

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

FIAP Jean Monnet
30 rue Cabanis
75014 PARIS

30^{ème} Congrès Français sur les Aérosols



27-28

JANVIER

2015

Résumés

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



ASFERA

Le Président

Notre 30^{ème} Congrès Annuel (CFA 2015) se tient donc, en ce début d'année, pour la cinquième fois, au FIAP Jean Monnet à Paris, les 27 et 28 janvier 2015. En effet, les retours globalement positifs des 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. Cela 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 Comité local d'organisation au sein duquel notre vice-présidente le **Pr. Evelyne Géhin** 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 2015 réunit de l'ordre de 100 participants qui vont assister à **37** communications. Ce chiffre est **en progrès** par rapport à l'année dernière sans atteindre les sommets des 44 communications de l'année 2013. Il est sans doute délicat d'analyser finement cette évolution. Nous observons des fluctuations qui sont sans doute naturelles dans le déroulement des recherches des différentes équipes contribuant régulièrement au CFA.

Comme d'habitude, nous avons deux conférences plénières. La première, présentée par le **Dr. Denis Maro**, Ingénieur-chercheur à l'IRSN de Cherbourg-Octeville, nous présentera les développements récents dans le domaine de la « Quantification des flux verticaux de particules dans l'environnement ». La seconde, présentée par le **Dr. Philippe Duquenne**, Ingénieur-chercheur à l'INRS de Nancy, nous donnera l'occasion d'aborder les risques professionnels associés aux bio-aérosols et plus particulièrement de traiter les aspects liés à la «Caractérisation des bioaérosols et à l'évaluation des risques biologiques professionnels ».

Le CFA 2015 est, pour les thèmes, dans la tradition des CFA précédents, nous y retrouvons quatre grandes sessions :

- Aérosols et environnement,
- Filtration des aérosols,
- Métrologie des aérosols et des bio-aérosols,
- Physique des Aérosols.

Cette année, devant le nombre de communications soumises (**37**) nous avons réintroduit une **session Posters** qui couvre 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 la conférence plénière 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 à partir de la pause-café du matin jusqu'à 11h30. Je tiens à rappeler et souligner que dans l'esprit du comité scientifique du CFA 2015, 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 **Neeraj Shandilya**, de l'INERIS de Verneuil-en-Halatte, pour son travail remarquable et original sur l'étude de l'émission de (nano-) particules lors de la sollicitation mécanique et environnementale des matériaux. 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 28 août au 2 septembre 2014, s'est tenue à Busan, Corée du Sud, l'International Aerosol Conference 2014 qui a réuni plus de **1100 participants**, dont près de **700** venaient d'Asie. 22 français avaient effectué le déplacement, ce qui est appréciable. Durant cette conférence, le Pr. Evelyne Géhin et moi-même avons représenté l'ASFERA au bureau directeur de l'European Aerosol Assembly (EAA) et de l'International Aerosol Research Assembly (IARA).

Lors de ces réunions, les bureaux directeurs de l'EAA et de l'IARA ont confirmé, dans le cadre de leur périmètre d'actions respectif, 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 :

- EAC2015 (6-11 sept) organisée par l'IAS à Milan ;
- **EAC2016 (4-9 sept) organisée par l'ASFERA à Tours ;**
- EAC2017 (27 août-1 sept) organisée par le GAeF à Zurich,
- IAC2018 (2-7 sept) organisée par l'AAAR à St Louis, Missouri, Etats-Unis,
- EAC2019 (2-6 sept) organisée par la NOSA à Göteborg.

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

Par ailleurs, au cours de la réunion de son bureau, l'EAA a décidé, après deux essais en 2014 (Karlsruhe) et 2015 (Tampere), de réintégrer la conférence « Aerosol Technology » au sein de l'EAC en y favorisant l'accueil des thématiques relatives à la technologie des aérosols. Cette décision est plutôt favorable pour l'ASFERA dans la perspective de l'organisation de l'EAC2016 à Tours.

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.

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 2015. 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 Créteil 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 2016 pour l'EAC à Tours qui se doit d'avoir une participation des équipes françaises à la hauteur de notre rayonnement international.



Dr. Denis Boulaud
Président de l'ASFERA

COMITE SCIENTIFIQUE DU CFA 2015

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

Docteur François GENSDARMES, Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire

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 2015

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

**30^{EME} CONGRES FRANÇAIS SUR LES AEROSOLS
CFA 2015**

27 et 28 Janvier 2015

FIAP Jean Monnet, 30 rue Cabanis 75014 PARIS

PROGRAMME

Mardi 27 janvier 2015

- 9h00 – 9h10** Introduction par le **Dr D. BOULAUD**, Président de l'Asfera
- 9h10 – 9h50** **CONFERENCE PLÉNIÈRE: Quantification des flux verticaux de particules dans l'environnement : contexte et méthodologie pour déterminer le dépôt et la mise en suspension** p13
D. Maro, IRSN

AEROSOLS ET ENVIRONNEMENT
PRESIDENTS DE SEANCES : DR G. DA, DR O. LE BIHAN

- 9h50 – 10h10** **La pollution particulaire en région Ile-de-France : Mesures en temps réel sur le long terme et déconvolution de sources** p17
J.-E. Petit, O. Favez, V. Crenn et J. Sciare
- 10h10 – 10h30** **Identification des principales sources de PM10 impactant le nord de la France : Résultats préliminaires pour un site urbain à Nogent-Sur-Oise** p19
D. Oliveira, E. Perdrix, O. Favez, S. Sauvage, L. Alleman, R. Aujay, B. Rocq, V. Riffault

10h30 – 11h00 PAUSE - CAFE - EXPOSITION

- 11h00 – 11h20** **Propriétés de sorption et de réactivité photocatalytique de poussières minérales naturelles vis-à-vis de COV modèles** p21
H. Ourrad, F. Thévenet et V. Riffault
- 11h20 – 11h40** **Substrats urbains : Pièges à radionucléides atmosphériques ? L'exemple du beryllium-7** p23
P. Laguionie, D. Maro, P. Rounsard, L. Solier, M. Rozet, D. Hébert, O. Connan.
- 11h40 – 12h00** **Emission de bioaérosols de type bactérie et levure par des couverts végétaux pour des faibles vitesses de frottement du vent : une différence entre le vivant et l'inerte ?** p25
G. Pellerin, D. Maro, P. Laguionie, D. Hébert, Y. Brunet, M. Lamotte, O. Connan et M. Rozet
- 12h00 – 12h20** **Etude expérimentale de la génération, du transport et du dépôt de particules issues d'une émission oropharyngée dans une salle de classe** p27
G. Da, E. Géhin, A. Zambrelli, S. Delaby, S. Ritoux, T-L. Ha, E. Robine

12h20 – 14h30 DÉJEUNER

13h45 – 14h30 ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DE L'ASFERA

FILTRATION DES AEROSOLS

PRESIDENTS DE SEANCES : DR J. C. LABORDE, PR D. THOMAS

- 14h30 – 14h50 Perte de charge d'un dépôt de particules nanostructurées** p31
D. Thomas, F.X. Ouf, F. Gensdarmes, S. Bourrous, L. Bouilloux
- 14h50 – 15h10 Mesure dynamique de la porosité de dépôts de nanoparticules** p33
S. Bourrous, L. Bouilloux, F.-X. Ouf, P. Lemaitre, D. Thomas, J. C. Appert-Collin, L. Tampère
- 15h10 – 15h30 Influence de la température, de l'humidité et de la nature des aérosols sur l'efficacité de filtration d'un filtre à manche** p35
R. Boudhan, A. Joubert, K.Gueraoui, L. Le Coq

15h30 – 15h50 PAUSE – CAFE - EXPOSITION

- 15h50 – 16h10 Etude du relargage d'aérosols microbiens en aval de filtres de CTA et de l'influence d'un traitement thermique** p37
K. Morisseau, Y. Andres, A. Joubert et L. Le Coq
- 16h10 – 16h30 Simulation des performances de filtration de médias fibreux à partir de domaines de calcul issus de microtomographies** p39
P.-C. Gervais, S. Bourrous, F. Dany, L. Bouilloux et L. Ricciardi
- 16h30 – 16h50 Prédiction numérique du comportement de filtres plissés pour la filtration d'aérosols solides** p41
N. Bardin-Monnier, L. Cheng, R.Kirsch, J.Becker and A.Wiegmann, D.Thomas

16h50 REMISE DU PRIX JEAN BRICARD

17h00 COCKTAIL

Mercredi 28 janvier 2015

- 9h00 – 9h40 CONFERENCE PLENIERE : Caractérisation des bioaérosols et évaluation des risques biologiques professionnels : états des lieux et perspectives** p45
P. Duquenne, INRS

SESSION POSTER

- 9h40 – 9h45 Introduction à la présentation des posters**
- 9h45 – 9h49 Comparaison de différentes méthodes de caractérisation des émissions de particules d'un appareil de chauffage domestique au bois** p49
C. Le Dreff - Lorimier, I. Fraboulet
- 9h49 – 9h53 Comportement et devenir des nanotubes d'halloysite (HNNTS) lors de l'incinération du nanocomposite PA6/HNNTS** p51
G. Ounoughene, O. Le Bihan, C. Chivas-Joly, C. Motzkus, C. Longuet, B. Debray, A. Joubert, J-M. Lopez-Cuesta, L. Le Coq
- 9h53 – 9h57 Emission d'aérosols à partir de matériaux soumis à des contraintes mécaniques : modélisation préliminaire** p53
N. Shandilya, M. Morgeneyer, O. Le Bihan
- 9h57 – 10h01 Un an de mesures de la composition chimique des particules submicroniques en proximité de la zone industrialo-portuaire de Dunkerque** p55
S. Zhang, V. Riffault, S. Dusanter, P. Augustin, M. Fourmentin et H. Delbarre
- 10h01 – 10h05 Comparaison des distributions globales des particules d'aérosol entre Lille et Oujda pour 2013** p57
R. Meziane, D. Tanre, M. Diouri et L. Blarel

10h05 – 10h09	Remobilisation des radionucléides sous forme d'aérosols primaires et secondaires par vent faible à partir de couverts naturels (Projet REMORA) : une nouvelle voie de transfert vers l'atmosphère	p59
	D. Maro, C. Aulagnier, J.M. Bonnefond, Y. Brunet, B. D'Anna, F. Delmas, P.M. Flaud, M. Floriani, D. Garrigou, D. Hébert, J. Kammer, P. Laguionie, E. Lamaud, M. Morillon, E. Perraudin, G. Pellerin, L. Solier, E. Villenave	
10h09 – 10h13	Analyse de la composition d'aérosols par spectroscopie du plasma induit par laser	p61
	M. Boudhib, J. Hermann, L. Boufendi, O. Le Bihan, E. Fréjafon et C. Dutouquet	
10h13 – 10h17	Mesure des forces d'adhésion de particules sur différentes surfaces par la méthode du détachement électrostatique. Application aux poussières dans le futur réacteur de fusion ITER	p63
	J. Tav, S. Peillon, F. Gensdarmes, C. Monsanglant-Louvet, C. Grisolia, B. Rousseau	
10h17 – 10h21	Compatibilité du cyclone BC-112 avec la membrane des endotoxines dans les bioaérosols : essai en condition de laboratoire	p65
	P. Duquenne, C. Coulais et X. Simon	
10h21 – 10h25	Mesure de la charge électrique d'aérosols bactériens produits par bullage au travers d'un film liquide	p67
	X. Simon, S. Bau, D. Bémer, P. Duquenne	
10h25 – 10h29	Etude des performances d'un capteur de suies : Application automobile	p69
	B. Sagot, A. Forthomme, S. Raquin	

10h29 – 10h45 PAUSE – CAFE – EXPOSITION

10h45 – 11h30 SESSION POSTER

**METROLOGIE DES AEROSOLS ET BIOAEROSOLS
PRESIDENTS DE SEANCES : DR F. GENSDARMES, DR O. WITSCHGER**

11h30 – 11h50	Influence des conditions de traitement des échantillons sur les résultats de dosage des (1,3)-β-D-Glucanes	p73
	J. Degois, P. Duquenne, C. Coulais, G. Greff-Mirguet, X. Simon et C. Laroche	
11h50 – 12h10	Efficacité de collecte de l'échantillonneur CIP 10-M : Influence de la présence de liquides aqueux ou visqueux dans la coupelle rotative	p75
	X. Simon, S. Bau, A. Boivin, P. Duquenne, O. Witschger, P. Görner	
12h10 – 12h30	DUSTINANO : un projet européen de recherche pré-normative pour harmoniser l'évaluation de la « DUSTINESS » des nanomatériaux en poudre	p77
	O. Witschger, D. Brouwer, I. Tuinman, K.A Jensen, E. Jankowska, D. Dahman, G. Burdett, D. Bard	

12h30 – 14h00 DEJEUNER

14h00 – 14h20	Développement et qualification d'un système d'inhalation pour l'exposition animale aux aérosols de nanoparticules	p79
	F. Cosnier, S. Bau, C. Brochard, S. Grossmann, H. Nunge, R. Payet, O. Witschger, L. Gaté	
14h20 – 14h40	Etude expérimentale de la réponse du PPS Pegasor à la nature et au diamètre des agrégats de suie	p81
	J. Yon, A. Bellivier, F.-X. Ouf, A. Bescond, N. Dreuille, L. Decoster, A. Coppalle, D. Le dur	
14h40 – 15h00	Etude en laboratoire des performances du discmini pour différents aérosols mono- et polydispersés dans une gamme de 15 à 400 nm	p83
	S. Bau, B. Zimmermann, R. Payet, O. Witschger	

PHYSIQUE DES AEROSOLS
PRESIDENTS DE SEANCES : DR J. P. BORRA, PR E. GEHIN

- 15h00 – 15h20** **Caractérisation d'un neutraliseur en post décharge à barrière diélectrique** p87
 R. Mathon, N. Jidenko et J. P. Borra
- 15h20 – 15h40** **Modélisation des phénomènes de charge bipolaire hors équilibre des aérosols ultrafins dans un neutraliseur : au-delà du produit N.T.** p89
 J. de La Verpillière, J. Swanson, et A. Boies

15h40 – 16h00 PAUSE – CAFE – EXPOSITION

- 16h00 – 16h20** **Détermination des propriétés optiques des suies générées par le miniCAST par analyse du spectre d'extinction de la lumière** p91
 A. Bescond, J. Yon, F.X. Ouf, C. Rozé, A. Coppalle
- 16h20 – 16h40** **Estimation numérique et expérimentale des profils d'émission de sources de poussières** p93
 F. Chata, E. Belut , F-X. Keller , A. Taniere
- 16h40 – 17h00** **Connaissance du cycle de vie de nano-revetements photocatalytiques commerciaux: émission de particules d'aérosols sous contraintes mécaniques et climatiques** p95
 N. Shandilya, O. Le Bihan, C. Bressot, M. Morgeneyer
- 17h00 – 17h20** **Etude expérimentale du mecanisme de mise en suspension à basse pression – Application au TOKAMAK ITER** p97
 A. Rondeau, S. Peillon, J.-C. Sabroux, F. Gensdarmes, J. Merrison et E. Chassefière

17h20 CONCLUSION DES JOURNEES PAR LE DR D. BOULAUD, PRESIDENT DE L'ASFERA

CONFERENCE PLENIERE :
Dr Denis Maro

QUANTIFICATION DES FLUX VERTICAUX DE PARTICULES DANS L'ENVIRONNEMENT : CONTEXTE ET METHODOLOGIE POUR DETERMINER LE DEPOT ET LA REMISE EN SUSPENSION

D. MARO, P. LAGUIONIE, D. HEBERT, O. CONNAN, G. PELLERIN, L. SOLIER, M. ROZET, M. LAMOTTE, M. MORILLON.
 Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN), PRP-ENV/SERIS/LRC, 50130 Cherbourg-Octeville.

RESUME

L'évaluation, la compréhension et la prévision de l'impact de la dissémination accidentelle ou chronique de particules polluantes (chimiques, radioactives, biologiques) dans les écosystèmes est un enjeu majeur dans le contexte de la gestion des risques pour la population. En outre, les aérosols jouent un rôle important sur le réchauffement climatique en réduisant l'action des émissions de gaz à effet de serre. La concentration de particules dans l'atmosphère dépend de la source (particules primaires et secondaires), de son évolution (coagulation), et des dépôts par temps sec et par temps humide. De nos jours, principalement pour les particules submicroniques, il existe de grandes incertitudes sur l'évaluation des sources et des dépôts sur les couverts végétaux. La figure 1 présente une comparaison entre plusieurs modèles de vitesse de dépôt sec et de coefficient de lessivage (dépôt humide : "below cloud scavenging"). Les écarts entre les prévisions des modèles sont grands (quelques ordres de grandeur). Ces incertitudes sont dues à l'absence de données expérimentales précises en fonction de paramètres spécifiques tels que la taille des particules, la turbulence atmosphérique, etc.

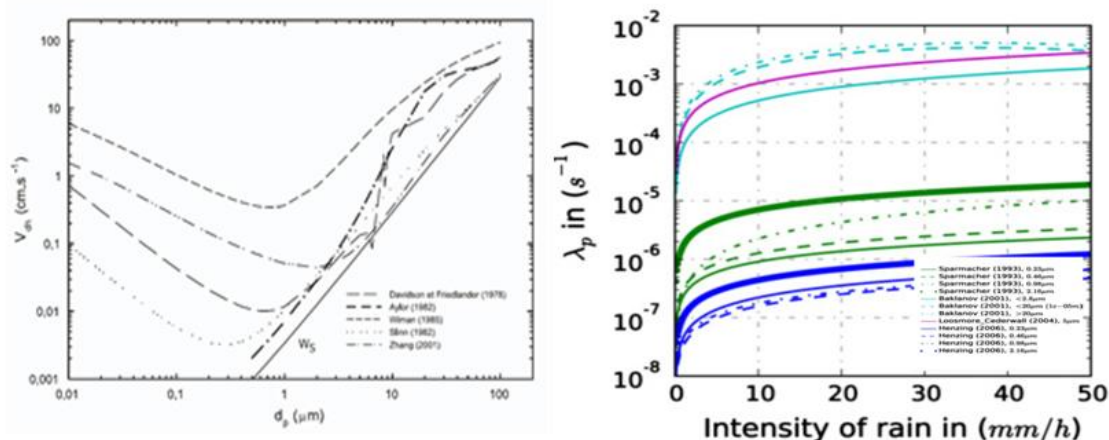


Figure 1 : Evolution de la vitesse de dépôt sec en fonction de la taille des particules (a) et du coefficient de lessivage en fonction de l'intensité des précipitations (b) pour différents modèles.

