l'échappement) pour chacun des deux bus.

SIMULATION DE L'INTERACTION AEROSOLS ORGANIQUES / MOLECULES D'EAU PAR DYNAMIQUE MOLECULAIRE

M. DARVAS(1,2), S. PICAUD*(1) ET P. JEDLOVSKY(2,3,4).

(1) Institut UTINAM, UMR 6213 CNRS/Université de Franche-Comté, 16 route de Gray, 25030 Besançon Cedex.

(2) Laboratory of Interfaces and Nanosize Systems, Institute of Chemistry, Eötvös Loránd University, Pázmány Péter stny. 1/a, H-1117 Budapest, Hungary.

(3) HAS Research Group of Technical Analytical Chemistry, Szt. Gellért tér 4, H-1111 Budapest, Hungary.

(4) EKF Department of Chemistry, Leányka u. 6, H-3300 Eger, Hungary

RESUME

Les composés organiques volatiles (COV), d'origine naturelle ou anthropique, sont des éléments essentiels de la chimie troposphérique, plus ou moins facilement oxydables et qui peuvent conduire *in fine* à la formation d'aérosols. Ainsi, les aérosols formés par les acides dicarboxyliques représentent une fraction significative de la matière organique totale dans l'atmosphère. Ces aérosols organiques, de composition souvent complexe, possèdent en général des groupes carboxyles et hydroxyles libres à leur surface pouvant former des liaisons hydrogène avec d'autres espèces acceptrices ou donneuses de protons, telles que les molécules d'eau. Les aérosols organiques sont donc suspectés d'être des noyaux de condensation efficaces pour la formation des gouttelettes d'eau liquide dans les nuages de la basse stratosphère. Il en est sans doute de même pour la formation des nuages de glace dans la haute troposphère. Cette importance des aérosols organiques sur la physico-chimie de l'atmosphère nécessite par conséquent une meilleure compréhension de leur interaction avec les molécules d'eau environnantes à laquelle des études à l'échelle moléculaire peuvent contribuer.

Dans ce travail, nous avons donc utilisé des méthodes de simulations numériques de type dynamique moléculaire pour étudier le comportement thermodynamique d'aérosols organiques en présence de molécules d'eau. Les aérosols considérés sont modélisés par des agrégats de molécules d'acide oxalique ou malonique, placés en interaction avec une quantité variable de molécules d'eau représentant différents taux d'humidité relative. Les résultats des simulations ont permis de construire les diagrammes de phase de mélanges binaires aérosols/eau et de mettre en évidence leur complexité et leur dépendance en fonction de la pression, de la température et de l'humidité, dans des conditions représentatives de l'atmosphère. Nos simulations permettent de donner ainsi une image qualitative des raisons thermodynamiques qui sous-tendent le comportement des différentes phases mises en évidence, en discutant en détail l'influence de la pression, de la température et de la composition sur ces mélanges binaires aérosols/eau (Darvas et al., 2011). Les résultats obtenus constituent un premier pas vers une meilleure compréhension de la capacité des aérosols organiques à être des noyaux de condensation efficaces pour la formation des nuages troposphériques.

Référence

Darvas, M., Picaud, S., Jedlovsky, P. (2011). Water adsorption around oxalic acid aggregates: a molecular dynamics simulation of water nucleation on organic aerosols. *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 13, 19830-19839.

SESSION IV : POSTERS

ESTIMATION ANNUELLE DU DÉPÔT SEC DE HAP, PCB, METAUX PAR LES AÉROSOLS EN ZONE RURALE, EN ASSOCIANT MESURES CHIMIQUES, MESURES MICROMÉTÉOROLOGIQUES ET MESURES DE DÉPÔT PAR CORRÉLATION TURBULENTE

O. CONNAN*(1), M. MILLET(2), D. HEBERT(1), J.J. SCHWARTZ(2), F. GUEGUEN(2), R. GOUJON(3), D. MARO(1), P. ROUPSARD(1).

(1) Laboratoire de Radioécologie de Cherbourg-Octeville, Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire IRSN, 50130 Cherbourg-Octeville, France.

(2) Equipe Physico-Chimie de l'atmosphère LMSPC (UMR 7515 CNRS-Université de Strasbourg), 67084 Strasbourg Cedex, France.

(3) Agence de l'eau Seine Normandie, 76000 Rouen, France

RESUME

Une zone humide classée Natura 2000 (le Marais vernier), située sur l'estuaire de la Seine (France) a été instrumentée de septembre 2010 à mars 2012 pour étudier les flux sec et humide de polluants à l'échelle annuelle. Ce site se situe à l'écart de toute source anthropique proche (les premières constructions humaines se situent à 500m) et est représentatif du transport atmosphérique de moyenne et grande échelle. L'IRSN (Institut de Radioprotection et de Sûreté nucléaire) a étudié durant une année les polluants chimiques (HAP, PCB, métaux traces) dans les aérosols et les eaux de pluie, afin d'accéder séparément aux flux de dépôt sec et humide. La quantification des dépôts sec, généralement peu étudiée, a été réalisée en couplant les mesures chimiques effectuées sur les aérosols atmosphériques avec une technique d'eddy corrélation, qui permet d'accéder aux vitesses de dépôt des aérosols en corrélant la fluctuation verticale du vent (turbulence atmosphérique) et la fluctuation du nombre de particules dans l'air (Held et Klemm, 2006 ; Damay, 2010). Il est alors possible d'estimer le flux de dépôt sec d'un polluant si l'on connaît sa concentration atmosphérique.

Le premier objectif de cette étude était d'accéder aux flux des éléments chimiques sur la zone humide, en portant une attention particulière à bien séparer le dépôt sec du dépôt humide, et d'obtenir un bilan des polluants transférés par voie atmosphérique sur la zone considérée. Le second objectif était d'avoir une meilleure connaissance du paramètre vitesse de dépôt sec V_d , et surtout de sa dépendance à la météorologie (turbulence atmosphérique, longueur de rugosité, flux de chaleur sensible), ce qui est un enjeu d'importance pour l'IRSN afin de disposer de données pertinentes pour mieux paramétrer le paramètre du dépôt dans les modèles de dispersion en cas d'accident radiologique et/ou chimiques. Pour ce travail, le site a été instrumenté avec un collecteur découvrant pour la pluie (Eigenbrodt UNS 130/E), un partisol (FRM2000) pour le prélèvement des métaux traces Cd, Pb, Ni, Zn, Hg, un partisol (FRM2000) équipée d'une cartouche ChemComb pour le prélèvement des HAP et PCB gazeux et particulaires, un compteur de particules (0,10 à 3 micromètres, TSI 3010) et un anémomètre sonique (YOUNG 81000).

Les vitesses de dépôt sec mesurées sur 18 mois par eddy corrélation ont permis d'établir une loi de type exponentielle déterminant V_d en fonction de la longueur de rugosité u^* pour un flux de chaleur sensible inférieur à 50 Watt par mètre carré, et une loi linéaire déterminant V_d/u^* en fonction de H quand H est supérieur à 50 Watt par mètre carré (prédominance de la turbulence thermique). A partir de ces lois, et disposant de données micro-météorologiques précises toutes les 10min sur 18 mois, nous avons pu affiner les estimations des flux de polluants par dépôt sec d'aérosols sur ce site. Les valeurs obtenues pour les vitesses de dépôts seront commentées au regard des valeurs habituellement utilisées dans les modèles, et les flux de dépôt sec à l'échelle annuelle des polluants chimiques HAP, PCB, métaux traces (Hg, Cd, Pb, Zn, Ni) sur cette zone humide seront détaillés.

Références

- Held A., Klemm O., 2006. Direct measurement of turbulent particle exchange with a twin CPC eddy covariance system. *Atmospheric environment*, 40, 92-102.
- Damay P. E., Maro D., Coppale A., Lamaud E., Connan O., Hébert D., Talbaut M., Irvine M., 2009. Size resolved eddy covariance measurements of fine particle vertical fluxes. *Journal of Aerosol Science*, 40, 1050-1058.

CARACTERISATION CHIMIQUE ET GRANULOMETRIQUE DE PARTICULES FINES PRELEVEES EN PROXIMITE DE ZONE INDUSTRIELLE EN LIEN AVEC LA DYNAMIQUE ATMOSPHERIQUE

A. SETYAN (1,2), V. RIFFAULT (1,3), S. MBENGUE (1,3), H. MARRIS (1,2), P. FLAMENT (1,2), L. Y. ALLEMAN (1,3), K. DEBOUDT (1,2), J. ARNDT (4), R. HEALY (4), J. WENGER (4), T. LEONARDIS (1,3), C. SCHOEMACKER (1,5), P. DEWALLE (1,5), N. LOCOGE (1,3), F. CAZIER (1,2), P. AUGUSTIN (1,2), M. FOURMENTIN (1,2) ET H. DELBARRE (1,2).

⁽¹⁾ Université Lille Nord de France, 59500 Lille.

⁽²⁾ Laboratoire de Physico-Chimie de l'Atmosphère, EA 4493-Université du Littoral Côte d'Opale, 59140 Dunkerque.

⁽³⁾ Ecole des Mines de Douai, Département Chimie et Environnement, BP 10838, 59508 Douai cedex.

⁽⁴⁾ Centre for Research into Atmospheric Chemistry, University College Cork, Irlande.

⁽⁵⁾ Laboratoire de Physico-Chimie des Processus de Combustion et de l'Atmosphère, UMR CNRS-Lille1 8522, 59655 Villeneuve d'Ascq.

RESUME

La zone industrialo-portuaire de Dunkerque regroupe l'ensemble des secteurs industriels (sidérurgie-métallurgie-fonderie, chimie-parachimie-pétrole, industrie agroalimentaire, verre et matériaux, production d'énergie, ...) et conduit à une forte concentration de gros émetteurs de polluants à proximité de zones urbaines. D'après le cadastre des émissions de polluants dans la région Nord - Pas-de-Calais (2006), les émissions de l'industrie manufacturière (sidérurgie principalement) représentent cinquante-cinq pour cent des particules totales en suspension. A Dunkerque, la sidérurgie-métallurgie contribue pour moitié aux émissions industrielles (DREAL, 2009).

Dans le cadre du projet Nano-Indus, une campagne estivale de mesure a été menée en champ proche (< 1 km) d'une usine de ferro-manganèse située dans la zone portuaire. De nombreux instruments ont été déployés pour caractériser la phase particulaire en ligne à haute résolution temporelle (HR-ToF-AMS, ATOFMS, SMPS, OPC, Aethalomètre, Jauge Beta). D'autres systèmes (impacteurs en cascade, barboteurs, préleveurs bas-débit) étaient destinés à de l'analyse différée (métaux lourds par spectrométrie atomique, ions majeurs par chromatographie, microscopie analytique), via des prélèvements dont la durée s'étendait de quelques minutes à la journée. La phase gazeuse a également été caractérisée par PTR-ToF-MS et par prélèvements sur cartouches d'adsorbants pour une large gamme de composés organiques volatils (COV), ainsi que par des analyseurs automatiques pour les principaux gaz polluants (NO_x, O₃, CO, CO₂, SO₂). Enfin des mesures complémentaires ont permis de mieux comprendre la dynamique atmosphérique au cours de la campagne et de détecter les panaches industriels (station météo, anémomètre ultrasonique, LIDAR Aérosols, SODAR).

Les données obtenues doivent permettre de déterminer les caractéristiques physico-chimiques des particules fines émises à proximité de sources industrielles : nombre et distribution granulométrique, composition chimique ; ainsi que celles de leurs précurseurs gazeux (COV oxygénés, aromatiques, etc.). Des prélèvements réalisés en cheminées vont également apporter, par comparaison, une meilleure connaissance des composés émis et de leur évolution en champ proche, avant qu'ils n'atteignent les zones urbaines situées à proximité immédiate des usines. Cette approche comparative se fondera notamment sur une analyse statistique de type PMF (Factorisation par Matrice Positive) ou ACP (Analyse en Composantes Principales), s'appuyant sur les conditions météorologiques rencontrées et devant permettre de mettre en évidence des signatures spécifiques des principaux émetteurs industriels.

Ces travaux sont financés par l'ADEME (convention n°11-81-C0089). Ces travaux s'intègrent également dans le programme de l'Institut de Recherches en ENvironnement Industriel (IRENI) financé par la Communauté Urbaine de Dunkerque, le Conseil Régional du Nord-Pas-de-Calais, le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, le CNRS et des fonds européens (FEDER). Les auteurs remercient la Société Vale Manganèse France pour son soutien constant durant cette campagne d'observations intensives, ainsi que les équipes techniques de l'Ecole des Mines de Douai et de l'Université du Littoral Côte d'Opale - Dunkerque pour leur aide précieuse dans l'installation du site de mesures.

MODELISATION DE LA QUALITE DE L'AIR : NOMBRE DE PARTICULES

S. DESCHAMPS*, K.N. SARTELET
CEREA, Laboratoire Commun École des Ponts ParisTech/EDF R&D,
Université Paris-Est, 77455 Marne la Vallée, France
contact: stephanie.deschamps@cerea.enpc.fr

RESUME

Bien que les réglementations actuelles pour la qualité de l'air ne concernent que la masse des particules, il est aujourd'hui reconnu que le nombre de particules a aussi un impact néfaste sur la santé humaine. Il est donc souhaitable que les modèles de qualité de l'air simulent à la fois la masse et le nombre de particules atmosphériques, et de s'assurer que ces simulations représentent bien les concentrations mesurées dans l'atmosphère. La masse des particules est réglementée pour les particules de diamètre inférieur à 2.5 et 10 micromètres (PM_{2.5} et PM₁₀). Bien que la masse des particules ultra-fines, dont le diamètre est inférieur à 0,1 micromètre soit basse, le nombre de ces particules peut être élevé.

Le système Polyphemus de modélisation de la qualité de l'air a été adapté pour simuler à la fois la masse et le nombre des particules. Les inventaires d'émission ne fournissant que la masse des particules émises, des hypothèses sont faites pour estimer les émissions en nombre des particules. La modélisation du nombre est évaluée dans le cadre de la campagne de mesures « Mégapoli » effectuée en juillet 2009 en Île de France.