Par ailleurs, il existe très peu d'études sur le comportement des polluants particulaires dans des domaines aussi éloignés que la captation dans les nuages (dépôt humide : "in cloud scavenging") ou la remobilisation par les couverts végétaux.

Depuis ces dernières années, les équipements ont évolué, ce qui permet d'améliorer la connaissance et la quantification de ces processus. Par exemple, des mesures à haute fréquence de la concentration de particules permettent l'utilisation de la technique par corrélation turbulente pour quantifier le flux de dépôt sec.

Il est proposé ici, d'examiner des techniques expérimentales utilisées dans l'acquisition et le traitement des données dans l'environnement naturel. Nous allons présenter et discuter ces techniques (traçage, corrélation turbulente ...) pour quantifier les flux verticaux de particules. Il sera discuté des avantages et des inconvénients de chaque technique.

SESSION I : AEROSOL ET ENVIRONNEMENT

Présidents de séances : G. Da, O. Le Bihan

LA POLLUTION PARTICULAIRE EN RÉGION ILE-DE-FRANCE : MESURES EN TEMPS RÉEL SUR LE LONG TERME ET DÉCONVOLUTION DE SOURCES.

J.-E. PETIT*(1,2), O. FAVEZ(1), V. CRENN(2) ET J. SCIARE(2)

(1) Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques, INERIS, Parc Technologique ALATA BP2, 60550 Verneuil-en-Halatte

(2) Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, LSCE, CEA/Orme des Merisiers, 91191 Gif-sur-Yvette

RESUME

La pollution atmosphérique cristallise aujourd'hui l'attention sociétale et médiatique, exacerbant le besoin d'une meilleure connaissance de ces propriétés physico-chimiques. En particulier, les origines des particules en suspension dans l'air restent encore mal connues. C'est dans ce contexte que les mesures par spectromètre de masse (AMS) permettent depuis une dizaine d'années, sur des campagnes de mesures de quelques semaines, une meilleure caractérisation chimique de l'aérosol submicronique (Zhang et al., 2007). Plus robuste que l'AMS et récemment développé par Aerodyne Inc., l'ACSM (Aerosol Chemical Speciation Monitor, Ng et al., 2011) vise la mesure de la composition chimique de la phase particulaire (matière organique, nitrate, sulfate, ammonium et chlorure) sur le long terme. Le premier ACSM français a été installé au SIRTA-LSCE, super-site d'observations de la pollution de fond en région Ile-de-France, en juin 2011. L'objectif de la présente communication est de synthétiser les principaux résultats de l'interprétation du jeu de données obtenu à l'aide de cet instrument de juin 2011 à mai 2013.

En premier lieu, l'étude de la composition chimique par classe de concentrations de PM₁ fournit de précieuses informations relatives à l'origine de la pollution. Alors que la plupart des épisodes durables de pollution se produisent généralement à la fin de l'hiver ou au début du printemps et sont dominés par le nitrate d'ammonium, les plus fortes pointes observées (événements courts mais intenses) apparaissent en hiver où la matière carbonée (matière organique et carbone suie) prédomine, suggérant l'importance des émissions relatives au chauffage bois. Cette dualité est également détaillée au travers du couplage des concentrations de polluants avec des données météorologiques.

Le deuxième axe fort de cette communication s'articule autour d'un travail spécifique sur la fraction organique présentant une grande diversité de propriétés physico-chimiques et de sources. L'identification de ces dernières s'effectue généralement par factorisation matricielle (Positive Matrix Factorization, PMF), et illustre généralement l'influence des émissions par combustion (trafic automobile, chauffage au bois par exemple) et des mécanismes de transformation (Petit et al., 2014). Néanmoins, ce type de méthodologie ne peut être appliqué directement à un jeu de données aussi dense que celui obtenu par mesures ACSM sur le long-terme. Une stratégie innovante, impliquant des analyses PMF glissantes sur des périodes d'environ deux mois (Sliding-Window PMF) a donc été mise en place et appliquée de novembre 2011 à mars 2013. Elle permet d'apprécier les variations fines des sources et des mécanismes de transformation de la matière organique tout au long de l'année.

Enfin, l'ensemble des résultats présentés est à considérer au regard de potentielles améliorations de la prévision de la qualité de l'air et de ses impacts sanitaires.

Références

Ng, N. L., Herndon, S. C., Trimborn, A., Canagaratna, M. R., Croteau, P. L., Onasch, T. B., Sueper, D., Worsnop, D. R., Zhang, Q., Sun, Y. L. & Jayne, J. T. (2011). An aerosol chemical speciation monitor (ACSM) for routine monitoring of the composition and mass concentrations of ambient aerosol. *Aerosol Science and Technology*, 45(7), 780–794.

Petit, J.-E., Favez, O., Sciare, J., Canonaco, F., Croteau, P., Močnik, G., Jayne, J., Worsnop, D. R. & Leoz-Garziandia, E. (2014). Submicron aerosol source apportionment of wintertime pollution in Paris, France by Double Positive Matrix Factorization (PMF2) using Aerosol Chemical Speciation Monitor (ACSM) and multi-wavelength Aethalometer. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*, 14(10), 14159–14199.

Zhang, Q., Jimenez, J. L., Canagaratna, M. R., Allan, J. D., Coe, H., Ulbrich, I., Alfarra, M. R., Takami, A., Middlebrook, A. M., Sun, Y. L., Szepina, K., Dunlea, E., Docherty, K., DeCarlo, P. F., Salcedo, D., Onasch, T., Jayne, J. T., Miyoshi, T., Shimino, A., Hatakeyama, S., Takegawa, N., Kondo, Y., Schneider, J., Drewnick, F., Borrmann, S., Weimer, S., Demerjian, K., Williams, P., Bower, K., Bahreini, R., Cottrell, L., Griffin, R. J., Rautiainen, J., Sun, J. Y., Zhang, Y. M. Worsnop, D. R. (2007). Ubiquity and dominance of oxygenated species in organic aerosols in anthropogenically-influenced Northern Hemisphere midlatitudes. *Geophysical Research Letters*, 34(13).

IDENTIFICATION DES PRINCIPALES SOURCES DE PM₁₀ IMPACTANT LE NORD DE LA FRANCE : RESULTATS PRELIMINAIRES POUR UN SITE URBAIN A NOGENT-SUR-OISE

D. OLIVEIRA(1), E. PERDRIX(1), O. FAVEZ(2), S. SAUVAGE(1), L. ALLEMAN(1), R. AUJAY(2), B. ROCQ(3), V. RIFFAULT(1)

⁽¹⁾ Ecole Nationale Supérieure des Mines de Douai, Département Sciences de l'Atmosphère et Génie de l'Environnement, F- 59508 Douai cedex

⁽²⁾ INERIS, F-60550, Verneuil-en-Halatte

⁽³⁾ AtmoPicardie, F-80332, Longueau

RESUME

Afin d'améliorer la qualité de l'air et de limiter les impacts sur la santé humaine, il est important d'acquérir de nouvelles connaissances sur les sources de particules impactant un territoire soumis à une pollution récurrente, en développant des méthodologies d'identification, de localisation et de caractérisation chimique des sources. Les études sur la contribution des sources utilisent des outils statistiques puissants pour identifier l'origine des aérosols. Les modèles sources-récepteur utilisent les mesures chimiques effectuées sur un site de suivi donné (le récepteur) pour calculer les contributions relatives des principales sources à la pollution de ce site.

Dans le cadre du programme CARA (Caractérisation chimique des particules) – créé et maintenu par le LCSQA (Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air) – un échantillonnage journalier des particules PM₁₀ a été réalisé tous les trois jours sur plusieurs sites du nord de la France dont celui de Nogent-sur-Oise, caractérisé par son environnement urbain. La concentration massique a été déterminée et les analyses chimiques ont été effectuées pour quantifier les contributions en carbone (EC et OC), en éléments majeurs et traces, en anions et cations solubles, en anhydrides de sucre et alcools de sucre.

Cette étude présente les résultats obtenus pour l'année 2013. Ceux-ci montrent la variabilité temporelle de la concentration totale de particules et des espèces particulières, la fréquence des épisodes de dépassement et leur composition, et les rétrotrajectoires des masses d'air associées à ces événements.

L'objectif est d'identifier, par l'analyse statistique de la composition chimique des PM₁₀, la nature et l'origine géographique des sources incidentes sur ce site, la distinction entre la pollution de fond et les intrants locaux et de mieux comprendre les épisodes de dépassement par la détermination des principales sources contribuant à ces événements et leur origine géographique. La principale originalité de ce travail réside dans l'analyse d'une base de données unique et dans la documentation de la composition chimique des PM₁₀ avec une résolution quotidienne. Les techniques statistiques seront développées pour améliorer la localisation spatiale des sources.

Ce travail a bénéficié d'une aide de l'Etat gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du programme Investissements d'avenir portant la référence ANR-10-LABX-0005 (Labex CaPPA) et d'un financement du LCSQA.

PROPRIETES DE SORPTION ET DE REACTIVITE PHOTOCATALYTIQUE DE POUSSIERES MINERALES NATURELLES VIS-A-VIS DE COV MODELES

H. OURRAD(1), F. THEVENET(1) ET V. RIFFAULT(1)

(1) Ecole Nationale Supérieure des Mines de Douai, Département Sciences de l'Atmosphère et Génie de l'Environnement, F-59508 Douai cedex

RESUME

Les poussières minérales naturelles proviennent principalement de l'érosion éolienne naturelle des déserts et peuvent être transportées sur de longues distances au voisinage de zones où sont présents des polluants gazeux. Ceux-ci peuvent interagir avec les particules via des processus chimiques hétérogènes à la surface, tels que la sorption, ou les réactions catalytiques ou photocatalytiques, conduisant à des modifications de la composition chimique de l'atmosphère. Cependant, ces processus sont assez peu connus, notamment pour les composés organiques volatils, d'origine naturelle ou anthropique.

Des expériences de laboratoire peuvent permettre d'élucider les mécanismes à l'oeuvre dans ces réactions à l'interface solide-gaz. L'adsorption et la réactivité photocatalytique de deux COV modèles, le toluène et le limonène, ont été étudiées en utilisant la technique DRIFTS (Diffuse Reflectance Infrared Fourier Transform Spectroscopy). Cette technique rend possible le suivi semi-quantitatif des COV adsorbés à la surface de la poussière ainsi que le suivi de leur élimination sous divers processus réactionnels. Ainsi, la cellule DRIFTS, dans laquelle les poussières ont été insérées, est utilisée en tant que réacteur photocatalytique et de sorption.

Quatre poussières différentes ont été sélectionnées dans cette étude. Tout d'abord, une poussière standard provenant du désert d'Arizona (Arizona Test Dust, ATD) a été caractérisée et utilisée en tant que matériau de référence. Ensuite, le comportement de quatre poussières naturelles prélevées dans différentes régions du désert du Sahara a été étudié. Premièrement, l'adsorption individuelle de chaque COV a été caractérisée par l'intermédiaire de la méthode de la percée. Dans un second temps, l'activité photocatalytique a été évaluée à travers l'irradiation des poussières saturées en COV en utilisant une lampe UV caractérisée par une bande d'émission centrée à 365 nm. La conversion des COV préalablement adsorbés a été suivie par DRIFTS.

Les expériences d'adsorption ont mis en évidence que les poussières minérales sont, indépendamment de leur composition, capables d'adsorber de manière irréversible le toluène et le limonène dans des proportions importantes. En conséquence, les poussières minérales peuvent être considérées comme des puits de COV atmosphériques pouvant conduire au transport à grande distance de ces composés dans l'atmosphère. La capacité d'adsorption des différentes poussières a été comparée en fonction de leurs caractéristiques morphologiques. Les propriétés réactives des poussières de compositions chimiques différentes ont été investiguées. Ce comportement a été corrélé à la présence de certains oxydes métalliques spécifiques dans la composition de la poussière.

Ce travail a bénéficié d'une aide de l'Etat gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du programme Investissements d'avenir portant la référence ANR-10-LABX-0005 (Labex CaPPA).

SUBSTRATS URBAINS : PIEGES A RADIONUCLEIDES ATMOSPHERIQUES? L'EXEMPLE DU BERYLLIUM-7

P. LAGUIONIE*, D. MARO, P. ROUPSARD, L. SOLIER, M. ROZET, D. HEBERT, O. CONNAN

Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN), PRP-ENV/SERIS/LRC, 50130 Cherbourg-Octeville.

RESUME

Dans le cas d'un rejet chronique ou accidentel de particules polluantes dans l'atmosphère, la connaissance du flux de dépôt total de l'aérosol atmosphérique radioactif (composé des flux de dépôt par temps sec et temps de pluie) sur les surfaces au sol et de la mobilité des radionucléides déposés est fondamentale pour estimer le risque encouru par la population et l'environnement. Les flux de dépôt, de réémission dans l'atmosphère et de transfert des radionucléides par ruissellement de l'eau de pluie sur les surfaces contaminées, diffèrent suivant que l'environnement est rural ou urbain du fait des hétérogénéités de surface et de la nature des couverts naturels et/ou artificiels. Bien que les aires urbaines ne cessent de croître en surface et en densité de population, celles-ci restent peu étudiées. Le ruissellement de l'eau de pluie sur les surfaces au sol est souvent uniquement perçu comme un processus de lessivage des particules de l'aérosol atmosphériques déposées par temps sec. Or, la capacité des substrats urbains à piéger également et de manière quasi-instantanée une fraction des radionucléides contenue dans l'eau de pluie peut être non négligeable et fait l'objet de ce papier.

Les résultats portent sur la capacité de 7 substrats urbains (l'herbe, le verre, le bitume, l'enduit de façade, le zinc, l'ardoise et la tuile) à piéger de manière irréversible à l'échelle du mois, une fraction du Béryllium-7 contenu dans l'eau de pluie. L'expérimentation s'est tenue entre septembre 2010 et septembre 2011 au cours de 11 périodes mensuelles. La méthode développée repose sur l'utilisation d'un traceur radioactif naturel submicronique : le Béryllium-7 qui est un cosmonucléide issu de l'interaction des rayons cosmiques avec les particules de la haute atmosphère et dont la demi-vie est de 53,3 jours. Les résultats montrent : (1) que l'activité du Béryllium-7 mesurée sur les substrats exposés au seul dépôt sec est inférieure d'un facteur 5 en moyenne à l'activité mesurée sur les substrats exposés au dépôt total (dépôt par temps sec + dépôt par temps de pluie) ; (2) que le pourcentage d'activité de l'eau de pluie piégée sur les substrats de manière irréversible à l'échelle du mois varie jusqu'à un facteur 45 entre les 7 substrats testés et est de : $90 \pm 19\%$ pour le zinc, $69 \pm 19\%$ pour le bitume, $60 \pm 33\%$ pour l'herbe, $28 \pm 20\%$ pour l'ardoise, $27 \pm 16\%$ pour la tuile, $3 \pm 3\%$ pour l'enduit de façade et $2 \pm 2\%$ pour le verre (les résultats sont donnés à $\pm \sigma$).

Ce papier exploite des données acquises dans le cadre du projet INOGEV (Innovations pour la gestion durable de l'eau en Ville - connaissance et maîtrise de la contamination des eaux pluviales urbaines, 2010-2013) (Roupsard *et al.*, 2012 ; Roupsard, 2013 ; Roupsard *et al.*, 2013). Le projet INOGEV fait partie du programme de recherche Villes Durables de l'Agence Nationale de la Recherche.

Références

Roupsard P., Maro D., Coppalle A., Connan O., Laguionie P., Solier L., Rozet M., Hébert D., Ruban V., Percot S., Talbaut M. (2012). Détermination expérimentale de vitesses de dépôt sec d'aérosols submicroniques en milieu urbain : influence de la nature des surfaces, de la turbulence et des conditions de météorologie locale. CFA, Paris, 25-26 janvier.

Roupsard P. (2013). Etude phénoménologique du dépôt sec d'aérosols en milieu urbain : influence des propriétés des surfaces, de la turbulence et des conditions météorologiques. Thèse de l'Institut National des Sciences Appliquées de Rouen, pp.226.

Roupsard P., Amielh M., Maro D., Copalle A., Branger H., Connan O., Laguionie P., Hébert D., Talbaut M. (2013). Measurement in a wind tunnel of dry deposition velocities of submicron aerosol with associated turbulence onto rough and smooth urban surfaces. Journal of Aerosol Science, 55, 12-24.

EMISSION DE BIOAEROSOLS DE TYPE BACTERIE ET LEVURE PAR DES COUVERTS VEGETAUX POUR DES FAIBLES VITESSES DE FROTTEMENT DU VENT : UNE DIFFERENCE ENTRE LE VIVANT ET L'INERTE ?