EVALUATION PAR UN DISPOSITIF DE TEST « ONE PASS » DE L'EFFICACITE DE DEUX REACTEURS EXPERIMENTAUX DE TRAITEMENT MICROBIOLOGIQUE DE L'AIR

C. GAUZÈRE* (1), L. GORVEL (2), J-P. GORVEL (2), V. MOULES (3,4), R. ALBALATE (1)

(1) Aelorve - SAS, 27, avenue Gallieni, 92400 Courbevoie.

(2) Centre d'Immunologie de Marseille-Luminy (CIML), Parc Scientifique & Technologique de Luminy, Case 906, 13288 Marseille Cedex 09.

(3) Laboratoire de Virologie et Pathologie Humaine EA4610, Faculté de Médecine RTH Laennec, 69372 Lyon Cedex 08.

(4) VirNext, Faculté de Médecine RTH Laennec, 69372 Lyon Cedex 08.

RESUME

Cinquante pour cent de la population vit en zone urbaine et passent jusqu'à 90% de son temps à l'intérieur, et ce tout au long de sa vie. Les changements liés aux nouveaux modes de vie engendrent de nouvelles préoccupations en lien avec la qualité de l'air intérieur.

Ces dix dernières années, en raison des enjeux de lutte contre le réchauffement climatique, des efforts ont été consentis dans le milieu de la construction afin d'améliorer les performances énergétiques des bâtiments, pouvant conduire à une détérioration de la qualité de l'air intérieur.

En outre, la multiplication des alertes épidémiques dues aux aérosols microbiens a conduit à la reconsidération des risques liés à la qualité de l'air intérieur et à l'exposition des personnes aux polluants microbiens présents au sein des bâtiments.

Le recours à l'épuration de l'air apparaît être une solution efficace et préventive pour l'amélioration de la qualité de l'air intérieur.

Afin de tester l'efficacité d'épuration de deux réacteurs expérimentaux (XP01 et XP02), un système de vaine d'essai en un seul passage a été mis au point. Un étalonnage du système de test a été réalisé en bactériologie avec *Escherichia coli*. La sensibilité à la nébulisation de cette bactérie, a permis de déterminer la concentration minimale à aérosoliser pour chaque bactérie. En virologie, les tests préliminaires ont été réalisés sur le virus *Influenza*. L'efficacité de nébulisation a été évaluée par des prélèvements réalisés en amont du réacteur (n=3) après nébulisation en faisant varier différents paramètres (ex. vitesse d'air, pression d'air dans les nébuliseurs...). Cette étape a permis de choisir les conditions les plus favorables à l'obtention de concentrations suffisantes en entrée du réacteur afin de mesurer un abattement en sortie de celui-ci.

L'efficacité d'épuration de chacun des réacteurs expérimentaux a été évaluée sur des agents bactériens et viraux choisis selon plusieurs critères.

Lors de chaque essai, un prélèvement est réalisé en amont (n=3) afin de contrôler la concentration en bactéries ou virus aérosolisés avant le passage dans le réacteur et en aval du réacteur (n=3) pour mesurer l'abattement lié à la technologie.

Les résultats montrent un abattement de 3 à 3,5 log pour les bactéries *Legionella pneumophila* et *Burkholderia cepacia* et pour les virus influenza H1N1 et H3N2 après un passage dans le réacteur XP01. En revanche, *Streptococcus pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa* et l'adénovirus apparaissent plus résistants avec un abattement de 1 à 2 log pour les bactéries et de 0,6 log pour le virus.

Le réacteur XP02 a également été testé selon les mêmes conditions de test. Les résultats mettent en évidence une perte significative de 3 à 5 log pour les bactéries (4 et 5 log pour *S. pneumoniae* et *P. aeruginosa*, respectivement) et de 2 log pour l'adénovirus. Des tests ont également été réalisés sur le réacteur XP02 à des concentrations bactériennes plus faibles (10^4 - 10^5 UFC/mL) afin de déterminer la concentration minimale pour laquelle plus aucune bactérie n'est retrouvée en sortie du réacteur.

Pris ensemble, les résultats suggèrent que le réacteur XP02 est plus efficace que le XP01 pour éliminer les bactéries et les virus et qu'il est également capable de supprimer les bactéries d'un air contaminé à une concentration de 10^4 - 10^5 UFC/mL.

L'absence de normalisation et la diversité des méthodes de test permettant de mesurer l'efficacité microbiologique les technologies de traitement de l'air, ne permettent pas de comparer des différentes technologies entre elles. La mise en place d'un système tel que celui présenté dans cette étude, représente à terme un outil de choix (à la fois pour les utilisateurs et pour les industriels) afin d'évaluer des technologies d'épuration de l'air.

AEROSOLISATION CONTROLÉE DE BIOAÉROSOLS DE BACTÉRIES, D'ENDOTOXINES, D'ACTINOMYCÈTES OU DE MOISSURES : SYNTHÈSE DES PERFORMANCES D'UN GÉNÉRATEUR BULLEUR

X. SIMON*, P. DUQUENNE, V. KOEHLER, C. COULAIS

Institut National de Recherche et de Sécurité, rue du Morvan – Laboratoire de Métrologie des Aérosols – CS 60027, 54519 Vandoeuvre les Nancy Cedex.

RESUME

De nombreux secteurs professionnels sont concernés par les risques biologiques et la survenue d'affections respiratoires chez les salariés en lien avec l'inhalation d'agents biologiques aéroportés. La mesure de l'exposition aux bioaérosols sur les lieux de travail nécessite le développement de méthodes de prélèvements et d'analyses spécifiques. La validation de ces méthodes passe nécessairement par deux étapes complémentaires : d'une part, des essais de terrain en conditions réelles d'exposition avec des bioaérosols complexes et instables, et d'autre part, des essais de laboratoire avec des bioaérosols expérimentaux d'avantage maîtrisés.

L'objectif de l'étude était de caractériser les performances d'un générateur bulleur de type Liquid Sparging Aerosolizer (Mainelis et al., 2005 ; Simon et al., 2011). Il s'agissait notamment de mesurer les principales caractéristiques des bioaérosols expérimentaux générés : préservation de la viabilité et nature(s) des entités biologiques aéroportées, gamme de concentrations, reproductibilité, stabilité dans le temps. L'étude s'est focalisée sur les agents biologiques modèles suivants (intérêt en hygiène du travail, présence avérée dans les atmosphères professionnelles, implication dans des symptômes respiratoires) : *Escherichia coli* pour les bactéries Gram négatif et leurs endotoxines associées, *Thermoactinomyces vulgaris* pour les actinomycètes et *Penicillium brevicompactum* pour les moisissures. Des protocoles de préparation de cultures liquides, destinées à alimenter le générateur bulleur, ont été élaborés et standardisés pour chacun de ces modèles.

Les prélèvements ont été réalisés dans un banc d'essais comprenant une enceinte destinée au conditionnement et à l'échantillonnage des bioaérosols générés. Les paramètres suivants ont été mesurés : concentrations en microorganismes cultivables (culture) et totaux (microscopie à épifluorescence), en endotoxines (dosage LAL), en nombre de particules (Grimm 1.109), distribution granulométrique (Grimm 1.109, TSI LAS 3340, TSI APS 3321, SKC Sioutas cascade impactor), nature des particules (cellules, spores, fragments, agglomérats, mycélium par microscopie).

Le bioaérosol de cellules végétatives d'*E. coli* présente un diamètre aérodynamique médian de 0,92 micromètres et un écart-type géométrique de 1,21. Les concentrations en bactéries totales (entre $4,0 \times 10^5$ et $1,0 \times 10^9$ Cellules.m⁻³), en bactéries cultivables (entre $2,5 \times 10^4$ et $2,0 \times 10^7$ Unités Formant Colonies UFC.m⁻³) et en endotoxines (entre 20 et 15000 Unités Endotoxine UE.m⁻³) couvrent de manière très satisfaisante les gammes de concentrations rencontrées sur les lieux de travail.

Le bioaérosol d'actinomycètes est majoritairement composé de spores de diamètre aérodynamique médian d'environ 0,6 micromètres. Cependant, la distribution granulométrique s'étale d'environ 0,25 à 10 micromètres du fait de la coexistence avec d'autres entités biologiques cultivables : fragments de mycélium, agglomérats de spores et brins de mycélium. Les concentrations en spores totales (entre $4,3 \times 10^5$ et $3,6 \times 10^7$ spores.m⁻³) et en *T. vulgaris* cultivables (entre $8,6 \times 10^3$ et $2,6 \times 10^6$ UFC.m⁻³) s'étalent également sur plusieurs ordres de grandeurs, de manière similaire à ce qui peut être rencontré sur le terrain (plates-formes de compostage par exemple).

La génération de *P. brevicompactum* conduit à un bioaérosol de spores de moisissures relativement peu dispersé autour du diamètre aérodynamique médian de 3,5 micromètres. Les premiers essais montrent qu'il est possible d'atteindre, sans difficulté, des concentrations en moisissures cultivables supérieures à 10^7 UFC.m⁻³.

Grâce à l'utilisation d'indicateurs de génération en temps réel, basés sur le suivi de populations granulométriques cibles réalisées au Grimm 1.109, la reproductibilité et la stabilité dans le temps (120 à 180 min) des paramètres du bioaérosols sont satisfaisantes. Par ailleurs, les résultats démontrent qu'il est possible, par modification du débit d'air de bullage, de perturber intentionnellement la bonne stabilité des paramètres du bioaérosols et de réaliser ainsi des pics de concentrations dont l'intensité et la durée peuvent être contrôlés. La grande flexibilité du générateur permettra son utilisation dans un grand nombre d'essais de laboratoires aux objectifs et contraintes variés, y compris pour d'autres microorganismes modèles (*Bacillus*, glucanes, virus, etc.) ou en mélange avec d'autres particules.

Références

Mainelis, G., Berry, D., Reoun An, H., Yao, M., DeVoe, K., Fennell, D. E. and Jaeger, R. (2005). "Design and performance of a single-pass bubbling bioaerosol generator." *Atmospheric Environment* 39 (19):3521-3533.

Simon, X., Duquenne, P., Koehler, V., Piernot, C., Coulais, C. and Faure, M. (2011). "Aerosolisation of *Escherichia coli* and associated endotoxin using an improved bubbling bioaerosol generator." *Journal of Aerosol Science* 42 (8):517-531.

COMPARAISON DE TRACEURS NANOPARTICULAIRES POUR L'ÉVALUATION DES PERFORMANCES D'ÉQUIPEMENTS DE PROTECTION COLLECTIVE DESTINÉS À LA MANIPULATION DE NANOPARTICULES MANUFACTURÉES

S. ARTOUS (1), P. BOMBARDIER (2), S. DERROUGH (1), C. DURAND (1), E. ZIMMERMANN (1)

⁽¹⁾ CEA / Plate-forme NanoSécurité, 17 rue des Martyrs, 38054 Grenoble Cedex 9

⁽²⁾ FAURE QEI, 27 bd des Alpes, F-38240 MEYLAN

RESUME

Les questions soulevées par l'utilisation des nanoparticules manufacturées, dont la production et la mise en œuvre dans de nombreux produits (cosmétiques, alliages, pneumatiques...) sont en forte croissance, ont amené la plate-forme nanosécurité (PNS) du CEA Grenoble à développer des axes de recherche sur la réduction des risques et la maîtrise des expositions aux nanoparticules manufacturées, pour la santé des travailleurs et pour l'environnement.

Le groupe de travail Nano-CERT/MTD, piloté par l'INERIS, regroupe les acteurs de la filière, experts, organismes de recherche, industriels et fabricants de matériels de protection collective. Dans le cadre des activités de ce groupe, un processus d'établissement de règles spécifiques pour la certification volontaire des équipements de protection collective (EPC), dans un cadre national, qui pourra être étendu au niveau européen, est engagé. Le groupe a pour objectif d'établir des règles spécifiques de certification en définissant les techniques à mettre en œuvre pour caractériser les dispositifs de protection collective des personnes travaillant en présence de nano-objets.

En prenant en compte les développements en métrologie des nanoparticules et en se basant sur les pratiques et réglementations existantes dans des domaines connexes (chimiques, poussières, microbiologiques et nucléaires) la plate-forme nanosécurité a engagé un programme d'étude de différents modèles d'équipements de protection collective (sorbonne, hotte à flux laminaire, boîte à gants, ...) dédiés à la manipulation de nano-objets.

L'étude présente les résultats acquis lors de la caractérisation d'une éventuelle rétrodiffusion de polluant et les valeurs des coefficients de transfert nanoparticulaires obtenus à l'aide de deux traceurs particuliers respectivement de fluorescéine sodée (uranine) et de chlorure de sodium. Les diamètres médians en nombre des nanoparticules sont respectivement, pour l'uranine de 60 nm et de 100 nm pour le chlorure de sodium.

Les limites de détection de chaque méthode de caractérisation sont évaluées expérimentalement et comparées à une méthode utilisant un traceur gazeux.

Chaque équipement est ensuite caractérisé aérauliquement en déterminant la vitesse de pénétration frontale, le débit d'extraction, le taux de renouvellement, l'homogénéité du renouvellement et en indiquant, le cas échéant, les difficultés rencontrées pour déterminer ces valeurs en fonction de la conception des équipements.

Les coefficients de transfert particuliers sont ensuite mesurés pour chacun des équipements, pour différents points de fonctionnement et en différentes localisations, en suivant les prescriptions normatives de caractérisation des sorbottes.

De plus, des points de mesures sont ajoutés afin de mettre en évidence des phénomènes de rétrodiffusion non pris en compte ou non détectés en suivant les prescriptions en vigueur.

Enfin, les valeurs des coefficients de transfert particuliers sont comparées aux résultats obtenus en mettant en œuvre une méthode de détermination des coefficients de transfert par traçage gazeux.

INFLUENCE DE LA FRACTION ORGANIQUE DE CARBONE SUR LA MESURE DE LA MASSE VOLUMIQUE EFFECTIVE D'AGREGATS DE SUIES A L'AIDE D'UN CPMA

F.-X. OUF ^{*}(1), A. BESCOND (2), S. BOURROUS (1), A. KACEM (1), A. NOIRTIN (3), J. SYMONDS (4), C. NICKOLAUS (4) ET J. YON (2)

⁽¹⁾ Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire, BP 68, 91192 Gif-sur-Yvette Cedex, France.

⁽²⁾ UMR 6614 CORIA, Avenue de l'université, BP 8, 76801 Saint-Etienne du Rouvray, France.

⁽³⁾ Intertek France, Ecoparc 2, 27400 Heudebouville, France.

⁽⁴⁾ Cambustion Ltd, J6 The Paddocks, 347 Cherry Hinton Road, Cambridge CB1 8DH, U.K.

RESUME

L'étude des propriétés physiques des particules de suie produites lors de phénomènes de combustion est un sujet complexe mais d'un intérêt primordial afin de décrire le comportement physique de ces aérosols, leur impact toxicologique et radiatif à l'échelle planétaire. Depuis de nombreuses années, la morphologie fractale de ces particules est une thématique primordiale de la communauté scientifique et les travaux associés ont permis le développement d'outils métrologiques particulièrement sensibles et adaptés. Récemment, le principe de l'Aerosol Particle Mass Analyser (Ehara et al., 1996) a été amélioré et il existe dorénavant un dispositif commercial permettant de mesurer en temps réel et de manière directe la masse d'agrégats de nanoparticules. Ce dispositif, intitulé CPMA pour Centrifugal Particle Mass Analyser (Olfert and Collings, 2005) permet de mesurer la masse de particules préalablement classifiées en termes de diamètre de mobilité électrique à l'aide d'un DMA. Si de nombreuses études ont été menées récemment afin de déterminer la masse volumique effective de différentes sources (véhicules automobiles, moteurs aéronautiques, brûleurs de laboratoire), un outil de ce type permet d'investiguer l'influence d'une potentielle phase organique adsorbée sur la valeur de la masse volumique de particules de suie. De telles informations se révèlent fondamentales si l'on souhaite caractériser la réactivité, la toxicité ou le pouvoir colmatant de ces particules vis-à-vis de filtres à Très Haute Efficacité tels que ceux utilisés dans l'industrie nucléaire (Mocho and Ouf, 2011).

Le dispositif expérimental repose sur l'utilisation d'un brûleur commercial (MiniCAST™ 5201) préalablement qualifié dans notre laboratoire (Ouf et al., 2012). En particulier, la structure morphologique et la composition en carbone élémentaire (EC) et carbone organique (OC) ont été déterminés en fonction des paramètres opératoires du brûleur (ratio comburant/combustible pour la présente étude). Il est possible de produire des aérosols de morphologie variable (fractale, fractale avec gangue, compacte) présentant des proportions EC/OC allant de 95 % / 5 % à 5 % / 95 %. Les particules produites sont ensuite diluées à l'aide d'un éjecteur de type PALAS VKL10, puis classifiées en termes de diamètre de mobilité électrique à l'aide d'un DMA (TSI Long DMA 3080). Les agrégats ainsi sélectionnés sont ensuite classés en termes de masse à l'aide du CPMA et détectés ensuite à l'aide d'un CNC 3776 TSI. Divers exemples de fonctions de transfert mesurées par ce dispositif sont obtenus. In-fine, une analyse sur un ensemble de diamètres de mobilité électrique permet de déterminer la masse volumique effective des particules pour différentes configurations du générateur CAST. On remarque ainsi que la masse volumique effective est dépendante de la présence d'une phase de carbone organique. Ainsi, si pour moins de 10 % de tels composés, l'évolution de la masse volumique effective est en accord avec les précédents résultats obtenus pour des sources synthétiques d'aérosols carbonés, on remarque que, pour deux points de fonctionnement présentant un taux similaire de composés organiques, la masse volumique mesurée pour les plus faibles diamètres présente des disparités, mettant ainsi en évidence des différences potentielles de microstructure. A l'inverse, pour un taux de composés organiques carbonés compris entre 20 et 50 %, l'évolution de la masse volumique effective est relativement similaire. Les résultats obtenus ont par ailleurs été comparés à ceux déterminés pour des particules nanostructurées de carbone amorphe, majoritairement composées de carbone élémentaire et issues d'un générateur à décharge électrique GFG 1000 de la société PALAS.

Références

Ehara K., Hagwood C. and Coakley K.J. (1996). Novel method to classify aerosol particles according to their mass-to-charge ratio – Aerosol particle mass analyser. *J. Aerosol Sci.*, 27, 217-234.

Mocho V.-M., Ouf F.-X. (2011). Clogging of industrial pleated high efficiency particulate air (HEPA) filters in the event of fire. *Nuclear Eng. and Design*, 241, 1785-1794.

Olfert J.S. and Collings N. (2005). New method for particle mass classification – the Couette centrifugal particle mass analyzer. *J. Aerosol Sci.*, 36, 1338-1352.

Ouf F.-X., Brugière E., Ferry D., Pontreau S. and Yon J. (2012). Characterization of aerosols produced by a commercial combustion aerosol generator MiniCAST™ 5201: EC/TC, size distribution, morphology and optical properties. *European Aerosol Conference, Grenada, Spain, 2 – 7 September 2012.*

RECOMMANDATIONS EN MATIERE DE CARACTERISATION DES POTENTIELS D'EMISSION ET D'EXPOSITION PROFESSIONNELLE AUX AEROSOLS LORS D'OPERATIONS METTANT EN ŒUVRE DES NANOMATERIAUX.

O. WITSCHGER ⁽¹⁾, O. LE BIHAN ⁽²⁾, C. DURAND, E. ZIMMERMANN, A. MARCHETTO, M. REYNIER, D. CHARPENTIER

⁽¹⁾ INRS, département Métrologie des polluants

⁽²⁾ INERIS, Direction des Risques Chroniques

⁽³⁾ CEA, Plateforme Nano Sécurité

⁽⁴⁾ INRS, Direction Scientifique

⁽⁵⁾ INERIS, Direction de la Certification

RESUME

Les nanomatériaux ouvrent un important champ de potentialités dans des domaines très divers tels que la santé, l'agroalimentaire, l'énergie, les matériaux, le transport pour n'en citer que quelques uns. La recherche sur le développement des nanomatériaux est très active et les enjeux économiques dans les domaines visés sont importants. Mais les nanomatériaux sont aussi sources de nombreux questionnements quant aux risques qu'ils peuvent engendrer pour l'Homme et pour l'Environnement du fait de leurs propriétés chimiques et/ou physiques. A ce titre, l'Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail considère les nanomatériaux comme l'un des dix principaux risques sanitaires émergents sur les lieux de travail (EU-OSHA, 2009).

A ce jour il y a encore très peu de données d'exposition professionnelle qui aient été publiées (Brouwer, 2010, Kulbusch et al., 2011). Plusieurs raisons peuvent être avancées à ce constat : une production et des usages des nanomatériaux dans le monde de la recherche et de l'industrie encore méconnus, des coopérations parfois délicates à mettre en place entre les établissements industriels ou les laboratoires de recherche et les équipes spécialisées dans la mesure des expositions, des résultats parfois difficiles à publier et donc méconnus de la communauté scientifique, mais surtout pas de consensus quant aux critères de mesurage à considérer pour évaluer l'exposition, un cortège d'instruments en majorité inappropriés et des stratégies de mesurage au poste de travail loin d'être stabilisés.

Dans ce contexte d'incertitudes mais en même temps d'évolution constante des connaissances, un partenariat a été mis en place entre l'INRS, l'INERIS et le CEA afin d'élaborer en France une approche harmonisée pour la caractérisation des potentiels d'émission et d'exposition aux aérosols en milieu de travail lors d'opérations mettant en œuvre des nanomatériaux.

Les préconisations portent tout d'abord sur les critères de mesures à considérer en termes de gamme de tailles des particules, fraction de l'aérosol et concentration dans l'air. La démarche proposée suit un cheminement en cinq phases : (1) une étude dite de situation permettant d'exclure ou non, de manière certaine, la présence de nanomatériau dans le procédé visé ; (2) une étude dite d'évaluation initiale permettant d'exclure ou non une exposition potentielle ; (3) la troisième phase a pour objectif de s'interroger sur la réelle nécessité et la faisabilité de poursuivre vers une campagne de mesurage ; des essais en laboratoire peuvent éventuellement être réalisés lors de cette phase ; (4) la quatrième phase concerne la campagne de mesurage in situ à proprement parler ; (5) la dernière phase a pour objet l'analyse des résultats. La stratégie concernant la campagne de mesurage propose deux niveaux d'intervention : un premier niveau destiné à des personnes ayant une expérience en matière de métrologie d'atmosphère et d'évaluation d'exposition professionnelle aux aérosols et possédant des notions sur les risques liés aux nanomatériaux, et un deuxième niveau, plus spécialisé, qui s'adresse principalement aux chercheurs impliqués dans des travaux relatifs à la métrologie des aérosols et leur caractérisation, aux émissions et/ou aux expositions aux substances sous forme de particules (et nanoparticules) dans un contexte de santé au travail. Les conseils formulés peuvent s'appliquer à tous les environnements de travail existant dans les laboratoires de recherche ou dans l'industrie, lors des différentes phases de production et de mise en œuvre de nanomatériaux, lors du nettoyage et de la maintenance des équipements, etc., et ceci en mode normal ou dégradé de fonctionnement du procédé et des équipements de protection.

Étant donné la nature émergente de la base de connaissances dans ce domaine de l'exposition aux nanomatériaux, cette démarche sera amenée à évoluer notamment dans la perspective d'une harmonisation au niveau international.

Références

Brouwer D. (2010) Exposure to manufactured nanoparticles in different workplaces. *Toxicology*, 269, 120-127
EU-OSHA (2009) Workplace Exposure to Nanomaterials. Bilbao, Spain: European Agency for Safety and Health at Work, 89p

Kuhlbusch T., Asbach C., Fissan H., Göhler D., Stintz M. (2011) Nanoparticle exposure at nanotechnology workplaces: a review. *Particle and Fibre Toxicology*, 8, 22

DETECTION DE PARTICULES DE TAILLES MICROMETRIQUES ET SUBMICROMETRIQUES PIEGEES DANS UN PLASMA RF (RADIO FREQUENCE) BASSE PRESSION PAR TECHNIQUE LIBS (LASER-INDUCED BREAKDOWN SPECTROSCOPY OU SPECTROSCOPIE DE PLASMA INDUIT PAR LASER)

C. DUTOUQUET*(1), G. WATTIEAUX(2), L. MEYER(2), E. FREJAFON(1) ET L. BOUFENDI(2).

(1) Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS / DRC / CARA / NOVA), Parc Technologique Alata, BP 2, 60550 Verneuil-En-Halatte.

(2) Groupe de Recherches sur l'Énergétique des Milieux Ionisés (GREMI) UMR 6606, CNRS/Université d'Orléans, 14 rue d'Issoudun, BP 6744, 45067 Orléans Cedex 2.

RESUME

Les nanotechnologies sont présentées comme l'industrie du 21^{ème} siècle. Les matériaux nanostructurés sont le plus souvent élaborés à partir de briques élémentaires que sont les nanoparticules manufacturées. Cette nanostructuration confère à ces matériaux des fonctionnalités et des propriétés inédites d'un très grand intérêt pour de nombreuses applications industrielles. La production de nanoparticules manufacturées est appelée à croître étant donné les très nombreuses applications des matériaux nanostructurés et le gain économique escompté. Les besoins en nanometrologie (in-situ et si possible en temps réel) devraient donc s'accroître en conséquence. La surveillance des ambiances de travail et le contrôle de procédés de production sont des problématiques requérant un tel développement instrumental.

La technique LIBS (Laser-Induced Breakdown Spectroscopy) ou spectroscopie de plasma induit par laser est un possible moyen de détection dans le cadre des problématiques susmentionnées [1-3]. Elle consiste à focaliser un faisceau laser impulsif sur un échantillon à analyser (solide, liquide, gaz, ou aérosol). Au point de focalisation, la matière est très fortement chauffée, provoquant l'allumage d'un plasma. La lumière émise par ce dernier peut être analysée par spectroscopie d'émission. Tous les éléments chimiques présents dans le matériau sondé peuvent être identifiés dans une large gamme de pression et leurs concentrations respectives déterminées. La préparation de l'échantillon n'est pas nécessaire. De plus, elle est non intrusive de part son caractère tout optique. Elle permet donc de réaliser des analyses in-situ. Ces caractéristiques lui confèrent donc un fort potentiel d'applicabilité sur le terrain.

Dans l'objectif d'améliorer les performances de détection dans le cas de l'analyse d'aérosols, des expériences préliminaires couplant un analyseur LIBS avec une cellule plasma radiofréquence à basse pression utilisée comme piège à particules ont été réalisées [4]. Des agglomérats de nanoparticules composites de SiC et Al₂O₃ ont été introduits dans la cellule dans laquelle ils ont été piégés et maintenus en suspension. Des impulsions laser nanosecondes ont été focalisées sur les particules piégées, entraînant leur vaporisation et l'émission du signal LIBS. La détection LIBS a ainsi été réalisée avec un rapport signal sur bruit satisfaisant à une pression de 0.25 mBar au lieu de la pression atmosphérique. Ainsi, ce couplage présente plusieurs avantages. Toutes les particules injectées sont piégées et peuvent potentiellement être analysées. La qualité de l'échantillonnage est améliorée. Des particules organiques (contenant C, H, O et N) pourraient être analysées sans interférences avec ces mêmes éléments naturellement présents dans l'air en utilisant des gaz inertes tels Ar ou He pour la génération du plasma RF. De plus, le rapport signal sur bruit pourrait être meilleur à pression réduite qu'à pression atmosphérique. Enfin d'autres diagnostics laser pourraient être envisagés.

Les résultats obtenus, bien que qualitatifs, ont démontré les potentialités d'un tel couplage pour l'identification d'éléments composants des agrégats de nanoparticules composite. De futures expériences sont envisagées pour optimiser les limites de détection et obtenir des résultats quantitatifs sur des problématiques telles que le contrôle de procédé ou la surveillance de l'air.