G. PELLERIN (1), D. MARO (1), P. LAGUIONIE (1), D. HEBERT (1), Y. BRUNET (2), M. LAMOTTE (1), O. CONNAN (1) ET M. ROZET (1)

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

⁽²⁾ Unité Interactions Sol Plante Atmosphère (ISPA), Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), 33882 Villenave d'Ornon

RESUME

Les installations nucléaires sont susceptibles de rejeter dans l'atmosphère des radionucléides sous forme de gaz et d'aérosols lors de rejets chroniques ou accidentels. Les particules radioactives amenées par l'écoulement atmosphérique à proximité de la surface du sol peuvent s'y déposer par temps sec et par temps humide. Une fois déposés, les radionucléides peuvent être métabolisés, stockés par les couverts ou réémis vers l'atmosphère. Ce phénomène de réémission est très souvent assimilé à de la remise en suspension éolienne qui concerne pourtant seulement des particules inertes de taille de l'ordre de 10 µm, et pour des vitesses de frottement du vent seuils de l'ordre de 0,5 m s⁻¹ (Marticorena et Bergametti, 1995), en fonction de la nature du sol. Néanmoins, des émissions de particules de tailles comprises entre 0,2 µm et 2 µm ont déjà été observées pour des vitesses de frottement du vent très inférieures à 0,5 m s⁻¹, sur un écosystème prairial (Damay, 2010). Plusieurs hypothèses ont alors été formulées pour expliquer ce phénomène et aucune ne peut actuellement être écartée. Ce phénomène pourrait avoir plusieurs origines : la conversion du gaz en particules dans le couvert végétal suite à l'émission de composés gazeux biogéniques ou de dérivés azotés, ou encore l'émission de bioaérosols depuis le couvert végétal. Cette dernière hypothèse sous-entend que les particules inertes et vivantes ont des comportements très différents. L'émission de bioaérosols de type bactérie et levure a été ici étudiée.

Les flux verticaux de bioaérosols et plus précisément de bactéries et levures ont en effet été quantifiés par la méthode du gradient, dans des conditions où la remise en suspension éolienne est impossible. La méthode consiste à effectuer des prélèvements simultanés à deux hauteurs différentes de bioaérosols grâce à un bioimpacteur Andersen® (Impaction sur milieu gélosé), puis après un temps d'incubation un comptage des Unités Formant Colonie (UFC) est effectué afin de quantifier la concentration de bioaérosols dans l'atmosphère.

Les premiers résultats, obtenus lors de trois campagnes d'échantillonnage sur un couvert prairial, montrent une tendance à l'émission de bioaérosols pour des faibles vitesses de frottement du vent, qui pourrait être influencée par les paramètres micrométéorologiques. En effet, l'augmentation du rayonnement solaire et donc dans une certaine mesure du flux de chaleur sensible aurait tendance à augmenter l'émission de bioaérosols tandis que la rosée présente sur le couvert inhiberait ce phénomène. Ces observations seront validées lors de différentes campagnes sur des couverts prairiaux ou forestiers, et lors du projet NEEDS REMORA (juillet 2014).

Références

Damay P. (2010). Détermination expérimentale de la vitesse de dépôt sec des aérosols submicroniques en milieu naturel : Influence de la granulométrie, des paramètres micrométéorologiques et du couvert. Thèse de doctorat. Rapport IRSN 2010-134, 218 pp.

Marticorena B. and Bergametti G. (1995). Modeling the atmospheric dust cycle: 1-Design of a soil derived production scheme, J. Geophys. Res., 100, 16415-16430.

ETUDE EXPERIMENTALE DE LA GENERATION, DU TRANSPORT ET DU DEPOT DE PARTICULES ISSUES D'UNE EMISSION OROPHARYNGEE DANS UNE SALLE DE CLASSE

G. DA (1)*, E. GEHIN (1), A. ZAMBRELLI (1), S. DELABY (2), S. RITOUX (2), T-L. HA (2), E. ROBINE (2)

(1) CERTES, Université Paris-Est Créteil, 61 Av. Général de Gaulle, 94010 Créteil, France

(2) CSTB, 84 avenue Jean Jaurès - Champs-sur-Marne - 77447 Marne-la-Vallée Cedex 2, France

RESUME

La transmission de virus aéroportés via des particules exhalées lors d'activités respiratoires (respiration, parole, toux) représente un enjeu important en environnement intérieur. En effet, les particules émises peuvent rester en suspension dans l'air pendant de longues périodes (Hersen et al. 2008). La simulation numérique est largement utilisée pour appréhender ce phénomène dans différents types d'environnements. Néanmoins, peu de publications font état d'approches expérimentales appropriées pour l'étude de ces mécanismes (Liu 2011; Zhang and Li 2012). L'objectif de ce travail était de développer une méthodologie expérimentale utilisant un traceur fluorescent pour l'étude de la génération, du transport et du dépôt de particules issues d'une émission oropharyngée dans une salle de classe simulée.

Un banc expérimental pour la génération de gouttelettes monodispersées ($dd = (40 \pm 3) \mu\text{m}$) a été développé en se basant sur les paramètres physiques d'une émission oropharyngée (Chao et al. 2009). La température, l'humidité relative, et les vitesses de l'air émis à la sortie de la bouche ont été mesurés. Le générateur de gouttelettes était alimenté par une solution contenant un traceur (fluorescéine) dont la concentration (10 g/L) simulait la teneur en sels de la salive. La distribution granulométrique des gouttelettes a été mesurée par diffraction laser (SprayTech, Malvern). Les gouttelettes ont été émises dans une salle de classe à échelle réaliste (Delaby 2008). Le diamètre aérodynamique des résidus issus de l'évaporation des gouttelettes a été mesuré à l'aide d'un APS. Le flux massique de particules déposées sur des surfaces placées à 20, 50, 165, 335, et 525 cm le long de deux axes horizontaux à la sortie de la bouche a été mesuré. La concentration massique en aérosol de fluorescéine dans la pièce a également été mesurée en différents points de la salle.

Les résultats ont montré qu'il était possible de générer des gouttelettes dans un air chaud (33°C) saturé en humidité pour des vitesses d'air de 1 à 10 m/s (respiration = 1 m/s ; parole = 5 m/s ; toux = 10 m/s). La stabilité du système (température et humidité du jet, vitesse de l'air, granulométrie des gouttes générées et des résidus) a été démontrée dans la salle de classe pour un diamètre de gouttes de 40 μm . Les concentrations en particules en suspension dans la salle étaient très homogènes pour chaque essai (1 à 10 résidus secs par litre d'air). Concernant les dépôts sur les surfaces horizontales, aucun effet visible de la distance et de la direction n'a été observé. En outre, la limite de détection de la masse déposée était de 0,5 ng/cm² et la masse déposée était de l'ordre de 3 ng.cm⁻². La technique de traceur utilisée dans cette étude (Da et al. 2014) présente un avantage important car l'évaporation de l'eau ne modifie pas la quantité de traceur déposée sur la surface. En perspective, d'autres tailles de gouttelettes sont étudiées avec et sans mannequins dans la salle de classe.

Cette étude a été réalisée dans le cadre du programme PRIMEQUAL « Etude des déterminants environnementaux de l'exposition virale : application à la surveillance et gestion des viroses respiratoires dans une salle de classe ». Ce programme est financé par le ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie.

Références

Chao C, Wan M-P, Morawska L, et al. (2009) Characterization of expiration air jets and droplet size distributions immediately at the mouth opening. *JAS*, **40**, 122-133

Da G, Géhin E, Ben Othmane M, et al. (2014). An experimental approach to measure particle deposition in large circular ventilation ducts. *Environ Sci Pollut Res*, <http://link.springer.com/article/10.1007/s11356-014-2859-y>

Delaby S (2008). Experimental study of aerosol transport in an enclosed ventilated space and impact of key strategies for the microbiological purification of air on occupants' exposure. PhD thesis (in french language). CSTB, Université Paris-Est

Hersen G, Moularat S, Robine E et al (2008) Impact of Health on Particle Size of Exhaled Respiratory Aerosols: Case-control Study. *Clean*, **36**, 572-577

Liu L (2011) Expiratory droplet exposure between individuals in a ventilated room. PhD-thesis. The University of Hong Kong

Zhang L and Li Y (2012) Dispersion of coughed droplets in a fully-occupied high-speed rail cabin. *Building and Environment*, **47**, 58-66

SESSION II : FILTRATION DES AEROSOLS

Présidents de séances : J. C. Laborde, D. Thomas

PERTE DE CHARGE D'UN DÉPÔT DE PARTICULES NANOSTRUCTURÉES

D. THOMAS (1), F.X. OUF (2), F. GENSDARMES (2), S. BOURROUS (1,2), L. BOUILLOUX (2)

(1) Université de Lorraine, Laboratoire Réactions et Génie des Procédés, UMR 7274 CNRS, 1 rue Grandville, BP 20451, 54001 NANCY

(2) Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN), PSN-RES, SCA, BP 68, 91 192 GIFSUR-YVETTE

RESUME

Dans la plupart des cas, le confinement des particules en suspension dans l'air est assuré par des filtres à air dont la durée de vie est tributaire de l'évolution de leur perte de charge au cours du colmatage. Certains aérosols comme par exemple les aérosols de combustion, les fumées de métallisation... sont composés de particules nanostructurées (*i.e.* agglomérats ou agrégats de particules nanométriques) de morphologie fractale [1]. Ces aérosols possèdent un fort pouvoir colmatant, ce qui entraîne une diminution drastique de la durée de vie des filtres. Une meilleure connaissance de l'évolution de la perte de charge lors du colmatage d'un filtre à fibres par ce type d'aérosols s'avère donc essentielle pour estimer voire optimiser la durée de vie de ces barrières de confinement.

Deux paramètres importants conditionnent la résistance aéraulique de la couche de dépôt : la porosité et la surface spécifique des particules qui la composent. Des modèles d'évolution de la perte de charge, spécifiques aux aérosols d'incendie, sont disponibles dans la littérature [2] mais aucun n'est prédictif. En parallèle, il existe également des modèles plus généraux [3,4] dont la plupart découlent de la loi de Kozeny-Carman fondée sur un dépôt de particules sphériques présentant une compacité proche de 0,6. Mais ces modèles ne rendent pas compte de l'évolution de la perte de charge au cours du colmatage par des particules nanostructurées. Ce constat nous a donc conduit à développer un nouveau modèle sur la base de la relation empirique de Davies [5] établie pour un assemblage de fibres de compacité inférieure à 0,3. Ce modèle assimile le dépôt d'agglomérats ou d'agrégats à un enchevêtrement de fibres constituées de chaînettes de particules primaires et prend en compte la distribution granulométrique des monomères et, dans le cas d'agrégats, la fusion partielle des particules primaires entre elles. Ce modèle a été confronté à des résultats disponibles dans la littérature et à de nouvelles données. Pour cela, des essais de colmatage d'une membrane en PTFE ont été réalisés avec des agglomérats de carbone ou des suies générées respectivement par un PALAS GFG 1000 ou par un miniCAST. Un suivi de la perte de charge du dépôt pour des vitesses de filtration de 0,01, 0,05 et 0,09 m/s en fonction de la masse surfacique collectée pour les deux types de particules nanostructurées a été réalisé. En parallèle, la porosité des dépôts a été déterminée à partir de la masse du dépôt et de la mesure de son épaisseur à l'aide du système optique InfiniteFocus d'Alicona. La porosité des gâteaux, comprise entre 0,940 et 0,984, a pu être corrélée au nombre de Pecllet des agrégats ou des agglomérats. Confronté aux données expérimentales, ce nouveau modèle de perte de charge permet de décrire de façon très satisfaisante l'évolution de la perte de charge liée au dépôt des particules nanostructurées.

Références

[1] OUF F.X., Caractérisation des aérosols émis lors d'un incendie, (2006), Thèse de doctorat de l'université de Rouen

[2] MOCHO V.M., OUF F.X., (2011). Clogging of industrial pleated high efficiency particulate air (HEPA) filters in the event of fire, Nuclear Engineering and Design, doi:10.1016/j.nucengdes.2011.01.036

[3] NOVICK V.J., HIGGINS P.J., DIERKSCHIEDE B., ABRAHAMSON C., RICHARDSON W.B., MONSON P.P., ELLISON P.G., (1990). Efficiency and mass loading characteristics of a typical HEPA filter media material, 21th Nuclear Air Cleaning Conference, San Diego, Californie

[4] ENDO Y., CHEN D.R., PUI D.Y.H., (1998). Effects of Particle Polydispersity and Shape Factor During Dust Cake Loading on Air Filters, Powder Technology, 98:3,241-249

[5] DAVIES C.N., Air Filtration, Academic Press-London-NewYork (1973)

MESURE DYNAMIQUE DE LA POROSITE DE DEPOTS DE NANOPARTICULES

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

⁽¹⁾ Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) BP 68, 91192 Gif-sur-Yvette, France
Soleiman.bourrous@irsn.fr

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

⁽³⁾ Camfil Farr, BP 80225 Rte d'Avrigny, ZI de Saint Martin Longueau, 60722 Pont Sainte Maxence, France

RESUME

L'évolution de la résistance aéraulique d'un filtre à air au cours de son fonctionnement conditionne sa durée de vie et constitue, par conséquent, une caractéristique importante de la performance du filtre. La connaissance des propriétés des dépôts de particules, formés en surface du medium, est fondamentale pour évaluer sa résistance. En particulier, la porosité reste une donnée très sensible des modèles de perte de charge. Si nombre d'informations sont accessibles de manière fiable par l'utilisation d'instruments répandus ou par observation directe au microscope, la plupart des techniques actuelles de mesure de porosité se basent sur une mesure de l'épaisseur du dépôt *a posteriori*. Les moyens de mesure sont très variés. On citera, entre autres, la microscopie, l'interférométrie ou la topomicroscopie. Ce type de techniques de mesure présentent l'inconvénient d'avoir une précision relativement faible pour des dépôts présentant une porosité. Ainsi, dans le cas de dépôts de particules nanostructurées de quelques dizaines de micromètres, une incertitude non négligeable sur la valeur de porosité est attendue.

Une mesure continue permet d'une part de s'affranchir de l'erreur systématique de mesure donc d'augmenter significativement la précision des valeurs mesurées, d'autre part de pouvoir approfondir l'information disponible en suivant la croissance du dépôt et donc les phénomènes auquel il est soumis (au premier titre desquels la compression). L'objet de cette présentation est de présenter un dispositif très simple à mettre en oeuvre et qui permet le suivi de la croissance d'un dépôt en cours de formation. L'outil de mesure de la porosité dont fait l'objet cette communication est basée sur l'observation de la dérive d'un spot laser projeté sur une membrane filtrante avec un angle faible. Un premier grossissement est assuré par la caméra et un second plus important par la relation trigonométrique liant le déplacement mesuré à l'épaisseur du dépôt. Appliqué ici pour des nanoparticules pseudo-fractales de carbone générées par ablation électrique, ce dispositif expérimental permet de trouver rapidement une relation entre la vitesse de filtration et la porosité du dépôt.

INFLUENCE DE LA TEMPERATURE, DE L'HUMIDITE ET DE LA NATURE DES AEROSOLS SUR L'EFFICACITE DE FILTRATION D'UN FILTRE A MANCHE

R. BOUDHAN*(1,2), A. JOUBERT(1), K.GUERAOU(2), L. LE COQ(1)

(1) Ecole des Mines de Nantes, GEPEA, CNRS, UMR 6144, 4 rue Alfred Kastler, BP 20722, 44307 Nantes cedex 03, France.

(2) Faculté des Sciences de Rabat, 4 Avenue Ibn Battouta B.P. 1014 RP, Rabat, Maroc

RESUME

Il n'existe à ce jour aucune réglementation française ou européenne sur la gestion des nanomatériaux manufacturés, que ce soit au niveau de la fabrication, de l'usage ou de la fin de vie. De tels produits ou nano-déchets peuvent se retrouver en unités d'incinération de déchets ménagers et assimilés. Les nanoparticules sont pourtant responsables de problèmes sanitaires et environnementaux. En effet, des études toxicologiques démontrent clairement que leur très petite taille est un élément clé au niveau de la toxicité, en particulier les particules non ou peu solubles (Ostiguy et al., 2006). C'est pourquoi une attention particulière est portée sur le traitement des fumées d'incinération, en particulier sur l'efficacité des procédés dédiés à l'élimination des particules tels que les filtres à manches, qui est la technologie la plus largement répandue dans ce secteur.

Le projet vise à étudier les performances de filtration des filtres à manches mis en oeuvre dans les unités de traitement des fumées d'incinération. L'objectif est d'étudier l'influence des conditions de température et d'humidité, ainsi que de la nature des particules à collecter, sur les performances des filtres, afin entre autres d'aider à l'élaboration de préconisations techniques.

A l'échelle du laboratoire, une unité pilote de filtration a été développée dans laquelle un prototype de filtre à manche industriel a été implémenté (Tran et al., 2014). L'unité pilote est dotée d'un système de décolmatage par rétro-soufflage à air comprimé (pulse jet). Différents aérosols sont employés pour colmater le filtre : un mélange de bicarbonate de sodium et de charbon actif (SAG 420, TOPAS), introduits dans les lignes de traitement des fumées principalement pour l'abattement respectif des dioxines/furanes et des gaz acides, et un aérosol nanométrique représentatif des fumées d'incinération et généré à partir d'électrodes de graphite (DNP 2000, Palas). Des colmatages avec chaque aérosol ainsi qu'en mélange sont réalisés, à des conditions opératoires réalistes de température (150 degrés Celsius) et d'humidité (3 pour cent d'HR) représentatives de celles rencontrées dans les lignes de traitement des fumées d'incinération, ainsi qu'en conditions ambiantes (20 degrés Celsius, 50 pour cent d'HR).

L'efficacité de collecte des particules est évaluée après prélèvement à température ambiante ou à chaud en amont/aval de la manche filtrante, et par comptage des particules à l'aide d'un impacteur ELPI (Dekati). Les résultats obtenus permettront de déterminer, d'une part l'évolution de l'efficacité de filtration au cours des cycles colmatage/décolmatage, d'autre part d'évaluer l'influence des paramètres de température et d'humidité sur l'efficacité et les mécanismes de collecte des particules tels que la diffusion brownienne.

Références

Ostiguy, C., Lapointe, G., Trottier, M., Ménard, L., Cloutier, Y., Boutin, M., Antoun, M., Normand, C. (2006). Les effets à la santé reliés aux nanoparticules, rapport IRSST, Montréal.