Références

- [1] R'Mili B, Dutouquet C, Sirven J.B, Aguerre-Chariol O, Fréjafon E, (2011). *Journal of Nanoparticle Research* 13, 563-577
- [2] Amodeo T, Dutouquet C, Le-Bihan O, Attoui M, Fréjafon E, (2009). *Spectrochimica Acta Part B* 64: 1141-1152
- [3] Amodeo T, Dutouquet C, Tenegal F, Guizard B, Maskrot H, Le Bihan O, Frejafon E (2008). *Spectrochimica Acta Part B* 63, 1183-1190
- [4] Dutouquet C, Wattieaux G, Meyer L, Frejafon E, Boufendi L, Article soumis à *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*
- [5] Brevet déposé à l'INPI intitulé "Méthode et système de détection et/ou d'analyse de particules dans un plasma froid"

PROJET NANOFLUEGAS CARACTERISATION DES EMISSIONS PARTICULAIRES LORS DE L'INCINERATION DE DECHETS CONTENANT DES NANOMATERIAUX.

D-T. TRAN*(1,2), D. FLEURY(1), D. VENDITTI(3), S. DURECU(3), A. JOUBERT(2), G. OUNOUGHENE(1), T. MEUNIER(3),
O. LE BIHAN(1), ET L. LE COQ(2).

⁽¹⁾ INERIS, Parc Technologique Alata, BP 2, 60550 Verneuil-en-Halatte, France.

⁽²⁾ Ecole des Mines de Nantes, GEPEA, UMR 6144 - 4 rue Alfred Kastler, BP 20722
44307 Nantes cedex 3, France.

⁽³⁾ TREDI - Groupe Séché Environnement, 9 avenue de la Forêt de Haye, BP 184
54505 Vandoeuvre-lès-Nancy, France.

TITLE

**THE NANOFLUEGAS PROJECT: CHARACTERIZATION OF NANOPARTICULATE EMISSIONS FROM THE
INCINERATION OF WASTES CONTAINING MANUFACTURED NANOMATERIALS.**

ABSTRACT

The wide development of nanotechnologies requires a consideration of nanosafety during the whole life cycle of products containing nanomaterials. Yet, there is neither specialized procedure for the waste management of nano-objects at the end of their life nor associated regulation

The NANOFlueGas project has been recently launched for three years (2011-2014) to investigate the safe incineration of wastes containing nanomaterials. The main objectives of this project supported by ADEME are: (1) to provide a better understanding of the possible mechanisms of nanoparticles release during the combustion of nanowastes and (2) to evaluate the efficiency of existing processes. The initial works of the NANOFlueGas aim at: (1) identifying deposits containing nanomaterials; (2) selecting three representative nanowastes. The experimental part is twofold: (1) investigate emission mechanisms and characterization of nanomaterials in the smoke during the incineration at pilot and industrial scales; (2) evaluate the efficiency of main available pollution abatement processes, thus providing fully adapted recommendations on procedures and technological features for the whole processing of nanowastes. This communication describes the different steps of the project and presents preliminary results.

RESUME

Le développement des nanotechnologies nécessite de considérer la nanosécurité sur l'ensemble du cycle de vie des produits contenant des nanomatériaux. Il n'existe pas aujourd'hui de filière homologuée pour la gestion des produits nanostructurés en fin de vie ni de réglementation associée. Le projet NANOFlueGas soutenu par l'Ademe a été lancé pour trois ans (2011-2014). Il vise à : (1) mieux comprendre les mécanismes de relargage éventuel de nanoparticules lors de la combustion de nano-déchets; (2) évaluer l'efficacité des procédés existants pour aider si nécessaire à l'élaboration de préconisations techniques et/ou de procédures particulières pour la prise en charge de ces nouveaux déchets émergents. Les travaux initiaux ont pour but : (1) d'identifier les gisements de nanomatériaux ; (2) de sélectionner trois nanodéchets représentatifs. Le volet expérimental porte principalement d'abord sur la compréhension des mécanismes d'émission et la caractérisation des nanomatériaux présents dans les fumées lors d'essais réalisés à différentes échelles, du laboratoire à l'unité industrielle; Cette communication détaille les différentes étapes du projet et présente des résultats préliminaires.

GENERATION NUMERIQUE DE PARTICULES DE SUIE REALISTES : IMPACT SUR LEURS PROPRIETES MORPHOLOGIQUES ET OPTIQUES

J.YON¹, A.BESCOND¹, C. ROZE¹, A. COPPALLE¹, F. X. OUF²

⁽¹⁾ UMR 6614 CORIA, CNRS, Université et INSA de Rouen, site universitaire du Madrillet, Avenue de l'Université BP12, 76801 Saint Etienne du Rouvray cedex, France

⁽²⁾ Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN), 91192 Gif-sur-Yvette Cedex, France

RESUME

Depuis l'émergence de la notion d'objet de morphologie fractale (Jullien et Botet, 1987), la prise en compte de la non sphéricité des particules de suie a permis l'élaboration de modèles et de théories adaptées à ces particules. Par exemple, les mesures d'extinction ou de diffusion angulaires de la lumière sont interprétables à l'aide de théories optiques adaptées aux objets fractal (Dobbins et Megaridis, 1991), ou encore les lois de projection 3D→2D ont été élaborées afin de remonter aux caractéristiques 3D des agrégats visualisés par microscopie électronique en transmission (Brasil, et al, 1999; Köylü, et al, 1995.). L'ensemble de ces modèles ou théories ont été fondées sur une approche idéaliste d'agrégats constitués de sphérules monodisperses en contact ponctuel générés par des approches DLCA (Diffusion Limited Cluster Aggregation) ou RCA (Racted Cluster Aggregation) (Meakin, 1999). Pourtant, les visualisations de particules de suies montrent qu'elles sont bien plus complexes que cela (Figure 1-a). Ces dernières présentent un certain recouvrement déjà abordé par Brasil et al. (2001) mais également un contact non ponctuel semblable aux morphologies affectées par des contraintes thermiques (Eggersdorfer, et al. 2011).

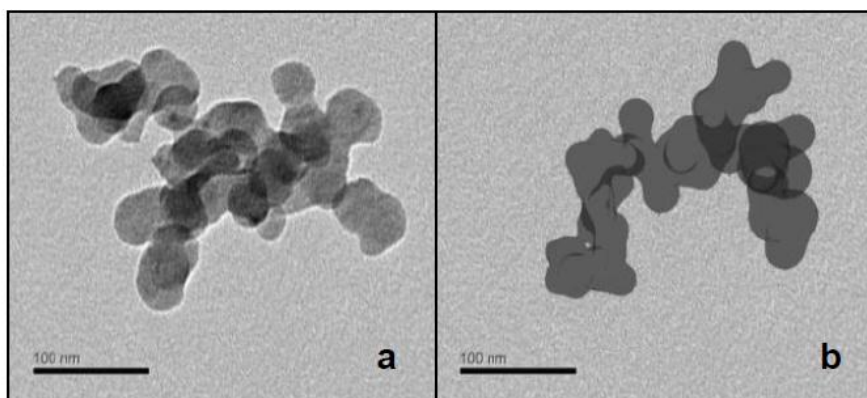


Figure 1, Particule de suie d'éthylène ($\overline{D_p} = 34.19\text{nm}$);
a) Image réelle MET; b) Image virtuelle pour $Cov = 0,2$; $\zeta = 2$

L'objectif de cette communication est de présenter une méthode numérique de génération d'agrégats plus réalistes que l'approche traditionnelle combinant une génération de type DLCA et une approche de type *Level Set* (Figure 1-b) et d'évaluer l'impact de la prise en compte du recouvrement et du contact non ponctuel sur:

- la caractérisation morphologique (dimension fractale et préfacteur),
- les lois de transpositions 3D→2D utilisées en microscopie électronique,
- les propriétés de diffusion angulaire et d'extinction ou encore d'albedo.

Références

Brasil, A., Farias, T. and Carvalho, M. (1999) Journal of Aerosol Science, 30, 1379.

Brasil, A.M., Farias, T.L., Carvalho, M.G. and Koylu, U.O. (2001) Journal of Aerosol Science, 32, 489-508.

Dobbins, R.A. and Megaridis, C.M. (1991) Applied Optics, 30, 4747-4754.

Eggersdorfer, M.L., Kadau, D., Herrmann, H.J. and Pratsinis, S.E. (2011) *Langmuir*.

Hong, G., et al. (2008) *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 109, 2635-2647.

Jullien, R. and Botet, R. (1987) *Aggregation and fractal aggregates*. Word Scientific.

Köylü, Ü.Ö., Faeth, G.M., Farias, T.L. and Carvalho, M.G. (1995) *Combustion and Flame*, 100, 621-633.

Meakin, P. (1999) *J. Sol-Gel Sci. Technol.*, 15, 97-117.

GENERATION D'AEROSOLS PAR SOLLICITATION MECANIQUE DE MATERIAUX : ETAT DE L'ART.

N. SHANDILYA*(1, 2), M. MORGENEYER(2), O. LE BIHAN(1)

⁽¹⁾ INERIS, Verneuil-en-Halatte, France

⁽²⁾ Université de Technologie, Compiègne, France

RESUME

Il est établi depuis de nombreuses années que l'inhalation d'aérosol, selon les propriétés de celui-ci (distribution en taille, concentration, composition), peut avoir des effets néfastes sur la santé, notamment celle du travailleur.

L'identification des sources de particules et la compréhension de leur fonctionnement, font partie des axes de travail permettant de réduire voire d'éliminer le risque d'exposition.

Le thème abordé ici concerne un type d'émission particulier, à savoir la production d'aérosol lors du frottement de deux surfaces entre-elles. Un état de l'art est présenté, cherchant à établir une vue des connaissances sur le lien entre sollicitations mécaniques et production d'aérosol.

Différentes études ont été menées sur les conditions de frottement [1, 2, 3], dans le but de comprendre certains phénomènes de surface. Aucune, toutefois, ne s'est penchée sur la production d'aérosol. Par contre, des éléments utiles ont été identifiés : concepts propres à la tribologie, dispositifs expérimentaux, outils de simulation numérique et expérimentale.

Un certain nombre de paramètres mécaniques ont émergés, et seront utilisés pour tenter d'établir un lien entre frottement et génération d'aérosol. L'enjeu est désormais d'en intégrer la mesure au niveau de nos dispositifs expérimentaux.

Références

Jiang J., Sheng F., Ren F., Modeling of two body abrasive wear under multiple contact conditions, *Wear* 251: 35-45, 1998

Eriten M., Polycarpou A.A., Bergman L.A., Physics based modeling for partial slip behavior of spherical contacts, *Int. Journal of Solids and Structures* 47: 2554-67, 2010

Kapoor A., Williams J.A., Johnson K.L., The steady state sliding of rough surfaces, *Wear* 175: 81-92, 1994

CONCEPTION ET VALIDATION D'UN PILOTE DE FILTRATION –CONCEPT DE MINI-CTA - POUR L'ETUDE DU COMPORTEMENT DES AEROSOLS PARTICULAIRES

L. GONZALEZ *(1) (2), Y. GOURIOU (2), A. JOUBERT (2), Y. ANDRES (2), C. DELAHAYE (1), N. BERTHELOT (1), X. CHAUCHERIE (1), L.LE-COQ (2)

(1) Veolia Environnement Recherche et Innovation VERI, 291, avenue Dreyfous Ducas, 78520 Limay

(2) Ecole des Mines de Nantes, GEPEA UMR CNRS 6144, 4 rue Alfred Kastler, BP 20722, 44307 Nantes

RESUME

Les Centrales de Traitement d'Air (CTA) ont pour objectifs le renouvellement de l'air dans les milieux clos et l'élimination de polluants particulaires afin de satisfaire les conditions de confort et de santé des occupants. Parmi les fonctions requises, les CTA permettent le réglage de la température, de l'humidité relative, la filtration de particules, le soufflage de l'air traité vers l'intérieur des bâtiments et la reprise de l'air vicié vers l'extérieur. La filtration de particules est une étape importante dans la CTA dont la performance dépend des conditions suivantes: qualité de l'air extérieur ou recyclé, type de particules en suspension à éliminer, humidité, température ; et de plusieurs facteurs tels que : géométrie, composition des filtres et stratégie de gestion de la CTA prenant en compte périodes d'arrêt, périodes de marche réduite, nombre d'étages de filtration, fréquence de changement des filtres, etc. Ces paramètres peuvent avoir une influence sur la Qualité de l'Air Intérieur (QAI) suivant l'âge des filtres et notamment au moment de la remise en marche de la CTA, qui peut occasionner le relargage de particules en aval des filtres et en conséquence une possible dégradation de la qualité de l'air.

Dans ce contexte, l'objectif de ces travaux est l'étude de l'influence des paramètres de gestion des CTA sur le comportement des aérosols au niveau des filtres. Pour cela, un pilote de filtration à échelle réduite a été développé au laboratoire, afin de reproduire le fonctionnement d'une CTA pour des conditions opératoires maîtrisées et qui peuvent être aisément modifiées. Ainsi, l'humidité relative et la vitesse de filtration pouvant être contrôlées respectivement dans la gamme 40-80% et 0,1-1 m/s pour une température maintenue constante à 25 °C. Cette mini-CTA a été conçue pour tester des filtres prototypes de différentes efficacités (de G4 à F9) qui gardent la géométrie des filtres commerciaux (filtres plan plissés, filtres à poches, filtres dièdres), placés dans une configuration de deux étapes de filtration successives. Les particules testées ont été sélectionnées avec un diamètre médian inférieur à 10 micromètres et sont dispersées en amont du premier étage de filtration de la mini-CTA. La mesure de la granulométrie et de la concentration en particules est réalisée en amont et en aval de chaque étage de filtration.

Une validation expérimentale du pilote a été réalisée afin de s'assurer de la stabilité et de la reproductibilité des conditions climatiques (HR et T) et aérauliques (vitesse et champs de vitesse en amont et en aval des filtres prototypes). L'homogénéité de la génération des particules dans la veine en amont du premier filtre a été également étudiée et les champs de vitesse au niveau des buses de prélèvement de particules ont été mesurés. Ce pilote de filtration, a été construit dans le cadre d'un projet de recherche de l'EMN en collaboration avec Veolia Environnement Recherche et Innovation.

CARACTERISATION ET IMPACT DES PARTICULES INCANDESCENTES DANS LES RESEAUX DE VENTILATION

P. MARCHAL (1), E. PORCHERON (1), L. LAFANECHERE (2), G. GREHAN(3)

(1) Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire, B.P. 68, 91192 Gif-sur-Yvette Cedex

(2) EDF CIDEN, 154 Avenue Thiers 69458 Lyon Cedex 06

(3) CNRS CORIA, Université de Rouen, avenue de l'université BP12, 76801 Saint Etienne du Rouvray

RESUME

La mise en oeuvre de procédés mécaniques ou thermiques de type découpe ou abrasion dans des chantiers d'assainissement ou de démantèlement d'installations nucléaires génère une production de particules métalliques incandescentes. Ces particules peuvent être entraînées dans les réseaux de ventilation et conduire à une perforation, voire à une inflammation du premier niveau de filtration, ce qui constitue un risque de dégradation des barrières de confinement avec potentiellement un risque de départ d'incendie.

Ainsi, l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) a lancé en partenariat avec EDF/CIDEN un programme de recherche dont l'objectif est de déterminer les situations qui représentent un risque d'agression du dispositif de filtration.

L'objectif de cette étude est de déterminer les caractéristiques à la source (température de surface, diamètre, morphologie et vitesse) des particules incandescentes produites par une disqueuse, ainsi que l'évolution de ces caractéristiques pendant le temps de vol des particules jusqu'à leur impact sur le médium filtrant. La mise en corrélation de ces données avec le niveau d'endommagement du médium filtrant doit permettre de mieux identifier les situations qui représentent un risque d'agression du dispositif de filtration et d'en déduire l'impact sur le maintien de l'intégrité du confinement des installations.

Dans cet article sont présentés les développements métrologiques entrepris pour caractériser les particules incandescentes. Il s'agit de mesurer la granulométrie des particules émises en discriminant celles qui proviennent de la dégradation du disque de l'instrument de découpe de celles issues de la découpe du métal. Les mesures sont réalisées en utilisant un granulomètre de type APS et un impacteur d'Andersen.

L'évolution de la vitesse des particules ainsi que leur trajectoire sont déterminées à l'aide de diagnostics optiques PIV / PTV.

Un développement particulier est nécessaire pour mesurer la température des particules en vol.

La technique envisagée est basée sur celle utilisée par les pyromètres. L'adaptation de cette technique à nos conditions expérimentales nécessite de connaître précisément la gamme de taille des particules produites, la gamme de température attendue et la variation d'émissivité des particules métalliques induite par leur oxydation au cours de la phase de refroidissement.

La génération des particules incandescentes est réalisée par une disqueuse commerciale découpant des plaques d'acier inoxydable. Le pilotage de cette disqueuse a été automatisé pour assurer une bonne reproductibilité des caractéristiques des particules produites, lesquelles sont très dépendantes des conditions opératoires de la découpe (angle de découpe, pression exercée sur le disque).

Un banc expérimental reproduisant un sas de démantèlement est mis en oeuvre, dans lequel sont implantés la disqueuse et un filtre test raccordé à une gaine de ventilation. La distance filtre-disqueuse peut être modifiée afin de créer un maximum de configurations possibles.

La caractérisation des particules est réalisée à différentes distances de la génération afin de suivre l'évolution des paramètres liés aux particules et de quantifier ceux-ci lorsque les particules impactent le médium filtrant.

**SESSION V : FILTRATION ET METROLOGIE DES
AEROSOLS**

Présidents de session : Dr J. P. Borra, Dr D. Thomas

ETUDE DE LA PHASE DE FILTRATION PROFONDE ET DE LA TRANSITION VERS LA PHASE DE FILTRATION EN SURFACE POUR DES FILTRES THE COLMATÉS AVEC DES AÉROSOLS NANOMÉTRIQUES.

S. BOURROUS* (1 2 3), L. BOUILLOUX (1), F.-X. OUF (1), J.-C. APPERT-COLLIN (2), D. THOMAS (2) ET L. TAMPERE (3)

⁽¹⁾ Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) BP 68, 91192 Gif-sur-Yvette, France

⁽²⁾ Université de Lorraine, LRGP, UPR 3349 CNRS, 1 rue Grandville BP 20451, 54001 Nancy, France

⁽³⁾ Camfil Farr, BP80225 Rte d'Avrigny, ZI de Saint Martin Longueau, 60722 Pont Sainte Maxence, France

RESUME

La majorité des techniques de traitement de l'air passe par l'utilisation de media fibreux à base de fibres de verre du fait de leur simplicité de mise en oeuvre et de leur bon rendement. En outre, leur application dans des secteurs spécifiques, comme l'industrie nucléaire, nécessite une très haute efficacité de filtration et une grande fiabilité. En cas d'incendie, la production de suies constituées d'agrégats de nanoparticules engendre un colmatage très rapide des filtres, susceptible de conduire à leur altération. La prédiction de la perte de charge est donc un élément important pour la sûreté des installations de ventilation.

Classiquement, on distingue deux phases de filtration pour un medium filtrant (Thomas et al.1999) : la filtration profonde, durant laquelle la perte de charge croît lentement, puis la formation d'un dépôt en surface du medium conduisant à une augmentation linéaire et rapide de la perte de charge. La plupart des études se concentrent sur l'une ou l'autre de ces phases. Cependant, la caractérisation du colmatage d'un filtre sur toute sa durée d'utilisation impose de comprendre et d'appréhender les mécanismes conduisant à la transition entre les phases de filtration profonde et en surface.

Si certains auteurs se sont penchés sur cette problématique (Japuntich 1994, Walsh 1996, Thomas 2001), leurs modèles sont développés pour des aérosols microniques. Or, il semble que pour des particules plus fines, des mécanismes de dépôt différents rendent ces modèles peu fiables. De plus, les principaux modèles destinés à prédire l'évolution de la perte de charge de media fibreux lors de la phase de filtration profonde se basent soit sur l'étude d'une fibre simple (Juda et Chrosciel 1970, Davies 1973), soit sur une modification des caractéristiques macroscopiques du medium (Bergmann 1978, Kanoaka et Hiragi 1990, Payatakes 1976). Aussi, ils prennent pour hypothèse l'accumulation de particules dans l'épaisseur du filtre pour expliquer l'augmentation de résistance aéraulique, ce qui ne permet pas de prédire l'évolution particulière de la perte de charge due à la transition vers la phase de filtration en surface.

La présente communication vise à confronter ces modèles aux résultats expérimentaux dans le cas de la filtration d'aérosols nanométriques et à proposer une approche alternative mieux adaptée au colmatage des filtres THE par des aérosols nanométriques. Les résultats d'essais utilisés pour cette inter-comparaison ont été obtenus à l'aide d'un générateur de nanoparticules Palas GFG 1000 monté sur une veine aéraulique qui permet le colmatage de différents media plans (THE et HE). Cela permet de disposer de données comparées avec le comportement de tamis métalliques fins soumis aux mêmes contraintes. Des techniques d'analyse et d'observation spécifiques (enrobage d'échantillons dans une matrice polymérisée et observation de coupes de media colmatés couplée à une analyse EDX) sont utilisées pour comprendre la phénoménologie en vue de proposer des pistes pour l'établissement d'un modèle prédictif de la perte de charge des filtres THE par des aérosols nanométriques jusqu'à la formation du gâteau.

COLLECTE DES PARTICULES ULTRAFINES A L'AIDE D'UNE COLONNE A BULLES.

M. CADAVID (1, 2), D. BÉMER (1), A. CHARVET (2), D. THOMAS (2).

(¹) Institut National de la Recherche et de la Sécurité, rue du Morvan, 54509 Vandœuvre-lès-Nancy.

(²) Laboratoire Réactions et Génie des Procédés, Université de Lorraine, 1 rue Grandville, 54001 Nancy

RESUME

L'air des lieux de travail et l'air extérieur sont susceptibles d'être contaminés par des particules ultrafines), lesquelles ont essentiellement deux origines: les (nano) particules manufacturées utilisées dans certaines applications industrielles et les particules ultrafines générées par de nombreux procédés de fabrication: fumées, brouillards d'huile, procédés de métallisation, etc.

Actuellement, seule la filtration sur médias fibreux permet d'atteindre de très grandes efficacités vis à vis des nanoparticules ce qui en fait le procédé le plus usité dans l'industrie. L'inconvénient de cette technique réside dans le colmatage progressif du filtre, entraînant une augmentation de perte de charge et donc nécessitant un décolmatage régulier du média, voire son remplacement. Afin de trouver une solution à cette problématique d'épuration des particules ultrafines, nous nous sommes intéressés à d'autres procédés de séparation notamment ceux par voie humide, et plus particulièrement aux colonnes à bulles. En effet, ce type de laveur peut être une alternative intéressante aux médias fibreux grâce à leur fonctionnement à perte de charge constante. Ainsi, l'opération de décolmatage n'est pas nécessaire et le risque de remise en suspension de particules nanométriques est nul.

Au cours de cette étude, nous avons mis en place un banc d'essais et un protocole expérimental afin d'observer l'influence du temps de séjour de l'aérosol dans la colonne à bulles, du régime de bullage et de la taille des bulles sur l'efficacité de collecte des particules ultrafines. Les expériences montrent que, pour une même plaque perforée et une même vitesse du fluide, l'efficacité globale de collecte de la colonne augmente avec le niveau du liquide de piégeage (de 43 % pour 5 centimètres d'eau à 90 % pour 20 centimètres). Ce comportement s'explique par une augmentation du temps de séjour de l'aérosol dans la colonne (et donc dans les bulles) ce qui favorise la diffusion des particules vers l'interface air/eau; augmentant de fait la probabilité de collecte dans le liquide. Par ailleurs, les valeurs d'efficacité obtenues pour différentes vitesses de gaz à l'orifice ne montrent pas une tendance bien définie en raison du changement de régime de bullage : d'un bullage homogène vers un régime de jet pour les vitesses les plus fortes. Enfin, la comparaison de différentes plaques perforées a montré que l'efficacité de collecte augmente avec le nombre des orifices et la diminution de leur diamètre. En effet, dans ces conditions, les bulles sont plus petites et plus nombreuses favorisant ainsi le transfert des particules vers le liquide de piégeage. Dans un deuxième temps, une comparaison des performances de la colonne à bulles en présence ou non d'un garnissage (lit de billes) sera entreprise en vue d'une optimisation du procédé. La taille des billes et la hauteur du garnissage seront les principaux paramètres étudiés.

EVALUATION DES PERFORMANCES DE FILTRES PLANS VIS-A-VIS DES PARTICULES D'UN AIR SEMI-URBAIN REEL INFLUENCE DE L'ARRÊT DE LA VENTILATION

A. FORTHOMME (1,2), A. JOUBERT (1), Y. ANDRES (1), X. SIMON (2), D. BEMER (2), P. DUQUENNE (2), L. LE COQ (1).

(¹) Ecole des Mines de Nantes, GEPEA UMR 6144, 4 rue Alfred Kastler, BP 20722, 44307 Nantes, France.

Contact : laurence.le-coq@mines-nantes.fr

(²) Institut National de Recherche et de Sécurité, Rue du Morvan, CS 60027, 54519 Vandoeuvre les Nancy, France

RESUME

Depuis plusieurs années, le secteur du bâtiment évolue dans le but de réduire les pertes d'énergies. Les bâtiments sont mieux isolés ce qui diminue les échanges entre l'air extérieur et intérieur. De plus en plus de Centrales de Traitement de l'Air sont alors installées dans des immeubles et bureaux afin de garantir un plus grand confort à leurs occupants et de surcroît réduire la pollution de l'air respiré. Néanmoins des plaintes ont permis de corrélérer une mauvaise gestion de la ventilation à des troubles de la santé, en particulier lorsque la concentration en aérosols microbiens dans l'air est élevée (Walinder et al., 2001). Ces derniers sont collectés par les filtres qui contiennent les CTA mais sont aussi capables de les coloniser sous certaines conditions (Kelkar et al., 2005 ; Maus et al., 2001). Or les systèmes de ventilation sont fréquemment arrêtés les week-ends ce qui peut favoriser le développement des microorganismes qui ne sont plus assujettis à un flux d'air. En conséquence, le redémarrage de la ventilation devient un moment privilégié à leur entraînement en aval de la filtration (Bonnevie-Perrier et al., 2008).

Deux colonnes ont été dimensionnées pour filtrer de l'air semi-urbain pendant 4 mois à une vitesse de 0.2 mètres par seconde (filtres F7 en fibres de verre). La ventilation d'une des deux colonnes fonctionne en continu sur la période d'étude, tandis que l'autre subit des cycles hebdomadaires d'arrêts-marches (48 heures – 108 heures) afin d'évaluer l'influence des arrêts de la ventilation sur le comportement des microorganismes collectés. La masse de particules totales par unité de volume d'air extérieur (mesures TEOM) ainsi que la température, l'humidité relative de l'air, et la perte de charges du filtre sont suivis en continu dans chaque colonne. Des mesures ponctuelles de l'efficacité de filtration (compteur à particules optique PCS 2010, Palas) et de la qualité microbienne de l'air filtré (BioSampler, SKC) sont réalisées chaque semaine lors du redémarrage de la ventilation de la colonne stoppée pendant 48 heures. Ces opérations sont également menées le même jour sur l'autre colonne. A la fin de la période d'essai, les microorganismes cultivables retenus sur les 2 filtres sont quantifiés. Le taux d'ergostérol est également évalué. Enfin une observation des filtres au MEB permet de comparer qualitativement les filtres. Une différence significative en termes de relargage microbien et des pertes de charges des deux filtres a débuté après 70 jours de fonctionnement. On observe également une forte augmentation de la concentration microbienne de l'air extérieur.

Références

Bonnevie-Perrier, J.C., Le Coq, L., Andres, Y., Le Cloirec, P. (2008). Microbial Growth onto Filter Media Used in Air Treatment Devices. *International Journal of Chemical Reactor Engineering*, 6, A9

Kelkar, U., Bal, A.M., Kulkarni, S. (2005). Fungal contamination of air conditioning units in operating theatres in India. *Journal of Hospital Infection*, 60 (1), 81-84.

Maus, R., Goppelsröder, A., Umhauer, H. (2001). Survival of bacterial and mold spores in air filter media. *Atmospheric Environment*. 35, 105-113.

Walinder R, Norback D, Wessen B, Venge P. (2001). Nasal lavage biomarkers: effects of water damage and microbial growth in an office building. *Arch Environ Health*; 56: 30-6.