Tran, D.T., Joubert, A., Le Bihan, O., Venditti, D., Durécu, S., Meunier, T., Fiani, E., & Le Coq, L. (2014). Evaluation des performances d'un filtre à manche en conditions de laboratoire représentatives du traitement des fumées d'incinération – application aux déchets contenant des nanomatériaux. *Proceedings of the 29ème Congrès Français sur les Aérosols*, Paris.

ETUDE DU RELARGAGE D'AEROSOLS MICROBIENS EN AVAL DE FILTRES DE CTA ET DE L'INFLUENCE D'UN TRAITEMENT THERMIQUE.

K. MORISSEAU* (1), Y. ANDRES (1), A. JOUBERT (1) ET L. LE COQ (1)

(1) GEPEA UMR CNRS 6144, Ecole des Mines de Nantes, 4 rue Alfred Kastler, BP 20722, 44307 Nantes Cedex 3.

RESUME

De nos jours, la qualité de l'air intérieur (QAI) est sujet d'inquiétude pour la santé publique, et pose notamment de nombreuses questions en relation avec la santé des occupants. Pour ces raisons, des centrales de traitement de l'air (CTA) sont mises en place dans de nombreux bâtiments. Cependant, la biocontamination des filtres de CTA peut dégrader le filtre ainsi que la QAI par le relargage de micro-organismes en aval des filtres (Bonnieve-Perrier et al., 2008). Au laboratoire, la croissance microbienne a notamment pu être observée durant des arrêts simulés de CTA lorsque l'humidité relative est forte (Forthomme et al., 2014). L'objectif de cette étude en laboratoire est d'étudier la croissance des aérosols microbiens, de quantifier leur potentiel de relargage lors du redémarrage de la ventilation et d'étudier l'effet d'un traitement thermique sur leur survie.

Pour l'étude, deux filtres de géométrie plan couramment utilisés dans des CTA pleine échelle de bâtiments tertiaires, de différentes natures et efficacités (un G4 et un F7 selon EN 779) ont été colmatés avec un aérosol contenant une fraction organique et une fraction microbienne. La génération a été réalisée par voie sèche avec des particules de riz micronisées contenant *Penicillium chrysogenum* dans un banc d'essai. Les échantillons colmatés ont été par la suite placés dans une enceinte hermétique à température et humidité contrôlées (25 degrés Celsius, 90 pour cent). Après 3 semaines, leur potentiel de relargage a été évalué par deux types d'analyses en simulant un redémarrage de ventilation dans le banc d'essai. D'abord, un filtre HEPA a été placé en aval des filtres colmatés dans le but de collecter l'ensemble des aérosols relargués. Les filtres ont été extraits pour déterminer le nombre d'Unité Formant Colonie (UFC). Ensuite, la distribution des particules relarguées a été réalisée grâce à un compteur de particule optique (PCS 2010, Palas) placé en aval des filtres colmatés. De plus, la croissance microbienne a été validée grâce à des observations au Microscope Electronique à Balayage (MEB). Enfin, l'effet d'un traitement thermique a été étudié sur certains filtres testés en appliquant un couple temps/température avant les essais de relargage. Les résultats ont notamment montré que pour le filtre G4, des particules sont relarguées principalement durant les premières 5 minutes. De plus, le nombre d'UFC cultivables relarguées par le G4 est plus important que pour le F7 (3 unités log de plus). La quantité d'UFC relarguées semble être dépendante de l'efficacité et de la nature du filtre. Ces résultats illustrent le relargage des aérosols microbiens par les filtres utilisés dans le traitement de l'air et l'effet d'un traitement thermique potentiel. Des expériences complémentaires sont cependant nécessaires pour quantifier les micro-organismes qui peuvent se développer et être relargués en aval des filtres dans des CTA pleine échelle.

Références

Bonnieve-Perrier JC, Le Coq L, André Y et al. (2008) SFGP 2007 - Microbial growth onto filter media used in air treatment devices. *International Journal of Chemical Reactor Engineering*, vol. 6.

Forthomme A, Joubert A, André Y et al. (2014). Microbial aerosol filtration: Growth and release of a bacteria-fungi consortium collected by fibrous filters in different operating conditions. *Journal of Aerosol Science*, 72, 32-46.

SIMULATION DES PERFORMANCES DE FILTRATION DE MEDIAS FIBREUX A PARTIR DE DOMAINES DE CALCUL ISSUS DE MICROTOMOGRAPHIES

P.-C. GERVAIS*(1), S. BOURROUS(1,2,3,4), F. DANY(1), L. BOUILLOUX(1) ET L. RICCIARDI(1)

(1) Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN), PSN-RES, SCA, 91192 Gif-sur-Yvette.

(2) Université de Lorraine, Laboratoire Réactions et Génie des Procédés, UMR 7274, 54001 Nancy.

(3) CNRS, Laboratoire Réactions et Génie des Procédés, UMR 7274, 54001 Nancy.

(4) Camfil Farr, Z.I. de Saint-Martin-Longueau, 60722 Pont-Sainte-Maxence.

RESUME

Ce travail s'inscrit dans un programme commun de recherche sur les interactions média-aérosols entre le Service du Confinement et de l'Aérodispersion des polluants de l'IRSN et le Laboratoire Réactions et Génie des Procédés (UMR CNRS-Université de Lorraine). Il vise à améliorer les connaissances sur les performances des filtres à Très Haute Efficacité (THE), utilisés dans l'industrie nucléaire pour confiner les particules radioactives, en fonctionnement normal ou en situation accidentelle. Une des thématiques du programme porte sur la caractérisation expérimentale et numérique des performances intrinsèques des médias filtrants, en termes de perte de charge et d'efficacité de filtration, en fonction des conditions opératoires (vitesse de filtration, taille de particule). Pour cela, le premier objectif est de valider, par confrontation à des résultats expérimentaux, le logiciel GeoDict, spécialisé dans le domaine de la filtration de l'air.

D'un point de vue numérique, les travaux réalisés jusqu'ici avec GeoDict concernaient plus particulièrement la détermination de la perte de charge et très peu d'études ont été entreprises sur la simulation de l'efficacité des médias fibreux. Des simulations ont été réalisées sur des structures modèles, type « formettes », représentant des médias a priori bien caractérisés issus de la littérature (Gougeon, 1996). Les résultats obtenus montrent que la création du domaine de calcul à partir des caractéristiques globales des médias fibreux ne permet pas d'obtenir un accord satisfaisant.

De nouveaux médias fibreux idéaux (absence de liant, faible polydispersion des fibres) ont été mis à notre disposition par la société Bernard Dumas. Ces filtres, de moyenne efficacité, sont constitués de fibres de verre ayant un diamètre moyen de 2,6 micromètres. Des microtomographies synchrotron ont été réalisées afin d'imager leur structure. Elles ont été réalisées à l'ESRF (European Synchrotron Radiation Facility, Grenoble) par l'intermédiaire de la société NOVITOM. Cette technique a permis d'obtenir des structures réellement représentatives des médias fibreux. L'insertion des tomogrammes dans GeoDict à partir d'un module dédié a permis de les utiliser directement comme domaine de calcul. Quatre sous-volumes distincts ont été créés afin de limiter les ressources mémoire et le temps de calcul par simulation. Les paramètres de structure ont été obtenus par analyse d'images pour chaque sous-volume ; la perméabilité et l'efficacité ont été déterminées par simulation (Gervais, 2014).

Dans le même temps, un banc de mesure a été développé afin d'acquérir les valeurs de perméabilité et d'efficacité spectrale nécessaires aux confrontations numériques. Nous avons constaté un très bon accord entre les valeurs expérimentales et simulées de la perméabilité. La comparaison des valeurs d'efficacité expérimentales et simulées montre en revanche des écarts de l'ordre de 20 pourcents qui pourraient s'expliquer par la non-prise en compte des effets électrostatiques dans les simulations. De nouvelles expériences sont en cours pour s'affranchir de ces effets. Par ailleurs, une démarche similaire de comparaison code/expérience est prévue sur la base d'analyse tomographiques de filtres THE réels.

Référence

Gougeon, R., Boulaud, D. & Renoux, A. (1996). Comparison of data from model fiber filters with diffusion, interception and inertial deposition models. *Chemical Engineering Communications*, 151, 19-39.

Gervais, P.-C., Bourrous, S., Dany, F., Bouilloux, L. and Ricciardi, L. (2014). Simulations of the filter media performances from microtomography-based calculation domain. Experimental and analytical confrontation. Submitted to *Powder Technology*

PREDICTION NUMERIQUE DU COMPORTEMENT DE FILTRES PLISSES POUR LA FILTRATION D'AEROSOLS SOLIDES

N. BARDIN-MONNIER (1,2), L. CHENG (3), R.KIRSCH (4), J.BECKER (3) AND A.WIEGMANN (3), D.THOMAS (1,2)

(1) Université de Lorraine, LRGP, UMR 7274, Nancy, F-54000, France

(2) CNRS, LRGP, UMR 7274, Nancy, F-54000, France

(3) Math2Markt GmbH, Trippstadter Str. 110, 67663 Kaiserslautern, Germany

(4) Fraunhofer Institute for Industrial Mathematics, 67663, Kaiserslautern, Germany

RESUME

L'utilisation de filtres à fibres plissés dans le domaine du traitement de l'air (filtre de sécurité, filtre de centrale de traitement d'air) est très fréquente en raison de leur simplicité d'emploi et de maintenance. Ils offrent une très bonne efficacité d'épuration au détriment, cependant, d'une augmentation de perte de charge au cours du colmatage par les aérosols collectés ; ce qui va conditionner leur durée de vie (temps nécessaire pour atteindre une valeur maximale de perte de charge au-delà de laquelle le débit n'est plus maintenu ou risque de provoquer la rupture mécanique du filtre). Cette donnée revêt un caractère primordial tant pour l'exploitant (filtre de centrale de traitement d'air) que pour les préventeurs (filtre de sécurité). Ce travail vise à améliorer les connaissances sur les performances et le comportement des filtres à fibres à très haute efficacité (filtres THE), notamment utilisés dans l'industrie nucléaire pour confiner les particules radioactives. Pour parvenir à une modélisation la plus complète des phénomènes mis en jeu, un couplage, basé sur la séparation entre la modélisation des interactions et celle des écoulements, a été réalisé entre Matlab® et GeoDict®. L'écoulement fluide est simulé en résolvant les équations de Stokes-Brinkman. Ces dernières permettent via un terme additionnel de modéliser la perméabilité du média qui ne peut plus être considérée à l'échelle de la totalité du pli ainsi que la perméabilité du gâteau formé par les particules déposées à la surface du pli.

La première étape consiste à simuler l'écoulement de l'air sur une géométrie donnée. Sur la base de cet écoulement, les trajectoires de particules sont simulées (approche Euler-Lagrange) en tenant compte de la force de traînée et de la diffusion Brownienne. L'analyse de ces trajectoires est ensuite réalisée à l'aide d'une procédure Matlab et permet de modéliser leur probabilité de capture au sein du média. Les particules captées conduisent localement à des compacités plus élevées et des perméabilités plus faibles, augmentant en retour la probabilité de capture des particules suivantes. Cette approche permet la prise en compte des trois étapes de colmatage d'un filtre plissé, à savoir filtration en profondeur, filtration en surface et réduction de surface.

La comparaison avec les résultats expérimentaux issus de la thèse de Gervais (1) montre un bon accord en ce qui concerne l'évolution de la perte de charge à travers le média au cours de colmatage pour un débit donné.

Références

(1) Gervais P.C, Etude expérimentale et numérique du colmatage de filtres plissés par des aérosols solides, thèse de Doctorat de l'Université de Lorraine, Nancy 2013.

CONFERENCE PLENIERE :
Dr Philippe Duquenne

"CARACTERISATION DES BIOAEROSOLS ET EVALUATION DES RISQUES BIOLOGIQUES PROFESSIONNELS : ETATS DES LIEUX ET PERSPECTIVES"

P. DUQUENNE

INRS, rue du Morvan CS 60027, 54519 Vandœuvre-lès-Nancy Cedex, France.

RESUME

Les microorganismes sont des êtres vivants microscopiques omniprésents dans l'environnement ; ils comprennent les bactéries, les moisissures et les virus. Ces microorganismes, leurs composés et métabolites peuvent être mis en suspension dans l'air des lieux de travail, à partir de procédés dans lesquels ils sont impliqués ou lors de la manipulation de matières contaminées. Ainsi des expositions importantes ont-elles été mesurées dans de nombreuses situations professionnelles concernant des secteurs aussi diversifiés que celui de la santé, de l'agriculture, de l'agroalimentaire, du traitement des déchets, etc. Ces expositions ont été associées à des pathologies infectieuses, inflammatoires et immuno-allergiques dans des effets observés sur la santé des travailleurs. Cependant, il n'existe toujours pas de Valeurs Limites d'Exposition Professionnelles (VLEP) pour les agents biologiques.

La présentation passe en revue les techniques et stratégies disponibles actuellement pour caractériser les bioaérosols au poste de travail. Les méthodes correspondantes exploitent les propriétés biologiques, biochimiques et physiques des particules microbiennes aéropartées. Concernant l'analyse, le dénombrement des microorganismes cultivables est la technique employée dans la plupart des études sur les bioaérosols. L'utilisation de méthodes chimiques ou biochimiques pour mesurer des marqueurs spécifiques présents dans la membrane plasmique ou dans la paroi cellulaire est présentée comme une alternative intéressante aux méthodes traditionnelles. Les allergènes peuvent être dosés par le biais de la technique ELISA (Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay). Les méthodes de la biologie moléculaire sont actuellement mises à profit en science des bioaérosols et révèlent progressivement la diversité des agents biologiques auxquels peuvent être exposés les travailleurs. Le prélèvement de la fraction inhalable peut être effectué par des méthodes habituellement utilisées pour les aérosols non biologiques (Cassette fermée à 2 L/min., impacteurs etc...) mais des dispositifs spécifiques ont également été développés (Biosampler, CIP 10-M, cyclone « humide » etc.). Des techniques de mesures en temps réel sont également à l'étude (fluorescence induite, Lidar...) et des travaux sont en cours concernant des dispositifs fondés sur la micro-fluidique et la miniaturisation des systèmes de détection. L'utilisation d'impacteurs en cascade a permis d'améliorer les connaissances relatives à la distribution granulométrique des entités microbiennes dans l'air des lieux de travail. Toutefois, celles-ci restent assez parcellaires, notamment concernant la présence de débris microbiens dans la fraction submicronique de l'aérosol.

La présentation aborde également les problématiques d'avenir et les perspectives de recherche concernant les mesures d'exposition aux bioaérosols. Les expositions aux postes de travail sont encore insuffisamment documentées et certains agents biologiques, encore mal connus, ne sont pas pris en considération en hygiène du travail. Des recherches sont notamment nécessaires concernant les expositions aux débris microbiens, aux allergènes, aux microorganismes peu connus (virus, Archae, actinobactéries...) et aux mycotoxines. Des travaux portant sur le développement des méthodes et des stratégies de mesure de ces agents biologiques sont essentiels. Ces recherches devraient aussi améliorer la connaissance des expositions aux bioaérosols aux postes de travail. Elles devraient contribuer à une meilleure appréhension des risques biologiques liés à l'exposition professionnelle aux bioaérosols et favoriser la définition de valeurs guides voire de VLEP.

SESSION POSTER

COMPARAISON DE DIFFERENTES METHODES DE CARACTERISATION DES EMISSIONS DE PARTICULES D'UN APPAREIL DE CHAUFFAGE DOMESTIQUE AU BOIS.

C. LE DREFF - LORIMIER*(1), I. FRABOULET (2)

(1) CSTB, 11 rue Henri Picherit, BP 82341, 44323 Nantes cedex 3

(2) INERIS, Parc technologique ALATA, BP 2, 60550 Verneuil-en-Halatte

RESUME

Face à la pénurie future des énergies fossiles et dans le contexte actuel de développement des énergies renouvelables, la filière biomasse et plus particulièrement le chauffage domestique au bois apparaît comme une alternative particulièrement prometteuse. Le développement de la filière doit cependant prendre en compte la problématique environnementale qui lui est associée. En effet, la combustion domestique du bois génère des émissions atmosphériques de polluants gazeux et particulaires (CITEPA, 2013), qui peuvent avoir des effets néfastes sur l'environnement et la santé humaine. Or, la caractérisation des particules issues de la combustion peut être fortement influencée par les conditions de prélèvement et de mesure appliquées (Burtscher, 2005). C'est pourquoi des réflexions sont actuellement engagées au sein du Comité Européen de Normalisation (CEN) en vue de définir une méthode commune de caractérisation des particules émises par les appareils de chauffage domestique au bois.

Dans ce contexte, le projet EN_PME_TEST, soutenu par l'ADEME et intégré au programme européen ERANET, vise à accompagner et approfondir ces réflexions, sur la base d'études bibliographiques détaillées, de résultats de campagnes expérimentales et de résultats de campagnes d'essais inter-laboratoires. Plus particulièrement, le second volet de ce projet consiste à comparer différentes méthodes de caractérisation des émissions de particules d'un appareil de chauffage domestique au bois.

L'appareil de chauffage domestique considéré est un poêle alimenté en bois bûches, fonctionnant dans le cadre de cette étude en allure nominale et à un tirage régulé à - 12 Pa. Il est raccordé à un conduit d'évacuation des fumées instrumenté, en aval duquel est intégré un tunnel de dilution, permettant de caractériser conjointement les émissions en polluants gazeux (CO, CO₂, OGC) et particulaires (TSP en masse, PM₁₀ en nombre). Conformément à l'objectif de cette campagne expérimentale, plusieurs méthodologies de prélèvement et de mesure sont mises en oeuvre et opérées simultanément pour la caractérisation des particules. La mesure des TSP en masse est effectuée par mesure gravimétrique, respectivement : après prélèvement sur un filtre chauffé placé en conduit (FC) ; après prélèvement sur un filtre positionné en tunnel de dilution (TD) ; après prélèvement sur filtre chauffé placé en conduit associé à un prélèvement par condensation forcée en barboteur (FC+B). De plus, pour la mesure des TSP en masse, deux TEOM sont également positionnés, respectivement en tunnel de dilution (TEOM-TD) et en aval d'un système de dilution (SD) composé d'un tube poreux et d'un diluteur de type éjecteur (TEOM-SD). La mesure des PM₁₀ en nombre est, quant à elle, obtenue via un ELPI positionné en aval du système de dilution précédemment décrit (ELPI-SD).

Chaque mesure est reproduite au moins deux fois sur deux journées d'essais distinctes. Les résultats obtenus permettent ainsi d'évaluer l'impact des conditions de prélèvement et de mesure et de comparer entre elles les différentes méthodes mises en oeuvre. Il apparaît entre autres que l'ensemble des méthodes continues (TEOM-TD, TEOM-SD, ELPI-SD) fournissent des profils d'émissions similaires. Ceci met en évidence conjointement la possibilité de suivre l'évolution temporelle des émissions via des mesures continues en nombre (ELPI) ou en masse (TEOM), a minima pour ce poêle, ainsi que la possibilité de reproduire (au moins partiellement) les mécanismes de condensation survenant lors de la dilution en tunnel via un système de dilution composé d'un tube poreux et d'un diluteur de type éjecteur. Par ailleurs, une bonne corrélation est mise en évidence entre la mesure des TSP en masse après prélèvement en tunnel de dilution et celle après prélèvement sur filtre chauffé associé à des barboteurs, ce qui montre que cette méthodologie permet également de reproduire (au moins partiellement) les mécanismes de condensation survenant lors de la dilution en tunnel.

Références

CITEPA (2013), Inventaire des émissions de polluants atmosphériques en France – Séries sectorielles et analyses étendues, CITEPA, Réf. CITEPA 1057, avril 2013.

Burtcher, H. (2005), Physical characterization of particulate emissions from diesel engines: a review. *J. Aerosol Sci.*, **36**, 896.

COMPORTEMENT ET DEVENIR DES NANOTUBES D'HALLOYSITE (HNT_s) LORS DE L'INCINERATION DU NANOCOMPOSITE PA6/HNTS.

G. OUNOUGHENE (1,2,3), O. LE BIHAN (4), C. CHIVAS-JOLY (5), C. MOTZKUS (5), C. LONGUET (2), B. DEBRAY (4), A. JOUBERT (1), J-M. LOPEZ-CUESTA (2), L. LE COQ (1)*

*Corresponding author: laurence.le-coq@mines-nantes.fr

(1) LUNAM, Ecole des Mines de Nantes, GEPEA, CNRS, UMR 6144, 4 rue Alfred Kastler, 44307 Nantes Cedex 03, France

(2) C2MA, Ecole des Mines d'Alès, 6 Avenue de Clavières, 30319 Alès Cedex, France

(3) ADEME, 20 avenue du Grésillé, 49004 Angers Cedex 01, France

(4) INERIS, Parc Technologique Alata, 60550 Verneuil-en-Halatte, France

(5) LNE, 29 Avenue Roger Hennequin, 78197 Trappes Cedex, France

TITLE

BEHAVIOR AND FATE OF HALLOYSITE NANOTUBES (HNTS) WHEN INCINERATING PA6/HNTS NANOCOMPOSITE

ABSTRACT

Since the end of the nineties, nanoclays based nanocomposites have been widely studied and produced. These trendy materials are expected to end up in incineration waste plants. The aim of our work is to investigate the behavior and the fate of the nano-objects from nanocomposites during their incineration. This study focuses on PA6/HNTs nanocomposites (polyamide 6 incorporating halloysite nanotubes). Incineration tests have been performed at lab-scale using a peculiar tubular furnace modified in order to control the key incineration parameters within both the combustion and postcombustion zones. The combustion residues and the combustion aerosol (particle matter and gas phase) collected downstream the incinerator furnace have been characterized using various techniques devoted to the analysis of aerosols. Time tracking for gas concentration and particle number concentration reveals a two step mechanism. HNTs have been found both in aerosol and residues. Some remains intact, while others are aggregated.

RESUME

Le récent développement des applications industrielles relatives aux nanotechnologies entraîne un accroissement du nombre et de la variété de déchets générés par l'industrie, les consommateurs et les laboratoires de R&D. Des familles de matériaux émergents (thermoplastiques techniques, thermodurcissables, élastomères, peintures contenant des nano-objets) se développent de manière croissante alors que l'adéquation des filières de fin de vie (recyclage et élimination) n'a pas encore été évaluée vis-à-vis des potentiels risques liés aux nanomatériaux. Les nanocomposites - dont la fin de vie est susceptible d'être prise en charge par l'incinération - font l'objet de cette étude. L'objectif est de connaître le devenir des nano-objets (du nanocomposite) lors de l'incinération du nanocomposite et de connaître l'incidence de la présence de ces nano-objets sur les mécanismes de combustion et d'émission de manière à pouvoir évaluer l'efficacité des systèmes de filtrations industriels. Les suivis temporels des concentrations en gaz et en particules de l'aérosol de combustion ainsi que l'imagerie en microscopie électronique nous permettent de comprendre les mécanismes de dégradation thermique et d'émission. Ils nous indiquent que des HNTs sont retrouvés à la fois dans l'aérosol de combustion et dans les résidus de combustion.

EMISSION D'AEROSOLS A PARTIR DE MATERIAUX SOUMIS A DES CONTRAINTES MÉCANIQUES : MODELISATION PRELIMINAIRE

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

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

⁽²⁾ Université de Technologie, Compiègne, France

RESUME

De nombreuses études ont montré que lorsque les surfaces des matériaux traditionnels ou nanostructurés sont soumis à des contraintes mécaniques, une aérosolisation de particules d'usure peut avoir lieu [1]. Un tel aérosol comprend des nano et micro particules qui sont susceptibles d'avoir un impact sur la santé, par inhalation ou par contact cutané.

Afin de développer nos connaissances sur les mécanismes d'aérosolisation de ces particules d'usure, un effort a été fait pour développer un modèle mathématique. Grâce à des études préalables [2, 3, 4], ce modèle considère une approche pluridisciplinaire et originale qui relie les différentes lois de comportement en tribologie, en physique des matériaux et en physique des aérosols.

Parmi les hypothèses, nous postulons, d'une part, que la possibilité d'étendre la loi de Rosin-Rammler (une fonction généralement utilisée pour ajuster la distribution de taille des microparticules générées lors de la fragmentation des roches) du micron jusqu'au nanomètre ; d'autre part, que les particules sont assimilables à des sphères et leur probabilité d'aérosolisation dépend de leur taille, de leur densité, des conditions environnementales et des forces externes qui agissent sur elles.

Ce modèle a été mis en oeuvre sur les données expérimentales produites par ailleurs. L'aérosolisation est variable selon les matériaux : elle peut être abondante (par exemple dans le cas d'une brique ou d'une céramique) ou à l'inverse modeste (par exemple de l'acier). Cette variabilité, observée au niveau expérimental, se retrouve lorsque le modèle est mis en oeuvre. Une analyse de sensibilité a été menée également afin de connaître l'importance relative des paramètres influents (propriétés du matériau, du processus et de l'environnement).

Références

- [1] Shandilya N., Le Bihan O., Morgeneyer M., A review on the study of the generation of (nano) particles aerosols during the mechanical sollicitation of materials. *Nanomaterials*. Art. ID 289108, 2014, doi: <http://dx.doi.org/10.1155/2014/289108>
- [2] Le Bihan O., Shandilya N., Gheerardyn L., Guillon O., Dore E., Morgeneyer M., Investigation of the release of particles from a nanocoated product," *Adv. in Nanoparticles* 2, 39-44, 2013
- [3] Morgeneyer M., Shandilya N., Chen Y-M., Le Bihan, O., Use of a modified Taber abrasion apparatus for investigating the complete stress state during abrasion and in-process wear particle aerosol generation, *Chem Eng Res Des.*, 2014, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cherd.2014.04.029>
- [4] Shandilya N., Le Bihan O., Morgeneyer M., Effect of the normal load on the release of aerosol wear particles during abrasion. *Tribol Lett.*, 2014, doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s11249-014-0351-y>

UN AN DE MESURES DE LA COMPOSITION CHIMIQUE DES PARTICULES SUBMICRONIQUES EN PROXIMITE DE LA ZONE INDUSTRIALO-PORTUAIRE DE DUNKERQUE

S. ZHANG(1), V. RIFFAULT(1), S. DUSANTER(1), P. AUGUSTIN(2), M. FOURMENTIN(2) ET H. DELBARRE(2)

(1) Ecole Nationale Supérieure des Mines de Douai, Département Sciences de l'Atmosphère et Génie de l'Environnement, BP 10838, 59508 Douai cedex

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

RESUME

La zone industrialo-portuaire de Dunkerque regroupe de nombreuses industries (sidérurgie-métallurgie-fonderie, chimie-parachimie-pétrole, industrie agroalimentaire, verre et matériaux, production d'énergie, ...) fortement émettrices de polluants gazeux et particulaires. Les zones urbaines proches contribuent également à accroître les teneurs en particules fines dans l'air ambiant. Une meilleure connaissance des sources de particules ainsi que de leurs processus de formation dans cet environnement complexe est nécessaire pour envisager des mesures pertinentes de réduction des émissions de cette zone.

Dans cette optique, plusieurs instruments à haute résolution temporelle (< 30 min) ont été déployés, depuis l'automne 2013 et jusqu'à l'automne 2014. Le site choisi est localisé sous les vents dominants en provenance de la zone industrielle et accueille une station du réseau Atmo Nord-Pas de Calais mesurant les teneurs en dioxyde de soufre (SO₂). L'objectif est d'estimer l'influence des émissions industrielles en particules submicroniques (PM₁), leur variabilité temporelle, et leur contribution aux teneurs globales observées. Parmi ces dispositifs, un ACSM (Aerosol Chemical Speciation Monitor) permet la surveillance en continu des principales espèces chimiques présentes dans les particules submicroniques non réfractaires (organiques, nitrates, sulfates, ammonium et chlorures) et un aethalomètre permet la mesure du carbone suie. Des paramètres de dynamique atmosphérique sont mesurés en parallèle en utilisant un anémomètre ultrasonique et un Lidar Doppler. La base de données obtenue est analysée par modèle sources-récepteur de type PMF (Positive Matrix Factorization) afin d'identifier différents profils de sources et leurs contributions pour plusieurs secteurs de vent et plusieurs saisons.

Ces travaux s'intègrent 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) et dans le Labex CaPPA (ANR-10-LABX-005). S. Zhang remercie Armines et la Région Nord-Pas de Calais pour son financement de thèse. Atmo Nord-Pas de Calais est remercié pour son soutien.

COMPARAISON DES DISTRIBUTIONS GLOBALES DES PARTICULES D'AEROSOL ENTRE LILLE ET OUJDA POUR 2013

R. MEZIANE (1), D. TANRE (2), M. DIOURI (1) ET L. BLAREL (2)

(¹)Equipe de physique de l'atmosphère, faculté des sciences, Université Mohammed 1^{er}, Oujda, Maroc.

(²)Laboratoire d'Optique Atmosphérique, UFR de physique, Université Lille 1- CNRS, France.

RESUME

Mots Clés : épaisseurs optiques d'aérosol, distribution des particules d'aérosol, forçage radiatif.

L'étude de l'évolution atmosphérique requiert la connaissance des différents paramètres physico-chimiques caractéristiques des gaz mais aussi ceux relatifs à l'aérosol atmosphérique. Ce dernier constitue un important composant dont l'impact sur l'évolution atmosphérique et de façon plus générale sur le climat est démontré. L'action de l'aérosol atmosphérique sur le bilan radiatif du système terre-atmosphère peut être de façon directe (atténuation directe du rayonnement solaire) ou indirecte (atténuation du rayonnement à travers la phase liquide ayant été formé sur les particules d'aérosol considérées comme noyaux de condensation). La détermination des épaisseurs optiques, des distributions des particules et du forçage radiatif d'aérosols est nécessaire pour l'amélioration des modèles d'évolution climatique et des bilans énergétiques à l'échelle régionale ainsi qu'à l'échelle globale.

De plus en plus le réseau AERONET/PHOTONS est utilisé comme moyen de détermination précise des caractéristiques optiques de l'aérosol atmosphérique. Les données de ce travail sont obtenues à partir des photomètres solaires CIMEL installés à Lille et à Oujda qui permettent de mesurer l'atténuation des radiations solaires causées par les aérosols et les gaz atmosphériques, cette atténuation est mesurée en visible et infrarouge pour huit longueurs d'ondes (0.3685 μm , 0.4124 μm , 0.5017 μm , 0.6720 μm , 0.7757 μm , 0.8598 μm , 0.9474 μm , 1.0234 μm) à partir desquelles on déduit les épaisseurs optiques d'aérosols.

Dans cette étude on présente les résultats des mesures des épaisseurs optiques, des distributions des particules et des forçages radiatifs des aérosols pour Lille (50.61° N, 3.14 ° E, 60.0 m) et Oujda (34.65° N, 1.89° O, 620.0 m). L'épaisseur optique d'aérosol atteint 0.46 (Juin) pour Lille et 0.47 (Aout) pour Oujda. Le rayon moyen annuel des particules est au voisinage de 0.1 μm pour les fines et 2 μm pour les grosses particules (Figure 1.).Le forçage radiatif à la surface atteint -55.5 W/m² pour Lille et -60 W/m² pour Oujda, au top de l'atmosphère il est au voisinage de -29 W/m² pour Lille et +10 W/m² pour Oujda.

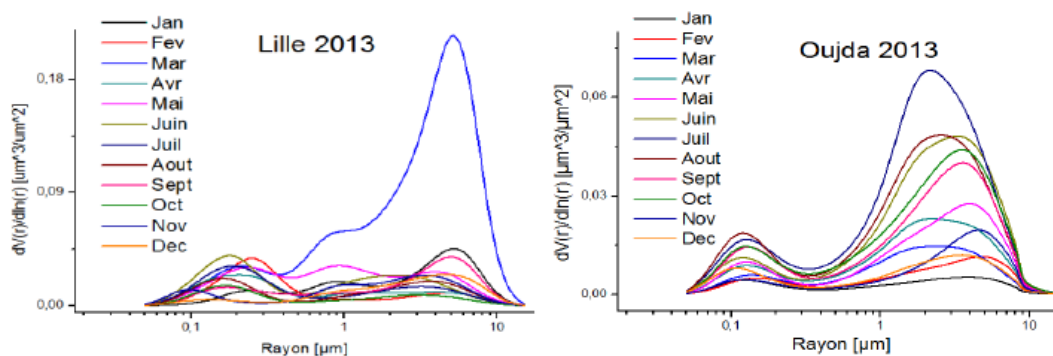


Figure 1. Moyennes mensuelles des distributions d'aérosol de Lille et Oujda pour 2013

Remerciements : Le photomètre solaire utilisé à Oujda est un don du laboratoire LOA, Université Lille1.

(*) AERONET/PHOTONS: Aerosol Robotic Network

REMOBILISATION DES RADIONUCLÉIDES SOUS FORME D'AÉROSOLS PRIMAIRES ET SECONDAIRES PAR VENT FAIBLE A PARTIR DE COUVERTS NATURELS (PROJET REMORA) : UNE NOUVELLE VOIE DE TRANSFERT VERS L'ATMOSPHERE

D. MARO*(1), C. AULAGNIER(2), J.M. BONNEFOND(3), Y. BRUNET(3), B. D'ANNA(4), F. DELMAS(5), P.M. FLAUD(6), M. FLORIANI(7), D. GARRIGOU(3), D. HEBERT(1), J. KAMMER(3,6), P. LAGUIONIE(1), E. LAMAUD(3), M. MORILLON(1), E. PERRAUDIN(6), G. PELLERIN(1), L. SOLIER(1), E. VILLENAVE(6).

(1) Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN), PRP-ENV/SERIS/LRC, 50130 Cherbourg-Octeville

(2) EDF CIDEN, 69548 Lyon

(3) INRA, ISPA, 33882 Villenave d'Ornon

(4) IRCELYON, UMR 5256 CNRS-Université de Lyon 1, 69626 Villeurbanne

(5) UMR 1332 INRA Bordeaux-Aquitaine, 33882 Villenave d'Ornon

(6) UMR CNRS 5805 EPOC-OASU, LPTC, 33405 Talence

(7) Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN), PRP-ENV/SERIS/LECO, 13115 Saint Paul Lez Durance

RESUME

La remobilisation des aérosols, pouvant être vecteur de radionucléides, vers l'atmosphère est généralement définie dans la littérature comme une remise en suspension éolienne de particules de taille supérieure à 10 μm pour des vitesses de vent supérieures à 5 m.s^{-1} . Cependant, Damay (2010) a observé des émissions de particules de taille comprise entre 0,2 μm et 2 μm depuis des couverts végétaux, pour des vitesses de vent très faibles (1 m.s^{-1}).

A ce jour, aucune hypothèse ne peut être écartée pour expliquer ces flux d'émission. Ce phénomène pourrait avoir plusieurs origines : (1) la conversion du gaz en particules dans le couvert végétal suite à l'émission de composés gazeux biogéniques de type terpènes, qui, par nucléation sont à l'origine d'aérosols secondaires de taille nanométrique qui croissent avant de disparaître par coagulation avec des particules plus grosses ; (2) l'émission de bioaérosols, de type bactéries, de taille comprise entre quelques centaines de nanomètres et quelques micromètres. Cette dernière hypothèse sous-entend que les aérosols inertes et vivants ont des comportements très différents car il ne peut y avoir d'émission d'aérosol par vent faible. Dans le cas (1), l'émission d'aérosols secondaires pourrait véhiculer le carbone 14 ou encore le tritium par substitution dans les structures chimiques, lesquels sont rejetés principalement par l'industrie nucléaire en fonctionnement normal d'exploitation. Dans le cas (2), les bioaérosols de type bactérie pourraient être vecteurs des radionucléides (ex. iode 131, césium 137) issus des zones contaminées (e.g. région de Fukushima, Japon).