SIMULATION NUMERIQUE ET EXPERIMENTALE D'UN NEBULISEUR PNEUMATIQUE

N. LELONG* (1,5), A. JUNQUA-MOULLET (2), H. SUZANNE (2), Y. SOMMER DE GELICOURT (3), C. TANGUY (4), P. DIOT (5), L. VECELLIO (1,5).

⁽¹⁾ DTF Aerodrug, Faculté de Médecine, 37032 Tours

⁽²⁾ CEA Le Ripault, 37260 Monts

⁽³⁾ ANSYS France, 78180 Montigny le Bretonneux

⁽⁴⁾ Dantec Dynamics, 91620 Nozay

⁽⁵⁾ INSERM U1100/EA 6305, Faculté de Médecine, 37032 Tours.

RESUME

Les nébuliseurs pneumatiques à visée médicale ont actuellement un rendement limité (10 à 30%). Leurs performances en termes de débit sont faibles par rapport aux nébuliseurs à tamis (0.1 vs 0.5 millilitres par minute). Cependant leur faible coût et leur capacité à produire de plus petites tailles de particules de l'ordre du micromètre font du développement de ces appareils un enjeu technologique important. Cette étude vise à établir en premier lieu un modèle numérique simulant la génération des gouttelettes. Puis plusieurs campagnes de mesure de tailles de gouttes ont permis de le valider. Ce modèle permet de mettre en évidence les paramètres influents au cœur du processus de nébulisation.

Le nébuliseur Updraft II Optineb (Hudson) a été choisi pour servir de base au modèle numérique. Sa symétrie axiale permet de restreindre le domaine de calcul 3D à un secteur angulaire de 15 degrés (4 millions de mailles). Le domaine de calcul, englobant une large zone autour de la zone de fragmentation, a été dessiné et maillé dans ANSYS Workbench. La taille de maille au cœur du domaine est de 4 micromètres. Les calculs numériques ont été effectués avec le logiciel ANSYS Fluent sur le supercalculateur du CEA, TERA. Des calculs préliminaires en 2D ont permis d'établir un premier modèle avant d'étudier le cas 3D. Les conditions aux limites (pression d'air, vitesse de liquide) ont été déterminées expérimentalement. Deux débits d'air entrant sont testés: 2 litres par minute et 8 litres par minute, correspondant à deux régimes de turbulence, avec des nombres de Reynolds à 4000 et 16000. La simulation aux grandes échelles (LES) est utilisée pour modéliser la turbulence. Les résultats numériques permettent de déterminer les temps et lieux de formation des gouttelettes ainsi que d'obtenir la distribution en taille des particules générées. Afin de valider ces résultats, différentes techniques de mesure de diamètre des particules sont employées. La diffraction laser à l'aide d'un Spraytec (Malvern) a fourni une distribution en volume mais sur une large gamme de taille (1 à 2500 micromètres). Un anémomètre phase doppler (PDA, Dantec Dynamics) a permis de déterminer individuellement taille et vitesse des gouttes produites (1 à 80 micromètres). Enfin la caméra rapide CCD Fastcam SA1 (Photron) a permis de visualiser et d'enregistrer le comportement du liquide dans la zone de fragmentation. A l'aide du logiciel de traitement d'image Dynamicstudio, les tailles des gouttes ont pu être mesurées.

Les phénomènes obtenus numériquement correspondent globalement à ceux observés à la caméra, notamment à 2 litres par minute. Un film liquide se forme régulièrement entre le gicleur et l'impacteur du nébuliseur. Les plus grosses gouttes générées impactent sur la sphère et s'y maintiennent par capillarité. Les plus rapides rebondissent et se fragmentent en plus petites gouttes. A 8 litres par minute, le liquide est fragmenté directement en amont de l'impacteur, cependant on observe une accumulation de liquide sous forme d'anneau autour de celui-ci. Pour les deux débits, les distributions en taille obtenues numériquement et par la caméra sont similaires. Les tailles moyennes diffèrent de 20 % (26 micromètres contre 21 à faible débit, 17 micromètres contre 14 à fort débit). Etant donné la résolution d'image et la taille de maille, cette différence est acceptable. Les tailles moyennes obtenues par diffraction laser et PDA sont inférieures mais ces méthodes ne prennent en compte que les gouttes sphériques et une majorité de gouttes inférieures à 5 μm , non considérées par le modèle ni la caméra. La simulation numérique fournit donc une bonne prédiction des phénomènes liés à la nébulisation.

NOUVEAU PRELEVEUR PAR FILTRATION SUR GRILLE MET : DEVELOPPEMENT, CARACTERISATION, APPLICATIONS.

B. R'MILI*, O. LE BIHAN, O. AGUERRE-CHARIOL, C. DUTOUQUET, E. FREJAFON
INERIS, Verneuil-en-Halatte, France

RESUME

La caractérisation des propriétés physico-chimiques des aérosols est un besoin récurrent dans nombre d'études et de recherches menées en hygiène professionnelle, physico-chimie de l'atmosphère, etc. Ce besoin est particulièrement aigu dans les études sur le risque lié aux nanomatériaux (NM), car il faut pouvoir identifier les particules issues des NM au sein d'un fond variable et diversifié (fond urbain, autres sources proches, etc.).

La microscopie électronique à transmission (MET) fait partie des techniques répondant à ce besoin de caractérisation car elle permet de visualiser les particules, de manière individuelle, et d'analyser leur composition élémentaire par sonde EDX. C'est pourquoi de nombreux travaux sont menés depuis plusieurs années pour rendre possible et efficace le dépôt de particules –par précipitation électrostatique, thermique, etc.- sur des supports spécifiques aux microscopes MET : les grilles MET. Ces supports sont constitués d'une grille métallique circulaire d'environ 3 mm de diamètre, recouverte d'une membrane de carbone amorphe de faible épaisseur (quelques nanomètres).

Quelques produits commerciaux utilisent une membrane percée de trous (poreuse). Lyyränen et col. (2009) sont parvenus à aspirer un aérosol de TiO₂ à travers l'un de ces supports poreux, et ont observé un dépôt de particules sur la grille MET.

Par conséquent, cela signifie que les supports poreux ouvrent la voie à une technique de prélèvement par filtration sur grille MET.

L'objectif de l'étude présentée ici a été d'évaluer l'efficacité de filtration par grille MET poreuse, ceci en fonction de la taille des particules. Pour ce faire, un porte-filtre universel a été conçu. Les résultats expérimentaux ont été analysés au regard de la théorie de la filtration.

Des illustrations seront présentées pour diverses applications: hygiène professionnelle, aérosolisation de poudres, abrasion, essais de combustion.

Le porte-filtre conçu dans cette étude est désormais disponible commercialement : c'est un outil polyvalent, portable, facile à utiliser et économique.

Références :

J. Lyyränen, U. Backman, U. Tapper, A. Auvinen, J. Jokiniemi (2009). A size selective nanoparticles collection device based on diffusion and thermophoresis, *Journal of physics: conference series* 170 (2009) 012011

R'mili B., Dutouquet C., Sirven J.B., Aguerre-Chariol O., Frejafon E. "Analysis of particle release using LIBS (laser-induced breakdown spectroscopy) and TEM (transmission electron microscopy) samplers when handling CNT (carbon nanotube) powders." *Journal of Nanoparticle Research*, 2011, vol. 13, n° 2, pp. 563-577.

Brevet n°12169808.8 "Installation et procédé de caractérisation du risque de relargage de nano-objets", Bouillard J., R'mili B., Frejafon E., Fleury D.

ETUDE PAR RAYONNEMENT SYNCHROTRON X D'AEROSOLS CARBONES NANOSTRUCTURES FRAICHEMENT EMIS.

F.-X. OUF ⁽¹⁾, A. COPPALLE ⁽²⁾, D. FERRY ⁽³⁾, X. LIU ⁽⁴⁾, B. MARCILLAUD ⁽¹⁾, C. MIRON ⁽⁴⁾, J.-B. A. MITCHELL ⁽⁵⁾, T. MOSTEFAOUI ⁽⁶⁾, C. NICOLAS ⁽⁴⁾, M. PATANEN ⁽⁴⁾, P. PARENT ⁽⁷⁾, O. SUBLEMONTIER ⁽⁸⁾ ET J. YON ⁽²⁾

⁽¹⁾ Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire, BP 68, 91192 Gif-sur-Yvette Cedex, France.

⁽²⁾ UMR 6614 CORIA, Avenue de l'université, BP 8, 76801 Saint-Etienne du Rouvray, France.

⁽³⁾ CINaM-CNRS UMR 7325, Campus de Luminy, 13009 Marseille, France.

⁽⁴⁾ Synchrotron Soleil, PLEIADES beamline, Saint Aubin, BP 48, 91192 Gif-sur-Yvette Cedex, France.

⁽⁵⁾ Institut de Physique de Rennes, UMR 6251, Université Rennes 1, 35042 Rennes Cedex, France.

⁽⁶⁾ Université de A. Mira, Route de Targa ou Zemmour, Bejaia 6000, Algérie.

⁽⁷⁾ LCPMR, Université Paris VI/CNRS, 11 rue Pierre et Marie Curie, 75005 Paris, France.

⁽⁸⁾ CEA/IRAMIS/SPAM/Laboratoire Francis Perrin, CEA Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France.

RESUME

Ces dernières décennies, la question de l'impact climatique des aérosols de combustion est un sujet majeur de préoccupation. A cause de leur composition et de leur morphologie complexe, leur réactivité et plus particulièrement leur hygroscopicité sont à ce jour mal appréhendées. Au-delà de la question de la réactivité des suies, des travaux pionniers ont été menés sur l'identification par XPS (X-ray Photoelectron Spectroscopy) des fonctionnalités chimiques attachées à la surface des suies (Toosi, 1992 ; Kirchner et al., 2003) et permettent une meilleure compréhension de leur hygroscopicité (Vander Wal et al., 2011). Le principal intérêt de l'XPS est de permettre l'analyse chimique de la couche superficielle (moins de 5 nm) des particules et ainsi de mettre en évidence les fonctions chimiques réellement présentes à la surface du matériau étudié. Néanmoins, dans l'ensemble de ces travaux, les analyses ont été menées sur des particules déposées sur des substrats et, même si l'analyse haute résolution par spectroscopie de photoélectron X est un outil puissant, la réactivité de telles particules ne peut être pleinement étudiée que sur des nanoparticules libres en phase aérosol. Récemment, des expérimentations menées sur la ligne PLEIADES du synchrotron SOLEIL ont démontré le fort potentiel de l'analyse XPS appliquée à des nanoparticules isolées de SiO₂ (Liu et al., 2011) ou de nanocristaux purs de Si (Sublemontier et al., 2012) pour investiguer la composition chimique, la taille ou le traitement de surface.

L'objectif principal de ce travail est de démontrer le potentiel de l'analyse XPS d'agrégats de nanoparticules carbonées en phase aérosol. En particulier, la mise en place de sources stables et parfaitement caractérisées de particules nanostructurées de carbone de taille, morphologie et compositions variées représente à notre connaissance une nouvelle approche afin de caractériser la surface de tels aérosols. Ainsi, deux sources de référence de nanoparticules carbonées (particules de microstructure amorphe à l'aide du générateur à décharge PALAS GFG 1000 et particules de suie issues d'une flamme de diffusion propane/air MiniCAST™ 5201) seront implémentées sur la ligne PLEIADES du synchrotron SOLEIL. La surface de ces aérosols sera analysée par XANES et XPS avant et après thermodésorption et/ou interaction avec du n-butanol et de l'eau. En parallèle de l'investigation en phase aérosol, des analyses conventionnelles XPS et HRTEM seront menées à posteriori à l'aide de substrats adaptés. Ces analyses permettront, à terme, d'améliorer la compréhension des caractéristiques et l'évolution des suies notamment dans les applications de l'IRSN concernant le colmatage des filtres à Très Haute Efficacité en situation d'incendie.

Le principal résultat attendu porte sur l'identification d'un « chemical shift » sur les spectres XPS au-dessus du seuil du C (1s) et de O (1s) (respectivement 285 eV et 534 eV) traduisant un environnement chimique complexe de ces deux éléments. La modification de cet environnement chimique par l'interaction n-butanol/vapeur d'eau permettra de plus d'améliorer les connaissances sur la réactivité et l'hygroscopicité des suies.

Références

Kirchner U., Vogt R., Natzeck C. and Goschnick J. (2003). Single particle MS, SNMS, SIMS, XPS, and FTIR spectroscopic analysis of soot particles during the AIDA campaign. *J. Aerosol Sci.*, 34, 1323-1346.

Liu X.-J. et al. (2011). International Workshop DyNano 2011, 3-7 October 2011, Kyoto, Japan.

Sublemontier O., Nicolas C., Gaveau M.A., Kintz H., Liu X., Legarec J.L., Mitchell J.B., Patanen M., Robert E., Miron C. and Reynaud C. (2012). Soft X-ray study of isolated surface-oxidized silicon nanoparticles. *Soleil User's Meeting*. 18-19 January 2012, Palaiseau, France.

Toosi R. (1992). Surface analysis of combustion-generated soot particles by X-ray Photoelectron Spectroscopy. *Combust. Flame*, 90, 1-10.

Vander Wal R.L., Bryg V.M. and Hays M.D. (2011). XPS analysis of combustion aerosols for chemical composition, surface chemistry, and carbon chemical state. *Anal. Chem.*, 83, 1924-1930.

NOTES :

Dotted lines for notes.

Dotted lines for writing.

Dotted lines for writing.

EXPOSANTS

ECOMESURE

NANO PARTICULES

ANALYSEURS - GENERATEURS - PRELEVEURS

NOMBRE

MASSE

SURFACE

GRANULOMÉTRIE

COLLECTION

GÉNÉRATION



ENVIRONNEMENT - AIR INTERIEUR - EMISSIONS INDUSTRIELLES

3, rue du Grand Cèdre – F 91640 JANVRY
Tél : +33 (0)1 64 90 55 55 – Fax : +33 (0)1 64 90 55 66
E-mail : info@ecomasure.com – www.ecomasure.com



ECOMESURE propose aujourd'hui une gamme complète de compteurs, granulomètres, générateurs, préleveurs de Nanoparticules couvrant une large gamme de taille de 0,8 nanomètres à plus de 30 micromètres. Notre champ d'applications est très large.