L'objectif du projet REMORA (Processus de REMobilisation des RADionucléides sous forme d'aérosols primaires et secondaires par vent faible à partir de couverts naturels) est l'identification et la quantification des flux verticaux de particules par vent faible. Dans ce but, une méthodologie originale a été développée avant d'être appliquée en contexte forestier lors d'une campagne expérimentale dans la forêt des Landes en juillet 2014. La présentation portera sur la méthodologie développée ainsi que sur les premiers résultats de flux d'aérosols. Ce projet est réalisé dans le cadre d'un défi interdisciplinaire NEEDS - Nucléaire, Energie, Environnement, Déchets et Société (impact des activités nucléaires sur l'environnement).

Références

Damay P. (2010). Détermination expérimentale de la vitesse de dépôt sec des aérosols submicroniques en milieu naturel : Influence de la granulométrie, des paramètres micrométéorologiques et du couvert. Thèse de doctorat. Rapport IRSN 2010-134, 218 pp.

ANALYSE DE LA COMPOSITION D'AÉROSOLS PAR SPECTROSCOPIE DU PLASMA INDUIT PAR LASER

M. BOUDHIB* (1), J. HERMANN (2), L. BOUFENDI (3), O. LE BIHAN (1), E. FREJAFON (1) ET C. DUTOUQUET (1)

(1) Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques, Verneuil-en-Halatte

(2) Laboratoire Lasers, Plasmas et Procédés Photoniques, Université Aix-Marseille, Marseille

(3) Groupe de Recherche sur l'Énergétique des Milieux Ionisés, Université d'Orléans, Orléans

RESUME

La production des nanoparticules à grande échelle requiert un contrôle de qualité *via* des mesures de taille et de composition chimique. Ceci implique le développement de nouvelles techniques de caractérisation en temps réel et sur site. La production de nanoparticules composites nécessite par exemple un suivi sur site et instantané de la composition relative du produit.

Dans ce contexte, la technique de spectroscopie d'émission du plasma induit par laser (Laser-Induced Breakdown Spectroscopy – LIBS) est prometteuse. L'objectif de l'étude est d'appliquer à terme la LIBS au contrôle de procédé en ligne en milieu industriel. En effet des essais ont été réalisés sur un réacteur de pyrolyse laser au CEA [1]. L'analyseur LIBS avait été branché en dérivation au réacteur permettant ainsi un suivi en temps réel de poudres de carbure de silicium SiC_x. Ces travaux se poursuivent aujourd'hui à l'INERIS pour le moment en laboratoire pour l'analyse de la composition d'aérosols sans étalonnage.

La technique LIBS consiste à focaliser un faisceau laser impulsif sur la matière (solide, liquide, gaz, aérosols) à analyser. La forte interaction laser-matière au volume de focalisation amorce la création d'un plasma. La collection du rayonnement du plasma permet ensuite de détecter les éléments chimiques présents *via* la spectroscopie d'émission. La technique LIBS totalement optique permet ainsi une analyse à distance et quasiment non intrusive.

Le dispositif expérimental consiste en une cellule d'analyse couplée à un montage optique LIBS. Un agitateur vortex a été utilisé pour créer un aérosol constitué majoritairement de particules de tailles centrées sur 100 micromètre à partir d'une poudre d'alumine Al₂O₃ [2]. Les particules ont été acheminées jusqu'à la cellule d'analyse sous forme d'aérosol en utilisant un flux de gaz inerte (argon ou hélium). Des impulsions laser de 5 nanosecondes de durée émises par un laser Nd : YAG déclenché émettant à 1064 nanomètres ont été focalisées sur le flux d'aérosols au centre de la cellule. Le spectre du plasma a été enregistré en collectant son émission via un télescope et un spectromètre couplé à une caméra CCD (charge-coupled device) intensifiée. Des spectres présentant des raies d'aluminium Al et d'oxygène O ont été enregistrés.

Les spectres expérimentaux ont été comparés à des spectres théoriques calculés pour un plasma à l'équilibre thermodynamique local [3]. Pour des conditions expérimentales soigneusement choisies, le plasma satisfait le critère de McWhirter [4], et la composition du plasma et donc des particules peut-être déduite. Pour cela le spectre calculé est ajusté au spectre expérimental à l'aide d'une boucle itérative dans laquelle sont successivement mesurées la densité électronique, la température du plasma et les concentrations élémentaires.

Références

[1] Amodeo, T., Dutouquet, C., Tenegal, F., Guizard, B., Maskrot, H., Le Bihan, O., Fréjafon, E., (2008). On-line monitoring of composite nanoparticles synthesized in a pre-industrial laser pyrolysis reactor using Laser-Induced Breakdown Spectroscopy, *Spectrochimica Acta part B* 63 1183-1190.

[2] Morgeneyer, M., Le Bihan, O., Aguerre-Chariol, O., & Ustache, A. (2013). Experimental study of the aerosolization of fine alumina particles from bulk by a vortex shaker. *Powder Technology* 246 583-589.

[3] Axente, L. E., Hermann, J., Socol, G., Mercadier, L., Beldjilali, S., Cirisan, M., Luculescu, C. R., Ristoscu, C., Mihailescu, I. N., Craciun, V. (2014). Accurate analysis of indium-zinc oxide thin films via laser-induced breakdown spectroscopy based on plasma modeling, *Journal of Analytical Atomic Spectrometry* 29 553-564.

[4] McWhirter, R.W.P., (1965). In: R.H. Huddleston, S.L. Leonard (Eds.), *Plasma Diagnostic Techniques* (pp. 201–264). Academic Press, New York (Chapter 5).

MESURE DES FORCES D'ADHESION DE PARTICULES SUR DIFFERENTES SURFACES PAR LA METHODE DU DETACHEMENT ELECTROSTATIQUE. APPLICATION AUX POUSSIERES DANS LE FUTUR REACTEUR DE FUSION ITER.

J. TAV* (1), S. PEILLON (1), F. GENSDARMES (1), C. MONSANGANT-LOUVET (1), C. GRISOLIA (2), B. ROUSSEAU (3)

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

(2) CEA, IRFM, 13108, Saint-Paul-lez-Durance

(3) CEA Saclay, SCBM, iBiTec-S, PC n°108, 91191, Gif-sur-Yvette

RESUME

En condition de fonctionnement normal du réacteur ITER, quelques centaines de kilogrammes de poussières contenant du béryllium (Be) et du tungstène (W) seront produites suite à l'érosion des parois internes de la chambre à vide par le plasma. La compréhension des phénomènes d'adhésion et de détachement de ces poussières est un enjeu important pour l'évaluation de la sûreté nucléaire de cette installation, notamment vis-à-vis des risques liés à l'explosion.

Notre étude a pour objectif de mesurer l'adhésion des particules de tungstène comprenant du tritium afin de déterminer si l'autochargement des particules (du fait des désintégrations Bêta du tritium) a une influence significative sur leur détachement, notamment en présence de champs électrostatiques. Pour cela, on propose un dispositif expérimental permettant de mesurer la remise en suspension de particules de tungstène de diamètre compris entre 1 et 10 microns par un champ électrostatique.

Des dispositifs permettant de mesurer la force d'adhésion de particules microniques par la méthode de détachement électrostatique ont déjà été développés (Hu *et al.*, 2008 ; Szarek et Dunn 2007). L'étude d' Hu *et al.* consiste en un dépôt de deux types de particules (spore et alumine) de diamètre de l'ordre du micron sur des surfaces de vinyle et de caoutchouc. L'ensemble est placé entre deux électrodes alimentées par un générateur haute tension. La particule se détache de sa surface lorsque la force électrostatique, qui dépend du champ électrostatique appliqué et de la charge de la particule, dépasse la force d'adhésion. Le champ appliqué dans ce cas est compris entre 6 et 10 kilovolts par centimètre à pression atmosphérique. En pesant la surface sur laquelle reposent les particules avant et après application de différents champs électriques, il est possible d'évaluer la force d'adhésion des particules qui se détachent. Les auteurs ont pu mesurer des forces d'adhésion de l'ordre de 10^{-10} Newton pour des particules ayant un diamètre égal à 1 micromètre.

Nous avons transposé les techniques employées par Hu *et al.* (2008), et par Szarek et Dunn (2007) à notre cas d'étude. Pour cela, les électrodes d'un Spectromètre de Mobilité Electrique Circulaire (SMEC, de Le Bronec *et al.*, 1999) sont utilisées. Elles sont placées dans une chambre à vide afin d'obtenir des conditions de pression représentatives de celles observées au sein du tokamak ITER et d'éviter l'ionisation de l'air et ainsi le claquage du condensateur formé par les deux électrodes du SMEC. La quantité de particules ayant quitté la surface est alors déterminée par la mesure du courant électrique présent entre les deux électrodes et résultant de la mobilisation des particules chargées. Cette présentation décrira en détail le dispositif et les résultats obtenus à partir d'expériences réalisées avec différents diamètres de particules de tungstène déposées sur des surfaces présentant des états d'oxydation et de rugosités différents.

Références

Hu, B., Freihaut, J. D., Bahnfleth, W.P. et Thran, B. (2008). Measurements and Factorial Analysis of Micron-Sized Particle Adhesion Force to Indoor Flooring Materials by Electrostatic Detachment Method, *Aerosol Science and Technology*, **42**, 513-520.

Le Bronec, E., Renoux, A., Boulaud, D. et Pourprix, M. (1999). Effect of gravity in differential mobility analysers. A new method to determine the density and mass of aerosol particles, *Journal of Aerosol Science*, **30**, 89-103.

Szarek, T.R. et Dunn, P. F. (2007). An apparatus to Determine the Pull-Off Force of a Conducting Microparticle from a Charged Surface, *Aerosol Science and Technology*, **41**, 43-50.

COMPATIBILITE DU CYCLONE BC-112 AVEC LA MESURE DES ENDOTOXINES DANS LES BIOAEROSOLS : ESSAIS EN CONDITIONS DE LABORATOIRE

P. DUQUENNE*, C. COULAIS ET X. SIMON

INRS, rue du Morvan CS 60027, 54519 Vandoeuvre-lès-Nancy Cedex, France

RESUME

Le cyclone BC-112 est un appareil destiné au prélèvement individuel des bioaérosols [1]. L'appareil comprend un corps métallique (orifice de captage de 2 mm), un premier étage de collecte (tube conique de 1,5 ml) et d'un second étage, terminal (cassette de 37 mm avec un filtre de collecte et un filtre support). La cassette est reliée à une pompe de prélèvement et le premier étage de collecte possède un diamètre de coupure $d_{50}=1,5 \mu\text{m}$ à 4 L/min. Le cyclone est utilisé pour mesurer les bactéries, les moisissures et les virus aéroportés mais les données relatives aux endotoxines sont inexistantes [2]. L'objectif de l'étude était de déterminer si le cyclone BC-112 pouvait être utilisé pour mesurer les endotoxines dans l'air.

L'étude a été menée en conditions de laboratoire. Les bioaérosols expérimentaux (concentration de 80 à 8000 en UE/m³) ont été produits à partir de cultures fraîches d'*Escherichia coli*. Les expérimentations ont été réalisées à l'aide d'un banc d'essais constitué d'un générateur bulleur de type Liquid Sparging Aerosolizer et d'une enceinte destinée au conditionnement et à l'échantillonnage des bioaérosols. Le prélèvement des bioaérosols a été effectué à l'aide du cyclone BC-112 (4L/min) et de la cassette fermée de 37 mm (2L/min), chacun reliés à une pompe de prélèvement. Les cassettes contenaient un filtre support (GF/B, Whatman, France) et un filtre de collecte apyrogène, en fibres de verre (GF/B, Whatman, France), téflon (Zefluor, 1 μm , Pall, France), PVC (PVC filter, Millipore, France) ou en polycarbonate (Isopore, 0,8 μm , Whatman, France). Les endotoxines collectées ont été dosées par la méthode au LAL (Kinetic-QCL™, Lonza, France).

Une première série d'essais a validé un protocole pour éliminer les endotoxines contaminant le cyclone BC-112. Une seconde série d'essais a montré que la nature du filtre présent dans la cassette affectait de manière significative ($p<0,005$) les concentrations en endotoxines mesurées dans l'aérosol bactérien. En particuliers, les concentrations en endotoxines mesurées avec un filtre en PVC (1640 UE/m³) ou en téflon (1409 UE/m³) étaient supérieures à celles mesurées avec un filtre en polycarbonate (807 UE/m³) ou en fibres de verre (305 UE/m³). Les dépôts d'endotoxines sur les parois internes des cassettes représentaient de 10 à 150 % des endotoxines totales échantillonnées. Une dernière série d'essai a comparé le cyclone BC-112 (PVC) et la cassette fermée (PVC) sur une large gamme de concentrations. Les résultats montrent une corrélation significative ($r=0,87$; $n=9$; $p=0,001$) entre les deux méthodes avec un ratio cyclone BC-112/cassette fermée compris entre 0,65 et 1,42. Les endotoxines collectées sur le filtre terminal du cyclone BC-112 représentaient plus de 95 % de celles collectées au total sur les deux étages de l'appareil.

L'étude a abouti à un protocole efficace pour la décontamination du cyclone BC-112 et a montré qu'un filtre en PVC pouvait être utilisé dans l'étage terminal de l'appareil. Les résultats montrent également la nécessité de prendre en considération les endotoxines déposées sur les parois internes des cassettes dans le processus analytique. Le cyclone BC-112 est utilisable pour mesurer les endotoxines dans l'air moyennant ces aménagements de protocole. Une campagne de terrain est nécessaire afin d'évaluer les performances globales du système.

Références

[1] Chen, B. T., G. A. Feather, A. Maynard, and C. Y. Rao. 2004. Development of a personal sampler for collecting fungal spores. *Aerosol Science and Technology* 38:926 - 937. [2] Lee, S.-A., and C.-H. Liao. 2014. Size-selective assessment of agricultural workers' personal exposure to airborne fungi and fungal fragments. *Science of the Total Environment* 466-467:725-732.

MESURE DE LA CHARGE ELECTRIQUE D'AEROSOLS BACTERIENS PRODUITS PAR BULLAGE AU TRAVERS D'UN FILM LIQUIDE

X. SIMON, S. BAU*, D. BEMER, P. DUQUENNE

Institut National de Recherche et de Sécurité, Laboratoire de Métrologie des Aérosols, CS 60027, 54519 Vandoeuvre Cedex

RESUME

Les générateurs d'aérosols produisent des particules chargées électriquement par différents mécanismes. La quantité de charges portées par ces particules, qu'elles soient solides ou liquides, influe sur leur comportement dans l'air (dépôt, filtration, etc.). Par ailleurs, le cas des microorganismes dispersés dans l'air (bioaérosols) est rendu plus complexe par la co-existence de charges électriques naturelles et de celles induites par le procédé d'aérosolisation mis en oeuvre (Mainelis *et al.*, 2001).

L'objectif de cette étude est de caractériser l'état de charge des aérosols bactériens générés par bullage à l'aide du générateur de bioaérosols précédemment développé, qualifié et breveté par le laboratoire de Métrologie des Aérosols. Plus précisément, il s'agissait de mesurer la fraction de particules neutres et le nombre de charges élémentaires par particule en fonction du diamètre aérodynamique des bactéries aérosolisées (*Escherichia coli*, *Enterococcus hirae*), dans une gamme comprise entre environ 0,6 et 2 µm. En second lieu, ces essais visaient à statuer quant à la nécessité de neutraliser les bioaérosols produits en laboratoire et utilisés pour d'autres études menées au sein de cette thématique de recherche.

Pour déterminer la fraction de particules neutres en fonction de leur diamètre, la distribution granulométrique des bioaérosols a été mesurée au moyen d'un granulomètre (APS, TSI modèle 3321) successivement sans et avec l'utilisation d'un précipitateur électrostatique (ESP, INRS). En parallèle, un électromètre (IONER EL-5030) a permis de s'assurer de la précipitation de l'ensemble des particules électriquement chargées par la mesure d'un courant nul.

Le nombre moyen de charges élémentaires portées par les microorganismes en fonction de leur taille a été déterminé à l'aide d'un impacteur basse pression à mesure électrique (ELPI, DEKATI) au travers des distributions en courant (sans chargeur ELPI) et en nombre (avec chargeur ELPI) mesurées successivement sur le même aérosol.

Les résultats obtenus pour différentes conditions opératoires montrent que plus le débit de bullage au sein du film liquide est élevé, plus la fraction de particules neutres dans le bioaérosol est grande (entre environ 30 et 50%). Pour l'ensemble des essais, la charge nette portée par les bactéries est négative, ce qui est en accord avec les données publiées dans la littérature. Le nombre moyen de charges élémentaires portées par les bactéries varie entre -10 et -60 unités élémentaires ; la valeur absolue du nombre de charges diminue quand le débit de bullage augmente.

Selon nous, une étape de neutralisation, qui peut s'accompagner d'effets néfastes sur la viabilité des microorganismes sensibles, ne semble pas nécessaire. En effet, les quantités de charges élémentaires portées par les bactéries ne sont pas suffisamment élevées pour craindre que des essais utilisant ces bioaérosols expérimentaux soient influencés du fait de la présence de charge électrique sur les cellules. Cependant, si un aérosol parfaitement neutre devait tout de même être utilisé pour le besoin de certains essais spécifiques, la fraction neutre produite à l'aval d'un précipitateur électrostatique peut être avantageusement utilisée pour remplacer un neutraliseur bipolaire.

Références

Mainelis G., Willeke K., Baron P., Reponen T., Grinshpun S., Gorny R. & Trakumas S. (2001). Electrical charges on airborne microorganisms, *J. Aerosol Sci.* 32:1087-1110.