- Mesures environnementales
- Mesures à l'émission (automobile – cheminées – Process Industriels)
- Étude d'exposition, inhalation
- Mesure en ambiance de travail
- Impact sanitaire
- Contrôle production Nanotechnologie
- Recherche aérosols - contamination
- Test de filtre

Partant du principe que l'application client conditionne souvent le choix de l'instrumentation, **ECOMESURE** vous propose ses solutions NANO !

LE NOUVEL ELPI PLUS



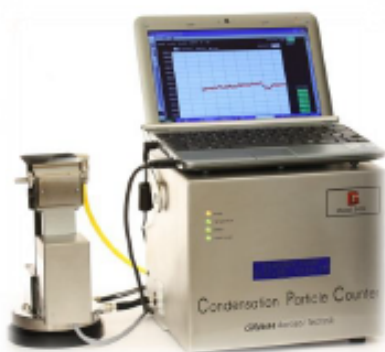
Mesure en temps réel de la concentration et de la taille des particules entre 0,006 μm et 10 μm . Prélèvement des particules sur 14 étages pour analyse ultérieure.

Mesure de la charge naturelle des particules en temps réel et par classe de taille.

SPECIFICATIONS

Gamme de taille : 0,006 μm à 10 μm
Débit de prélèvement : 10 l/min
Concentration : jusqu'à 10⁸ part/cm³
Fréquence de mesure : jusqu'à 10 Hz
PC portable intégré, nombre de canaux : 14 (64 en 2011)

NOUVEAU CPC GRIMM



Mesure en temps réel de la concentration en nombre des particules entre 0,003 μm et 3 μm .

Ces compteurs optiques à noyaux de condensation comptent les particules une à une pour une mesure haute sensibilité de la concentration.

Ils peuvent être utilisés en laboratoire, en salle blanche, à l'émission ou encore dans une station de la qualité de l'air.

SPECIFICATIONS

Gamme de taille : 0,003 μm à 3 μm
 Débit de prélèvement : 0,3 à 1,5 l/min
 Concentration : 0,01 part/cm³ à 10⁷ part/cm³
 Fréquence de mesure : 1 Hz
PORTATIF

SMPS AVEC CPC OU ELECTROMETRE



Mesure de la concentration et de la taille des particules sur 128 canaux entre 0,0008 μm (0,8 nm) et 1,1 μm . Cet appareil permet notamment une mesure très fine de la granulométrie d'un aérosol en milieu faible ou fortement concentré.

Les principales applications sont la recherche sur les aérosols, les mesures à l'émission, la filtration des nanoparticules ou encore l'étude de l'aérosol atmosphérique.

SPECIFICATIONS

Gamme de taille : 0,0008 μm à 1,1 μm
 Concentration : 0,01 part/cm³ à 10⁸ part/cm³
 Fréquence de mesure : 1 sec à 90 sec suivant le spectre

ANALYSE DE PARTICULES HAUTE DYNAMIQUE PPS PEGASOR



Cet analyseur permet une mesure en temps réel à 10 Hz de la concentration de particules en nombre ou en masse, aussi bien dans l'air ambiant, qu'à l'émission. Insensible aux variations de températures et pressions.

Le PPS peut prélever des gaz jusqu'à 600°C et 7 bars sans dilution. Cet analyseur dont la dynamique de mesure est unique à ce jour, ouvre un très large champ d'applications.

SPECIFICATIONS

Gamme de mesure : 0,005 à 3 μ m (possibilité d'ajuster la limite basse)
 Gamme de concentration : <1 μ g/m³ jusqu'à 250 mg/m³ (ou plus sur demande)
 Fréquence de mesure : 0,1 Hz, 1 Hz, 10 Hz, 100 Hz (ajustable)
 Conditions d'utilisation : jusqu'à 600°C et 7 bars
 PORTATIF ET ROBUSTE

ANALYSEUR LARGE SPECTRE WRAS



Le WRAS (Wide Range Aerosol Spectrometer) existe en version portable et en version « outdoor » pour des mesures 24h/24h en extérieur.

Cet analyseur permet une mesure de la concentration et de la granulométrie des aérosols sur 71 canaux entre 0,005 μ m et 30 μ m en couplant un SMPS et un compteur granulomètre optique.

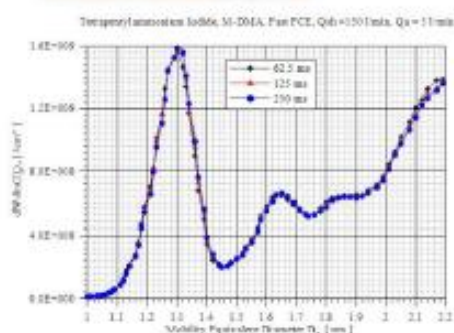
SPECIFICATIONS

Gamme de mesure : 0,005 μ m à 30 μ m sur 71 canaux
 Gamme de concentration : 0,01 part/cm³ à 10⁷
 Communication à distance GPRS pour mesure de surveillance de la qualité de l'air



DMA HAUT DEBIT

Notre DMA haut débit couplé à notre électromètre aérosols FCE permet une mesure de la concentration et de la granulométrie des ions et particules nanométriques entre 0.8 nm et 100 nm avec une haute résolution en taille. Ce dispositif permet également de générer un aérosol nanométrique monodispersé à haut débit.



SPECIFICATIONS

Gamme de mesure : 0,8 à 100 nm
 Gamme de concentration : jusqu'à 10^9 part/cm³
 Débit DMA : 75 à 150 l/min
 Débit aérosol : 1 à 20 l/min
 Résolution : jusqu'à 128 canaux sur 1,5 nm

PRECIPITATEUR ELECTROSTATIQUE



Ce système permet d'échantillonner par classe de taille un aérosol nanométrique jusqu'à 1 μ m. L'aérosol échantillonné sur un support type lamelle microscopique peut être analysé par des moyens analytiques type microscope (MEB), fluorescence X, PIXE ou encore spectroscopie rayon X.

GENERATEUR DNP-2000



Ce générateur fonctionne sur le principe d'usure d'électrode par décharge électrique et permet de générer des particules entre 0,005 μm et 0,3 μm à une concentration et une granulométrie stable et ajustable. Les particules générées sont typiquement des suies pures mais il est possible également de générer des particules de cuivre ou autre électrodes métalliques. La génération de nano particules est constante dans le temps et répétable.

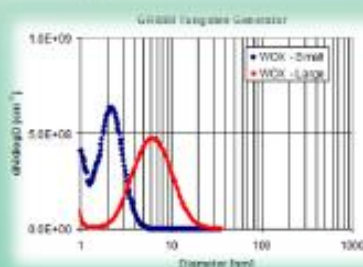
SPECIFICATIONS

Gamme de concentration : $5 \cdot 10^5$ à $5 \cdot 10^7$ part/cm³
 Gamme de taille : 0,005 μm à 0,3 μm (granulométrie ajustable)
 Débit : Azote + Air comprimé (5 l/min azote et 0-3 à l/min air)
 Autonomie : 4 jours non-stop.

GENERATEUR DE TUNGSTENE



Ce générateur permet de générer les plus petites particules, typiquement entre 1,2 à 20 nm. Un fil de tungstène est chauffé à haute température sous débit d'air contrôlé afin de générer des particules d'oxyde de tungstène. La taille et la concentration peuvent être ajustées en faisant varier les débits d'air porteur et air de dilution.



SPECIFICATIONS

Gamme de concentration : jusqu'à 10^9 part/cm³
 Gamme de taille : ajustable entre 1,2 et 20 nm
 Débit : 1 à 20 l/min

GENERATEUR DE SUIES PAR COMBUSTION **MINI CAST**



Ce générateur produit des particules de suie par combustion en utilisant une flamme qui simule la combustion interne d'un moteur. Une combustion de propane associée à des dilutions contrôlées permet de générer des particules à une concentration et une taille ajustable avec une excellente répétabilité.

SPECIFICATIONS

Gamme de concentration : jusqu'à 10^8 part/cm³ 550 mg/h
 Gamme de taille : 10 à 200 nm
 Débit aérosol : 7 à 30 l/min ajustable
 Débit gaz : propane (0,06 l/min) Azote (7 l/min) Air (1-20 l/min)



IMPACTEUR BASSE PRESSION **LPI**

Ce préleveur permet de collecter des particules par classe de taille entre 0,007 μ m et 10 μ m. Ses 13 étages permettent une bonne différenciation dans la collecte des nano particules.

Cet impacteur qui fonctionne à 10 ou 30 l/min supporte la haute température jusqu'à 220°C pour des prélèvements en cheminée ou dans l'environnement.

SPECIFICATIONS

Gamme de mesure : 0,001 μ m à 10 μ m sur 13 étages
 Débit de prélèvement : 10 ou 30 l/min

COMPTEUR A NOYAU DE CONDENSATION WATER-UF-CPC



Mesure de la concentration en nombre de particules entre 0,005 μm et 10 μm .

Ce compteur à noyau de condensation (CPC) fonctionne aussi bien avec du butanol, isopropanol ou de l'eau.

La mesure en mode comptage particule par particule (single count) atteint 10^6 particules/ cm^3 . Ce compteur permet à l'utilisateur de gérer le diamètre de coupure du CPC en ajustant la température du saturateur et/ou du condensateur.

SPECIFICATIONS

Gamme de mesure : 0,005 μm – 10 μm ajustable
 Concentration : 0,01 part/ cm^3 à 10^7 part/ cm^3 (10^6 part/ cm^3 en « single count »)
 Fluide de condensation : eau ou alcool
 Détermination de la taille des gouttes résultantes après ajustement saturateur et condensateur
 Écran tactile – portable

ELECTROMETRE AEROSOLS PORTATIF CHARME PALAS



Cet appareil permet une mesure de la concentration des aérosols en temps réel entre 0,002 μm et 100 μm .

Les particules mesurées sont collectées sur un filtre gravimétrique interchangeable pour une possible corrélation en masse. Portable, équipé d'un écran tactile et fonctionnant sur 220 Volts ou batterie, le CHARME est adapté à des mesures dans tous types d'environnements.

SPECIFICATIONS

Gamme de mesure : 1 FA – 22500 FA de 0,002 μm à 100 μm
 Débit de prélèvement : 1 à 8 l/min ajustable
 Dimensions / poids : 265 x 180 x 65 mm / 3 Kg

PRECISION MEASUREMENT INSTRUMENTATION WITH UNSURPASSED ACCURACY AND RELIABILITY

TSI INCORPORATED CORPORATE OVERVIEW



UNDERSTANDING, ACCELERATED



UNDERSTANDING, ACCELERATED

At TSI, we strive to accelerate the actualization of our customers goals by empowering an unprecedented level of understanding. This is why we do not just observe and react to measurement trends. We set them. For more than half a century, we have investigated, identified and provided performance measurement solutions by taking on the difficult problems and providing the tools needed to overcome such challenges.

We have partnered with research institutions worldwide to develop over 200 precision instruments. This cooperation has resulted in more than 25 technology licenses and 50 patents spanning scientific to industrial manufacturing applications.

Our more than 500 employees generate value-added and field- tested solutions that simplify measurement processes without sacrificing precision, accuracy or reliability.

Our global customer base trusts TSI to produce the most advanced precision measurement instruments in the industry. For this reason, we emphasize accuracy at every level from particle size to speed, shape to composition. Our customers can be confident in the accuracy of their results.

Understand more at
www.tsi.com.

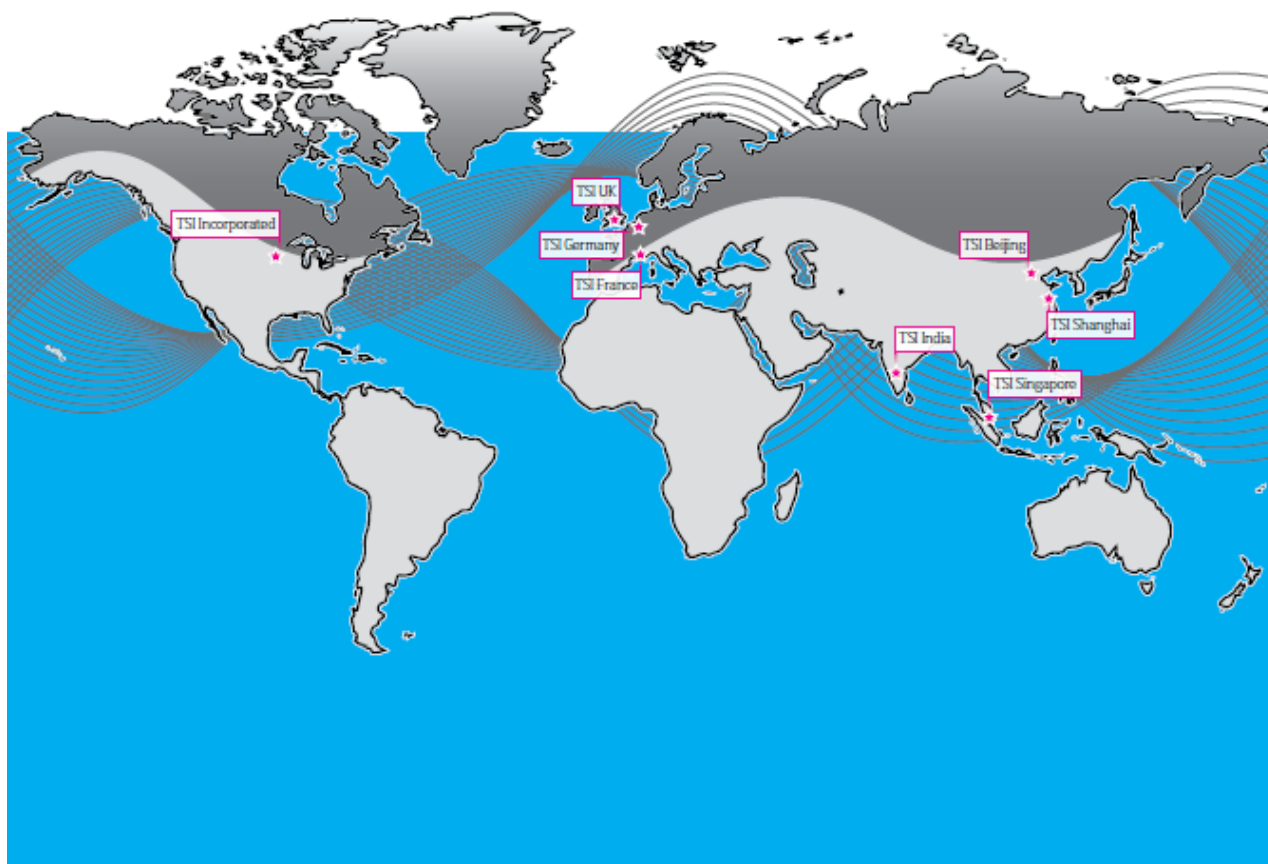
FROM UNMET NEEDS TO DIFFICULT-TO-SOLVE TECHNICAL PROBLEMS,
OUR CUSTOMERS LOOK TO TSI FOR INSTRUMENTS THAT ARE THE FIRST,
THE ONLY, OR THE BEST OF THEIR KIND.