ETUDE DES PERFORMANCES D'UN CAPTEUR DE SUIES : APPLICATION AUTOMOBILE

B.SAGOT (1), A. FORTHOMME (1), S. RAQUIN (2)

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

(²) Electricfil Automotive, 77 Allée des Grandes Combes, 01700 Beynost, France

RESUME

Depuis plusieurs années la qualité de l'air préoccupe de nombreuses instances politiques et scientifiques. Dans les zones urbaines les particules issues des moteurs à combustion représentent une part importante de la pollution en carbone de l'atmosphère (Jacobson, 2001). Or ces dernières peuvent s'avérer nocives pour la santé. Leur dangerosité dépend de leurs tailles, de leurs concentrations, leurs surfaces importantes mais également de la potentielle présence de produits cancérigènes et/ou de métaux adsorbés (Broday and Rosenzweig, 2011). Ainsi des normes de plus en plus drastiques visent à la réduction de la pollution en particules provenant des véhicules. Les normes Euro 5 et Euro 6, respectivement applicables les 1^{er} septembre 2009 et 2014, imposent la valeur seuil de 5 mg/km pour la concentration massique en suies à ne pas dépasser à l'échappement des véhicules légers, dans le cadre d'un cycle normalisé. Ces normes introduisent également une limitation de la concentration en nombre de particules ($6.10^{11}.km^{-1}$).

Electricfil Automotive a développé un capteur capable de détecter des fuites ou des mauvaises performances de filtre à particules, installés dans la ligne d'échappement de véhicules, quelles que soient les conditions de conduite. Ce dernier comprend un élément résistif en céramique composé de deux électrodes collectant les suies. La résistivité est mesurée en temps réel et diminue lors de la capture des suies jusqu'à atteindre une valeur minimale. Lorsque la résistivité minimale est atteinte une résistance chauffante se déclenche afin de brûler les suies accumulées sur la céramique ce qui permet de relancer une nouvelle séquence de mesures (Brunel et al., 2013).

Les performances du capteur ont été testées dans des conditions de laboratoire. Un banc expérimental a été développé pour cette étude. Il est composé d'un générateur de suies CAST qui permet de générer avec stabilité des particules tout en assurant une grande reproductibilité. Un compteur à particules, le SMPS, mesure précisément la concentration et la distribution granulométrique des particules. La température de l'air au niveau du capteur est fixée à 180°C. Entre chaque série de mesures le dispositif expérimental est nettoyé par le passage d'un air chauffé à 600°C afin de brûler les suies. L'influence sur la réponse du capteur, de la concentration en suies, de leurs tailles ainsi que de la vitesse du flux d'air a été analysée dans des conditions de mesure stables et reproductibles. Tous les paramètres étant stables par ailleurs, dans un 1^{er} cas d'étude la concentration en suies varie entre $1.4 \cdot 10^{+7}$ et $6.3 \cdot 10^{+7}$. Dans un 2nd cas le diamètre moyen de l'aérosol varie entre 55 nm et 120 nm. Enfin dans le 3^{ème} cas, la vitesse du flux d'air au niveau du capteur varie entre $2.8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ et $11.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Les résultats indiquent que le temps de cycle pour le chargement du capteur évolue en fonction de la concentration en suies dans le fluide, ainsi que de la vitesse du fluide, selon une loi de puissance ($n < 1$). A iso-concentration, on observe que lorsque le diamètre moyen de l'aérosol diminue et atteint une valeur inférieure à 70 nm, le temps de cycle augmente brusquement. Celui-ci est respectivement de 3 et 20 minutes pour un diamètre moyen de 120 nm et 55 nm.

Références

Broday, D.M., Rosenzweig, R., 2011. Deposition of fractal-like soot aggregates in the human respiratory tract. J. Aerosol Sci. 42, 372-386. doi:10.1016/j.jaerosci.2011.03.001

Brunel, O., Duault, F., Lavy, J., Creff, Y., Youssef, B., 2013. Smart Soot Sensor for Particulate Filter OBD (SAE Technical Paper No. 2013-01-1334). SAE International, Warrendale, PA.

Jacobson, M.Z., 2001. Strong radiative heating due to the mixing state of black carbon in atmospheric aerosols. *Nature* 409, 695–697. doi:10.1038/35055518

**SESSION III : METROLOGIE DES AEROSOLS ET
BIOAEROSOLS**

Présidents de séances : F. Gensdarmes, O. Witschger

INFLUENCE DES CONDITIONS DE TRAITEMENT DES ECHANTILLONS SUR LES RESULTATS DE DOSAGE DES (1,3)-B-D-GLUCANES

J. DEGOIS*(1), P. DUQUENNE(1), C. COULAIS(1), G. GREFF-MIRGUET(1), X. SIMON(1) ET C. LAROCHE(2),

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

(2) Institut Pascal, UMR CNRS 6602 24, avenue des Landais, BP 206 Aubière, 63174

RESUME

Les (1,3)-D-glucanes sont des polysaccharides qui entrent dans la composition de la plupart des moisissures, des champignons supérieurs, des levures, des algues, de nombreux végétaux et qui sont produits par certaines bactéries. Ils peuvent être émis dans l'air des lieux de travail et ont été associés à des irritations et des symptômes inflammatoires au niveau des voies respiratoires. L'objectif des travaux présentés était d'étudier l'influence du prétraitement des échantillons sur les résultats de mesures. Ils s'intègrent dans une action de recherche visant à développer et à évaluer une méthode pour la mesure des (1,3)-β-D-glucanes dans l'air des lieux de travail.

Les essais ont été effectués sur des modèles simples constitués de cultures microbiennes, de solutions de glucanes, et sur des échantillons de bioaérosols prélevés en entreprises. Les modèles simples ont été préparés à partir de cultures microbiennes de levures (*Saccharomyces cerevisiae*) et de moisissures (*Penicillium brevicompactum*) et à partir de solutions de glucanes purs de 1000 pg/ml ((1,3)-β-D-glucanes de l'orge, Laminaran, Schizophyllan). Le prélèvement des bioaérosols a été effectué dans un centre de tri des ordures ménagères à l'aide de cassettes fermées (filtre polycarbonate, porosité 0,8 μm, diamètre 37 mm, débit 2 L/min). Les cultures microbiennes, les solutions de glucanes et les échantillons de bioaérosols ont été soumis à différents traitements (4 répétitions) comprenant (1) : un broyage avec des billes de verre de 1 mm de diamètre (lysing matrix C, tube 15 mL, mpbio, USA), (2) : un autoclavage (chaleur humide) pendant 1 heure à 121°C, (3) : un traitement par une solution alcaline (NaOH 0,3 N), (4) : un traitement avec une solution de Tween 80 (0,1%), (5) : un traitement aux ultrasons et (6) : aucun traitement. Les (1,3)-β-D-glucanes ont été dosés dans les cultures, les solutions et les échantillons traités par la méthode au Lysat d'Amoebocytes de Limule (LAL) avec le kit GlucateLL® (Associates of Cape Cod, Inc, Falmouth, USA). Les résultats ont été exprimés en pg/ml ou en pg/m³.

Les résultats montrent un effet significatif ($p < 0,05$) du traitement sur les concentrations en glucanes mesurées. Pour les cultures microbiennes, le broyage avec des billes de verre (1) conduit aux concentrations les plus élevées. Les concentrations mesurées dans les cultures fongiques sont de 706,3 pg/ml (+/- 42,0), 69,5 pg/ml (+/- 12,7), 10,0 pg/ml (+/- 0,6), 65,8 pg/ml (+/- 6,7), 9,8 pg/ml (+/- 0,5) et de 13,1 pg/ml (+/- 2,2) pour les traitements (1), (2), (3), (4), (5) et (6) respectivement. Pour les (1,3)-β-D-glucanes purs, les résultats sont d'avantage contrastés. En effets, les concentrations les plus élevées ont été obtenues après traitement avec une solution de Tween 80 (4) pour le (1,3)-β-Dglucanes de l'orge et le Laminaran, et après traitement par autoclavage pour le Schizophyllan. Les résultats obtenus avec les échantillons de bioaérosols prélevés en conditions réelles sont également présentés.

Les résultats montrent l'importance du traitement appliqué aux échantillons de bioaérosols sur les résultats de mesure des (1,3)-β-D-glucanes. Les traitements agiraient sur la solubilité des (1,3)-β-Dglucanes et leur libération par les structures cellulaires. L'étude montre la nécessité de standardiser le traitement des échantillons de bioaérosols avant d'effectuer des mesures d'expositions aux (1,3)- β-D-glucanes. L'étude sera complétée par d'autres essais avec des échantillons de bioaérosols.

EFFICACITE DE COLLECTE DE L'ECHANTILLONNEUR CIP 10-M : INFLUENCE DE LA PRESENCE DE LIQUIDES AQUEUX OU VISQUEUX DANS LA COUPELLE ROTATIVE

X. SIMON*(1), S. BAU(1), A. BOIVIN(1), P. DUQUENNE(1), O. WITSCHGER(1), P. GÖRNER(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

Le CIP 10-M (Compteur Individuel de Polluants Microbiologiques) est un échantillonneur de la fraction conventionnelle inhalable d'aérosols qui fonctionne à un débit de prélèvement de 10 L.min⁻¹. Il collecte les particules dans une coupelle métallique rotative (7000 tours.min⁻¹), préalablement remplie avec environ 2 mL d'un liquide de collecte. Le CIP 10-M est principalement utilisé pour prélever des microorganismes ou des composés microbiens (bactéries, endotoxines, etc.) mais son utilisation s'étend désormais au prélèvement de certains composés chimiques sous forme particulaire (isocyanates par exemple).

Görner et al. (2006) ont déterminé l'efficacité de collecte de la coupelle du CIP 10-M, en utilisant de l'eau ultra-pure stérile apyrogène comme liquide de collecte. Leurs résultats montrent que l'efficacité de collecte est supérieure à 95% dès lors que les particules ont un diamètre aérodynamique supérieur à 2,8 µm. En-deçà, la courbe décrit une sigmoïde qui décroît progressivement et atteint environ 50% et 15% pour des diamètres aérodynamiques de 1,8 µm et 0,8 µm, respectivement. L'inconvénient majeur des liquides de collecte aqueux, habituellement utilisés avec le CIP 10-M, est qu'ils s'évaporent rapidement ; ils offrent donc des durées de prélèvement beaucoup plus courtes que celles généralement recherchées (6 à 8 heures) pour évaluer l'exposition d'un salarié sur l'ensemble de son poste de travail.

Partant du constat qu'une nouvelle version de la coupelle était désormais (exclusivement) commercialisée (modifications de géométries externe et interne) et de l'hypothèse que l'utilisation de liquides visqueux, non évaporant, pourrait permettre d'augmenter les durées de prélèvement et modifier les performances physiques, l'objectif de ce travail a été de caractériser l'efficacité de collecte de cette nouvelle coupelle rotative en présence de liquides aqueux (eau) ou visqueux (huile minérale ViaTrap®).

L'efficacité de collecte se calcule, pour une taille de particule donnée, par comparaison des concentrations numériques mesurées alternativement à l'amont et à l'aval de la coupelle. Par conséquent, ce protocole de mesure nécessite la génération d'aérosols parfaitement stables pendant toute la durée des expérimentations. Des mesures complémentaires ont été réalisées sur trois bancs d'essais distincts. Sur la gamme de diamètres aérodynamiques entre 0,6 µm et 10 µm, les efficacités ont été mesurées dans le même tunnel aéraulique horizontal que les essais réalisés en 2006 (générateur à lit fluidisé, billes de verre, APS TSI 3321) et dans un autre montage expérimental permettant la génération d'aérosols bactériens (générateur bulleur, cellules d'*Escherichia coli*, APS TSI 3321). Un troisième montage expérimental a permis d'effectuer des mesures sur des aérosols monodispersés entre 0,3 et 1 µm (nébuliseur type Laskin, aérosols liquides de DEHS, DMA Grimm Vienna Type et CNC Grimm 5.403).

L'utilisation du liquide visqueux étudié permet bien d'envisager des prélèvements d'une durée de 8 heures sans perte de volume de collecte dans la coupelle du CIP 10-M (environ 3 mL). La cinétique d'évaporation pour un prélèvement dans de l'eau à également été établie ; elle montre une diminution du volume initialement présent dans la coupelle (environ 2,5 mL) d'un facteur 2 et 5 en seulement 1 et 2 heures, respectivement. Après 3 heures, la coupelle est complètement sèche. Quel que soit le liquide étudié, l'efficacité de collecte de la nouvelle coupelle rotative est semblable à celle établie par Görner et al. (2006). Si elle permet d'augmenter la durée de prélèvement, l'utilisation d'un liquide visqueux ne modifie pas les performances de collecte de particules. La réalisation des mesures sur trois bancs d'essais a permis d'obtenir des résultats sur une gamme étendue de diamètres aérodynamiques s'étalant entre 0,3 et 10 µm. Les mesures sur les particules microniques de billes de verre se complètent avec les données obtenues

avec les différents aérosols monodispersés submicroniques de DEHS. L'aérosol d'E. coli a permis quant-à-lui de parfaitement valider les points expérimentaux intermédiaires (entre 0,6 et 4 μm). La courbe expérimentale des efficacités de collecte est désormais établie pour les particules les plus fines, données qui étaient manquantes dans la publication de Görner et al. (2006).

Références

Görner, P., Fabries, J.F., Duquenne, P., Witschger, O., & Wrobel, R. (2006) Bioaerosol sampling by a personal rotating cup sampler CIP 10-M. *Journal of Environmental Monitoring* 8, 43-8.

DUSTINANO: UN PROJET EUROPEEN DE RECHERCHE PRE-NORMATIVE POUR HARMONISER L'ÉVALUATION DE LA « DUSTINESS » DES NANOMATERIAUX EN POUDRE

O. WITSCHGER*(1), D. BROUWER(2), I. TUINMAN(2), K.A JENSEN(3), E. JANKOWSKA(4), D. DAHMAN(5), G. BURDETT(6), D. BARD(6)

(1) Institut National de Recherche et de Sécurité, Laboratoire de Métrologie des Aérosols, CS 60027, 54519 Vandoeuvre Cedex.

(2) TNO Quality of Life, Food & Chemical Risk Analysis, P.O. Box 360, 3700 AJ Zeist, The Netherlands

(3) National Research Centre for the Working Environment (NRCWE), Lersø Parkallé 105, DK-2100 Copenhagen Ø, Denmark

(4) Central Institute for Labour Protection - National Research Institute – CIOP-PIB, Warsaw, Poland

(5) Institut für Gefahrstoff-Forschung, Waldring 97, D44789 Bochum, Germany

(6) Health and Safety Laboratory, Harpur Hill, Buxton SK17 9JN, UK

RESUME

La propension d'une poudre à émettre un aérosol (dénommée dustiness) sous l'effet de stimuli mécaniques fait l'objet d'une attention particulière dans le champ de la santé au travail depuis quelques années, notamment en ce qui concerne les nanomatériaux. Bien que très peu d'études aient porté sur la relation entre la dustiness d'une poudre obtenue via une méthode de laboratoire et un procédé d'émission d'aérosols sur un poste de travail, cet élément est considéré pertinent en matière d'évaluation des risques. A ce titre, il est intégré dans un certain nombre d'outils de prédiction comme par exemple Advanced REACH Tool. Sur le champ des nanomatériaux, le facteur dustiness est également apparu très vite comme pertinent et, par exemple, l'OCDE le considère déjà comme un élément d'évaluation. Ce facteur fait également partie des informations spécifiques qui devraient être intégrées dans les dossiers REACH concernant les nanomatériaux.

Ces dernières années quatre méthodes, différentes dans leur conception, permettant d'apprécier ce facteur ont été développées en Europe ainsi qu'au Japon et aux Etats-Unis :

- deux d'entre elles sont issues de la norme européenne EN15051 ; il s'agit de la méthode dite du « tambour rotatif » et celle dite de « chute continue ».
- deux autres ont été développées plus récemment ; il s'agit de la méthode dite du « vortex shaker » et celle dite du « petit tambour rotatif ».

Toutes ces méthodes ont été déployées dans différents projet de recherche dédiés aux risques liés aux nanomatériaux (ex. Nanodevice, Nanogenotox). Il ressort de ces projets qu'en l'absence d'une approche harmonisée sur la stratégie de mesure et d'analyse des aérosols émis, le format des résultats, il reste difficile à ce jour de pouvoir comparer ces différentes méthodes. Dans ce contexte, un projet de recherche pré-normative a été lancé en Europe ; il vise à 1) développer une approche harmonisée pour l'évaluation de la dustiness des nanomatériaux reposant sur les 4 méthodes ; 2) évaluer la comparabilité et la répétabilité des données pour chacune des méthodes ; 3) évaluer la dustiness d'une sélection de nanomatériaux à l'aide des différentes méthodes et suivant l'approche développée dans ce projet.

Financé par la Commission Européenne au travers d'un mandat (M461) donné au Comité Européen de Normalisation, et piloté par l'INRS, ce projet mobilise différents instituts de recherche référents en santé travail : CIOP (PL), HSL (UK), IGF (D), NRCWE (DK) et TNO (NL).

DEVELOPPEMENT ET QUALIFICATION D'UN SYSTEME D'INHALATION POUR L'EXPOSITION ANIMALE AUX AEROSOLS DE NANOPARTICULES

F. COSNIER, S. BAU, C. BROCHARD, S. GROSSMANN, H. NUNGE, R. PAYET, O. WITSCHGER, L. GATÉ
Institut National de Recherche et de Sécurité, CS 60027, 54519 Vandoeuvre Cedex.