**INDUSTRY
EXPERTISE**
TSI IS DEDICATED
TO MANUFACTURING
APPLICATION-SPECIFIC
INSTRUMENTS THAT
HELP ADVANCE THE
INDUSTRIES WE SERVE.



Particle Instruments	
Particle Research	Size, count, generate and disperse aerosol particles for applications in environmental monitoring, health effects research, combustion studies, vehicle emissions testing, air filter testing, drug delivery development, nanomaterial synthesis, and many more.
Nanotechnology	High resolution, high sensitivity nanoparticle measurement solutions for characterization and generation of nanomaterials in aerosol and liquid form. Areas of interest include research and development, inhalation toxicology, electronics manufacturing, and exposure monitoring.
Engine Emissions	Conduct engine emissions testing in both laboratories and in the field with a variety of measurement solutions. Instruments include particle sizers and counters designed specifically for emission studies and characterizing exhaust after-treatment devices, dilution and conditioning systems that contribute to particle-based engine emissions testing, and handheld particle counters which can be used to track the spread of exhaust.
Automated Filter Testing	Products used by industry to determine the most penetrating particle size of filter media and to measure the efficiency of a wide range of filtration products for quality control purposes, including respirator filters.
Fluid Mechanics Research	
Precise point and global measurements of velocity, turbulence, and associated properties of fluid flows including combustion diagnostics and temperature. Applications include measuring fuel sprays in order to reduce automobile pollutant emission, determining jet engine exhaust plumes for noise reduction, and characterizing flow around heart valve to increase its reliability and durability.	
Occupational Health and Safety	
Respirator Fit Testing	Perform quantitative and qualitative respirator fit testing for commercial and military respirators.
Exposure Monitoring	Measure and monitor airborne dust or aerosol mass concentrations in industrial and outdoor settings.
Flow Instruments	
Mass Flowmeters	High performance thermal mass flowmeters designed for a variety of gas flows in the laboratory or through an OEM, ideal for medical equipment applications including ventilators, anesthesia machines and oxygen concentrators.
Biomedical Test Instrumentation	Precision medical test instrumentation designed for a variety of devices including ventilators, oxygen concentrators and anesthesia delivery machines.
Energy and Comfort	
Ventilation Test Instruments	Measure important ventilation parameters to help enhance the comfort and safety of indoor environments, including air velocity, volume, temperature, humidity, and differential pressure.
Indoor Air Quality	Assess parameters, such as temperature, humidity, outdoor air calculations, carbon dioxide, carbon monoxide and airborne particles, which are important in monitoring occupant thermal comfort and assuring healthy indoor environments.
Critical Environments Monitors/Controllers	
Manage room environments to ensure the safety and comfort of personnel working in laboratories, hospital isolation rooms and specialized, potentially hazardous surroundings.	
Contamination Control	
Viable Particle Counters	Provide reliable and immediate notification of airborne viable contamination for real-time quality assurance and process control.
Facility Monitoring System	An advanced, reliable and user-friendly monitoring software suite with automatic hot standby "Buddy" functionality for pharmaceutical and semiconductor applications.
Airborne Particle Counters	Use to test filters and certify clean rooms, for semiconductor and pharmaceutical applications.
Chemical Characterization	
Laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS) technology provides rapid elemental composition and concentration data for minute quantities of solid materials. Sample applications include quality control for metal processing, coal, gemology, and nanomaterials; sample investigation for geology, ROHS, forensics, and soils analysis; as well as depth profiling of solid samples such as drug tablet coatings.	
CBRN Defense	
Safeguard military and civilian personnel from chemical, biological, radiological or nuclear (CBRN) threats using aerosol measurement.	

TSI HAS A WORLDWIDE SALES AND SERVICE PRESENCE WITH FACILITIES IN NORTH AMERICA, EUROPE AND ASIA



UNDERSTANDING, ACCELERATED

TSI Incorporated - Visit our website www.tsi.com for more information.

USA	Tel: +1 800 874 2811	India	Tel: +91 80 67 877200
UK	Tel: +44 149 4 459200	China	Tel: +86 10 8251 6588
France	Tel: +33 4 91 11 87 64	Singapore	Tel: +65 6595 6388
Germany	Tel: +49 241 523030		

P/N 5001041 Rev D

©2012 TSI Incorporated

Printed in U.S.A.

Intertek

Instruments pour la mesure instantannée des poussières



Compteurs de poussières en mesure instantannée

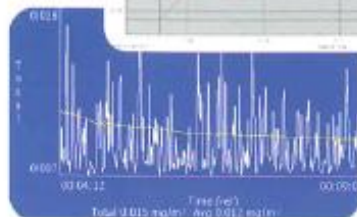
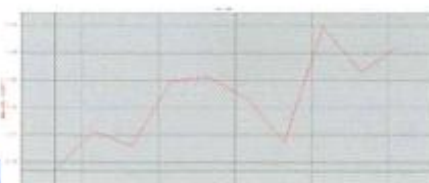
La norme XPX 43-299 révolutionne les méthodes d'analyse des poussières en **Hygiène Industrielle**, en reconnaissant les principes optiques pour l'étude de l'exposition des personnes au poste de travail.

En effet, ces techniques de mesure permettent une évaluation en temps réel des concentrations de poussières et des investigations rapides et pertinentes des sites industriels.

Nos compteurs de poussières vous permettent d'effectuer des mesures de poussières sur poste de travail ou directement sur l'opérateur :

- Mesure de la concentration en poussière en temps réel au poste de travail
- Etude de la granulométrie des poussières et de l'évolution de la concentration
- Cartographie de sites industriels et Environnement

- Inhalables, thoraciques, alvéolaires
- PM 10 ; PM 2.5 & PM 1
- De 10 nm à 50 µm
- De 1 µg/m³ à 400 mg/m³



INDUSTRIES CONCERNÉES

- Métallurgie
- Bois
- Pharmaceutique
- Médecine du Travail
- Recherche en Hygiène & Sécurité
- Industrie Chimique
- Industrie Nucléaire

Compteurs de poussières



Intertek - Division instrumentation

Ecoparc 2 - 27400 Heudebouville - France
Tél. +33 (0)2 32 09 36 26 - Fax +33 (0)2 32 09 36 28

E-mail commercial : nathalie.thierry@intertek.com
Site Internet : www.intertek-instrumentation.com

DIVISION INSTRUMENTATION

Intertek

Instrument de mesure hygiène et sécurité



Une gamme complète d'instruments destinés à l'H&S

Intertek est spécialisé dans la distribution d'instruments de mesure de la qualité de l'air sur les lieux de travail, et de mesure du bruit. Tous ces équipements sont également disponibles en location.

BRUIT

POUSSIÈRES

CO

CO₂

COV

Fit Test

COMPTEURS DE POUSSIÈRES

- Mesure instantanée des PM10 ; PM2.5 et PM1
- Poussières inhalables et alvéolaires
- Cartographies et suivi de poste de travail
- Logiciel d'exploitation des résultats

SONOMÈTRES INTÉGRATEURS OPTIMUS & EXPOSIMÈTRES

- LAeq, LCPeak
- Bandes de fréquence 1/1 & 1/3
- Indices fractiles
- Gamme de mesure : de 20 à 140 dB
- Enregistrement Audio sur seuil
- Aide au choix des protections auditives

TESTEURS DE MASQUES DE PROTECTION

- Vérification de l'étanchéité du masque sur l'opérateur
- Conforme à la norme EN 529
- Fit Test quantitatif et édition d'un rapport personnalisé

ANALYSEURS CO / CO₂ / COV

- Mesure du taux de CO , CO₂ et COV
- Température, humidité

EXPOSIMÈTRE DOSEBADGE

- Suivi individuel de l'exposition au bruit
- LAeq, LCPeak (dose de bruit)
- Rapport de tâches

Industries concernées :

Métallurgie, Bois, Pharmaceutique, Médecine du Travail, Recherche en H&S, Industrie chimique, Qualité de l'Air Intérieur, Environnement, BTP, Industrie Nucléaire, Fabricants de machines.



Intertek - Division instrumentation

Ecoparc 2 - 27400 Heudebouville - France
Tél. +33 (0)2 32 09 36 26 - Fax +33 (0)2 32 09 36 28

E-mail commercial : nathalie.thierry@intertek.com
Site internet : www.intertek-instrumentation.com

DIVISION INSTRUMENTATION

Intertek

Instrument de mesure métrologie des aérosols



Une gamme complète **d'instruments destinés à la mesure des aérosols**

Intertek est spécialisé dans la distribution d'instruments scientifiques de mesure des particules dans l'air. Tous ces équipements sont également disponibles en location.

GRANULOMÈTRE

COMPTEUR DE PARTICULES

GÉNÉRATEUR DE PARTICULES

TESTEUR AUTOMATIQUE DE FILTRES

GÉNÉRATEURS D'AEROSOLS

- Particules de quelques nanomètre à plusieurs microns
- Particules solides ou liquides
- Générateur de poudre

ANALYSEURS DE POUSSIÈRES

- Compteur de poussières
- Système de mesure extérieur PM 10, PM 2,5 et PM 1

ANALYSEURS DE PARTICULES

- Granulomètre submicronique DMS
- Granulomètre G 1.109
- Compteur optique de particules
- Compteur de noyau de condensation (CNC)
- Testeur automatique de filtre
- Photomètre d'aérosol
- Analyseur de particules inerte et biologique en temps réel (taille, forme et fluorescence)

Domaines concernés :

Recherche sur les aérosols, filtration, environnement, émissions automobiles



Intertek - Division instrumentation

Ecoparc 2 - 27400 Heudebouville - France
Tél. +33 (0)2 32 09 36 26 - Fax. +33 (0)2 32 09 36 28

E-mail commercial : nathalie.thierry@intertek.com
Site internet : www.intertek-instrumentation.com

DIVISION INSTRUMENTATION

Intertek

Location d'instruments de mesure



Instruments destinés à l'Hygiène et la Sécurité

Intertek vous propose une gamme complète de matériel en location pour vous permettre de réaliser en toute liberté vos campagnes de mesure de bruit, poussières, gaz, et les Fit Tests de vos masques de protection respiratoire.

BRUIT

POUSSIÈRES

CO

CO₂

COMPTEURS DE POUSSIÈRES

- Mesure instantanée des PM10 ; PM2.5 et PM1
- Poussières inhalables et alvéolaires
- Cartographies et suivi de poste de travail
- Logiciel d'exploitation des résultats

SONOMÈTRES INTÉGRATEURS OPTIMUS & EXPOSIMÈTRES

- LAeq, LCPeak
- Bandes de fréquence 1/1 & 1/3
- Indices fractiles
- Gamme de mesure : de 20 à 140 dB
- Enregistrement Audio sur seuil
- Aide au choix des protections auditives

TESTEUR DE MASQUE DE PROTECTION

- Vérification de l'étanchéité du masque sur l'opérateur
- Conforme à la norme EN 529
- Fit Test quantitatif et édition d'un rapport personnalisé

ANALYSEUR CO / CO₂

- Mesure du taux de CO et CO₂
- Température, Humidité

EXPOSIMÈTRE DOSEBADGE

- Suivi individuel de l'exposition au bruit
- LAeq, LCPeak (dose de bruit)
- Rapport de tâches



Intertek - Division instrumentation

Ecoparc 2 - 27400 Heudebouville - France
 Tél. +33 (0)2 32 09 36 26 - Fax +33 (0)2 32 09 36 28

E-mail commercial : nathalie.thierry@intertek.com
 Site internet : www.intertek-instrumentation.com

Intertek



Qualification sorbonnes et hottes chimiques

CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

Dans de nombreux secteurs de l'industrie, les opérateurs manipulent des substances potentiellement dangereuses, toxiques ou polluantes (gaz, particules, aérosols, produits chimiques, solvants, acides, ...).

La réglementation impose aux sociétés d'assurer la sécurité de ses personnels qui pourraient être exposés à ces produits, et les oblige à :

- mettre en place des dispositifs permettant de protéger son personnel
- contrôler le bon fonctionnement de ces dispositifs
- assurer une maintenance permettant de garantir l'efficacité de leur fonctionnement

Certaines normes - **EN14175, NFX15-203** - définissent les tests qu'il convient «normalement» de réaliser pour s'assurer de leur bon fonctionnement. Ces normes précisent :

- les règles à respecter lors de leur conception et installation
- les tests à réaliser
- la méthodologie de ces tests
- et dans certains cas les tolérances admissibles.

EQUIPEMENTS CONCERNÉS

- Sorbonnes de laboratoire
- Sorbonnes à recyclage d'air
- Etraf
- Boîtes à gants
- R.A.B.S.
- Armoires ventilées
- Capteurs d'air mobiles articulés

LISTE DES TESTS EFFECTUÉS

- Systèmes d'alarme
- Débit volumique d'air extrait
- Vitesse d'air frontale
- Perte de charge
- Essai de façade mobile
- Essai de l'indicateur de débit d'air
- Eclairage
- Pression acoustique
- Visualisation des flux
- Vitesse d'air de la pièce
- Essai de filtration Vapeur
- Test de confinement au SF6**

Intertek - Prestation de service

Ecoparc 2 - 27400 Heudebouville - France
 Tél. +33 (0)2 32 09 36 26 - Fax +33 (0)2 32 09 36 28
 E-mail commercial : nathalie.thierry@intertek.com
 www.intertek-sigma.com