RESUME

En raison de l'utilisation croissante de nanoparticules dans les procédés industriels, le nombre de travailleurs potentiellement exposés augmente alors que les effets toxicologiques de ces composés n'ont pas encore été pleinement évalués. L'inhalation représente la voie principale d'exposition professionnelle aux nanoparticules dans l'air ; les premiers tissus exposés sont par conséquent ceux du système respiratoire. À cet égard, les études de toxicologie expérimentales menées par inhalation chez les animaux semblent être les plus pertinentes pour l'évaluation des risques associés à l'exposition aux aérosols de nanoparticules.

Au sein du pôle de recherches dédié aux nanomatériaux, l'INRS a conçu une installation permettant l'exposition de rongeurs à des aérosols de nanoparticules répondant aux lignes directrices de l'OCDE pour les essais de produits chimiques. Baptisé NanoTIRex (Nanomaterial Toxicology Inhalation system for Rodent Exposure), ce dispositif répond également aux plus hautes exigences en matière de protection des opérateurs face aux risques associés aux nanoparticules et aux agents biologiques. Le schéma retenu consiste en deux périodes d'exposition de 3 heures chacune, répétées 5 jours par semaine pendant 4 semaines consécutives.

L'installation repose sur la production de nanoparticules en suspension dans l'air à partir de poudres au sein d'un générateur à brosse tournante (PALAS RGB 1000) qui sont ensuite transportées vers un ensemble de 6 tours d'exposition, comportant chacune 9 ports, portant la capacité d'exposition du dispositif à environ 50 animaux. En parallèle, la même quantité d'animaux témoins est placée dans des tours similaires où circule de l'air filtré. L'absence de particules est vérifiée en continu grâce à un compteur de noyaux de condensation (TSI CNC 3007). L'ensemble des conditions d'exposition (débits, température, humidité relative, pression relative, etc) est géré et enregistré dans un logiciel dédié. Les aérosols sont mesurés en continu au moyen d'un compteur optique de particules (PALAS FIDAS mobile). Des prélèvements sur impacteur en cascade (SKC SIOUTAS) et sur filtre (membrane PALL PVC GLA 5000 25 mm) en cassette fermée (Millipore) sont réalisés quotidiennement afin de s'assurer de la stabilité dans le temps et de la répétabilité de la distribution granulométrique des aérosols et de leur niveau de concentration.

Les premiers essais réalisés sur un aérosol de chlorure de sodium (NaCl) produit par atomisation (TSI 3076) ont permis de démontrer l'homogénéité des concentrations sur les différentes tours. Une variabilité de l'ordre de 3 % a été observée sur la concentration en nombre mesurée à l'aide d'un CNC.

Les premières campagnes d'intoxication ont porté sur des aérosols de dioxyde de titane (TiO₂) nanométrique ; elles ont pour objectif de déterminer les toxicités pulmonaire et cérébrale du TiO₂ ainsi que sa toxicocinétique. La caractérisation plus approfondie des aérosols a été réalisée au travers de la mesure de la distribution en nombre des particules et de leur état de charge électrique (DEKATI ELPI). Les résultats indiquent que la distribution en nombre est monomodale avec un diamètre médian aérodynamique en nombre de 300 nm. Par ailleurs, les particules sont globalement chargées négativement (charge nette) ; le nombre moyen de charges élémentaires portées par les particules varie entre -0,5 (particules de 150 nm) et -90 (particules d'environ 2 µm).

Sur l'ensemble de la première campagne, les distributions massiques obtenues par gravimétrie sont globalement monomodales, le diamètre médian aérodynamique en masse est de l'ordre de 420 nm ; la concentration massique moyenne est de 10,1 mg.m⁻³. Des prélèvements sur grille de microscopie électronique à transmission (ECOMESURE MPS) ont également permis d'observer la morphologie des particules.

ETUDE EXPERIMENTALE DE LA REPOSE DU PPS PEGASOR A LA NATURE ET AU DIAMETRE DES AGREGATS DE SUIE

J. YON*(1), A. BELLIVIER(2), F.-X. OUF(3), A. BESCOND(1), N. DREUILLE(2), L. DECOSTER(2), A. COPPALLE(1), D. LE DUR(4)

(1) CORIA-UMR 6614- Normandie Université, CNRS-Université et INSA de Rouen, Avenue de l'université, BP 8, 76801 Saint-Etienne du Rouvray, France.

e-mail : yon@coria.fr

(2) Laboratoire Central de la Préfecture de Police, 39bis rue de Dantzig, 75015 PARIS

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

(4) ECOMESURE, 3 rue du grand Cedre 91 640 JANVRY, France

RESUME

Le PPS (Pegasor Particle Sensor) est un appareil robuste permettant le suivi dynamique (en ligne) de la concentration en particules en phase aérosol. Cet appareil de mesure est constitué d'un chargeur à effet couronne qui confère un état de charge aux particules, puis il exploite la mesure du courant induit (mesure d'un courant de fuite par unité de temps) par la circulation de l'aérosol au travers du dispositif. Un étalonnage de cette mesure sur des particules produites par un moteur Diesel a montré une corrélation linéaire entre ce courant induit et la concentration massique de l'aérosol mais aussi avec sa concentration numérique (Ntziachristos et al., 2013). L'atout principal de cet appareil est de permettre un suivi en temps réel de l'émission particulaire sur une gamme de concentration particulièrement élevée, sans avoir recours à des dispositifs de dilution. Il a de plus la capacité de pouvoir fonctionner à très haute température, ce qui lui permet d'être utilisé pour l'étude des fumées d'incendie. La simplicité d'usage de cet appareil et sa robustesse ont séduit le secteur industriel, notamment automobile, et accroît le panel de diagnostics mis à disposition des chercheurs.

Cependant, la corrélation linéaire observée pour les particules de suie Diesel entre la mesure de courant et de la concentration massique est directement liée à l'efficacité de charge des particules et repose donc sur l'hypothèse que cette probabilité est relativement indépendante de la taille des nanoparticules ou encore de leur nature.

L'objectif de la présente étude est de déterminer la dépendance du facteur de calibration du PPS à la taille et à la nature des particules de suie. Pour ce faire, les particules de suie générées par le miniCAST ont été sélectionnées en taille à l'aide d'un DMA (Differential Mobility Analyzer) puis analysées par le PPS. Ceci a permis la détermination d'un nombre de charge par particule, en fonction de leur diamètre de mobilité. Par ailleurs, la masse correspondante des agrégats a pu être déterminée (Ouf et al., 2013) à l'aide d'un CPMA (Centrifugal Particle Mass Analyzer). De cette façon, le nombre de charge par particule a pu être associé à leur masse, mettant en évidence une dépendance du coefficient d'étalonnage du PPS à la taille des particules. Cette analyse a été menée pour différents points de fonctionnement du générateur de suie permettant de faire varier la teneur en composés organique de ces particules entre 4% et plus de 80%. Il apparaît ainsi que, pour les particules de taille inférieure à 300 nm, le coefficient d'étalonnage du PPS est d'autant plus élevée que leur composition en matière organique est importante. On observe, en effet, que les particules fortement organiques ont un coefficient d'étalonnage jusqu'à 4 fois supérieur à celui déterminé pour de la suie plus « sèche » composée de carbone élémentaire, ces dernières présentant un coefficient en accord avec celui recommandé par le constructeur pour des suie d'origine Diesel. Cela se traduit par une potentielle sous-estimation par un facteur 4 de la concentration massique des aérosols organiques. Pour les particules plus grosses, une inversion de ce comportement semble se produire.

Ces résultats sont importants à prendre en compte pour les suies d'incendie, caractérisées par un diamètre médian très variable suivant le combustible (entre 0,056 à 10 μm), une distribution de taille favorisant un grand nombre de petites particules (Butler et al., 2004) et une fraction potentiellement importante de carbone organique.

Références

Butler, K.M., & Mulholland, G.W. (2004). Generation and transport of smoke components. *Fire Technology*, 40, 149-176.

Ntziachristos, L., Amanatidis, S., Samaras, Z., Janka, K., & Tikkanen, J. (2013). Application of the Pegasor Particle Sensor for the Measurement of Mass and Particle Number Emissions. *SAE Int. J. Fuels Lubr.*, 521-531.

Ouf, F.X., Bescond, A., Bourrous, S., Kacem, A., Noirtin, A., Salm, F., Symonds, J., Nickolaus, C., & Yon, J. (2013). Influence de la fraction organique de carbone sur la mesure de la masse volumique effective d'agregats de suie à l'aide d'un CPMA. CFA,23-24/01/13.

ETUDE EN LABORATOIRE DES PERFORMANCES DU DISCMINI POUR DIFFERENTS AEROSOLS MONO- ET POLYDISPERSES DANS UNE GAMME DE 15 A 400 NM

S. BAU*, B. ZIMMERMANN, R. PAYET, O. WITSCHGER

Institut National de Recherche et de Sécurité, Laboratoire de Métrologie des Aérosols, CS 60027, 54519 Vandoeuvre Cedex.

RESUME

En raison de l'utilisation croissante des nanomatériaux dans la recherche et le développement de produits, le nombre de situations d'exposition professionnelle aux aérosols de nanoparticules est également susceptible d'augmenter. Les stratégies de mesurage des expositions récemment publiées indiquent que, en complément à la composition chimique, de nombreux paramètres sont nécessaires pour caractériser l'exposition à des nanomatériaux en suspension dans l'air. Parmi eux, la concentration ainsi que la taille des particules jouent un rôle important car elles fournissent des informations à la fois sur la quantité de nanoparticules inhalées et la région des voies respiratoires où elles vont se déposer et potentiellement interagir.

Des appareils portables basés sur la charge des particules par diffusion et leur mesure électrique ont été développés pour fournir à la fois la concentration de nanoparticules dans l'air ainsi que leur taille moyenne en temps réel (1 seconde). Parmi ceux-ci, le DiSCmini (Matter aerosol; Fierz et al., 2011; Mills et al., 2013) est robuste, léger, fonctionne sur batterie, ne nécessite pas de liquide de travail, ce qui en fait un candidat potentiel pour l'évaluation et le suivi des expositions aux aérosols de nanoparticules. Cette étude a pour but d'étudier les performances du DiSCmini pour différents aérosols de test dans des conditions de laboratoire.

Au sein du DiSCmini, les particules sont préalablement chargées positivement au moyen d'un chargeur par diffusion ; elles sont ensuite collectées, en fonction de leur taille, soit sur un ensemble de grilles de diffusion, soit sur le filtre terminal. Les mesures des courants des étages de diffusion et de filtration permettent de déterminer en temps réel la taille moyenne des particules (20 - 200 nm) et leur concentration en nombre ($10^3 - 10^6 \text{ cm}^{-3}$).

Des essais préliminaires ont été réalisés avec de l'air filtré (HEPA) pour déterminer la variabilité des signaux de électromètre et ainsi en déduire la limite de quantification correspondant. Elle correspond à une concentration de l'ordre de 10^3 cm^{-3} pour des particules de 30 nm, comme mentionné par le constructeur. Un temps de réponse à 95% de 7,3 secondes a par ailleurs été obtenu.

Des nanoaérosols d'essai constitués de différentes substances (C, Ag, CsCl, DEHS) ont été produits en laboratoire au moyen de l'installation CAIMAN (Jacoby et al., 2011). Dans une première étape (mode monodispersé), les particules de diamètre de mobilité électrique de 15 à 400 nm ont été sélectionnées avec un analyseur de mobilité électrique différentielle (DMA - Differential Mobility Analyser, Grimm Vienne Type). La concentration numérique mesurée par le DiSCmini a été comparée aux données de référence provenant d'un compteur de noyaux de condensation (CNC - TSI modèle 3007) ; en parallèle, la taille moyenne du DiSCmini a été comparée à la taille sélectionnée par le DMA. Toutes substances confondues, les écarts relatifs moyens sont - 16% et + 2% pour le diamètre de particules et la concentration en nombre, respectivement. En outre, une légère tendance à sous-estimer la taille des particules pour des diamètres inférieurs à 40 nm peut être remarquée. Aucun effet significatif de la composition des particules ou de la morphologie n'a été noté. Enfin, la corrélation entre le rapport des courants mesurés et le diamètre des particules, sur laquelle est fondé le principe de fonctionnement de l'instrument, a été vérifiée.

L'appareil étudié a ensuite été soumis à des aérosols polydispersés des mêmes substances ayant des diamètres médians en nombre allant de 15 à 300 nm et des écarts types géométriques entre 1,38 et 2,70.

Les concentrations en nombre de particules variaient de $5 \cdot 10^3 \text{ cm}^{-3}$ à 10^6 cm^{-3} . Les résultats suggèrent que le DiSCmini sous-estime le diamètre des particules, ce qui conduit à une surestimation de la concentration en nombre correspondante. Les écarts relatifs entre le diamètre mesuré et le diamètre de référence variaient de - 40% à + 19%, avec une moyenne de - 20%. Au contraire, l'écart relatif moyen entre les concentrations en nombre de particules est de + 55%.

Références

Fierz M., Houle C., Steigmeier P. & Burtscher H. (2011). *Aerosol Sci. Technol.*, 45, 1–10

Jacoby J., Bau S. & Witschger O. (2011). *J. Phys. Conf. Ser.*, 304, 012014.

Mills J.B., Park J.H. & Peters T.M. (2013). *J. Occup. Environ. Hyg.*, 10, 250–258.

SESSION IV : PHYSIQUE DES AEROSOLS
Présidents de séances : J.P. Borra, E. Gehin

CARACTERISATION D'UN NEUTRALISEUR EN POST DECHARGE A BARRIERE DIELECTRIQUE

R. MATHON*, N. JIDENKO ET J. P. BORRA

Équipe Décharges Électriques et Aérosol du Laboratoire de Physique des Gaz et des Plasmas (UMR8578 CNRS – Université Paris-Sud Orsay, F-91405) SUPELEC, Plateau de Moulon, F-91192, Gif-Sur-Yvette, France

RESUME

Pour un grand nombre d'applications, il est nécessaire de contrôler la charge des aérosols (transport, production, coagulation, mesure de distribution en taille par mobilité...). En particulier, le principe du granulomètre le plus fréquemment utilisé, le SMPS (Scanning Mobility Particle Sizer) repose sur la neutralisation de l'aérosol qui conduit à des distributions de charge de forme gaussienne à moyenne proche de zéro. La neutralisation d'un aérosol permet de limiter les pertes lors de la mesure et surtout d'évaluer la concentration par gamme de taille. Cette évaluation est obtenue à partir de la mesure de la distribution de mobilité électrique et de la connaissance des distributions de charge pour chaque taille d'aérosol. En général, la neutralisation s'effectue avec une cartouche radioactive. Cependant, la législation en matière de radioprotection implique des contraintes à l'usage de cette technique.

Différentes solutions de remplacement ont été imaginées afin de produire des ions bipolaires pour la neutralisation (double décharge Corona DC+ et DC -, décharge Corona AC, rayon X, Décharge à Barrière Diélectrique- DBD-). Les dernières solutions de neutraliseur utilisent des DBD [(Kwon, et al., 2005), (Wild, et al., 2007)]. Cependant, l'injection d'aérosol dans la décharge perturbe cette dernière et génère des pertes d'aérosols et l'instabilité du système. Une source d'ions bipolaires basée sur une Décharges à Barrière Diélectrique (DBD) et la charge en post-DBD a été développé (Borra et al. 2012).

Dans l'air, à pression atmosphérique, les décharges à barrière diélectrique se présentent sous la forme de filaments (durée de quelques dizaines de ns, diamètre de quelques dizaines de μm) qui produisent des ions bipolaires. Ces ions sont soufflés par de l'air en post décharge et mélangés avec l'aérosol. L'extraction de ces ions résulte d'un équilibre électro-hydrodynamique (EHD). Une étude préliminaire a démontré que la tension et le débit permettent de contrôler les densités d'ions positifs et négatifs, ainsi que le rapport entre ces densités (Mathon, et al., 2014). Cela a permis de démontrer la faisabilité de principe de la neutralisation en post-DBD sur deux tailles d'aérosols.

L'objectif de cette présentation est de caractériser les capacités de ce chargeur. Notamment en termes de concentration maximale neutralisable selon la taille de l'aérosol entre 10 et 1000 nm pour des débits de 0,3 à 3 lpm. A partir des mesures de distribution de charge obtenues par analyse différentielle de mobilité, deux critères seront utilisés pour étudier les distributions de charge : i) la fraction de particules mono-chargées positivement (N^{+1}) pour évaluer l'écart à l'équilibre quasistationnaire et ii) le rapport entre les fractions d'aérosol possédant une charge +e et une charge -e (N^{+1}/N^{-1} , avec e la charge élémentaire) afin de caractériser la dissymétrie de la distribution de charge. Ces deux critères, évalués dans notre neutraliseur, sont comparés avec ceux obtenus par le neutraliseur Kr TSI 3077 selon les caractéristiques de l'aérosol monodispersé (diamètre, concentration, débit).

Ainsi, nous définirons les gammes de fonctionnement de ce neutraliseur post-DBD, notamment en termes de concentration maximale neutralisable selon la taille de l'aérosol.

Références

Borra J-P , Jidenko N. Brevet Dispositif pour contrôler la charge d'un aérosol en post-décharge sous le N° PCT/FR12/62849 du 27/12/2012 pour la France et le N° PCT/EP2013/077947 du 23/12/2013 pour l'Europe

Kwon, S. B. et al., 2005. Characteristics of aerosol charge distribution by Surface-discharge Microplasma Aerosol Charger (SMAC). *Aerosol science and Technology*, 39(10), pp. 987-1001.

Wild, M., Meyer, J. & Kasper, G., 2007. Evaluation of a Drained DBD Electrode Apparatus for Nano- Particle Charging. EAC Salzburg, s.n.

Mathon, R., jidenko N., Borra, J.P., 2014, Faisabilité d'un neutraliseur d'aérosol par Décharge à Barrière Diélectrique, 29^{ème} CFA 2014 22-23 janvier Paris

MODELISATION DES PHENOMENES DE CHARGE BIPOLAIRE HORS EQUILIBRE DES AEROSOLS ULTRAFINS DANS UN NEUTRALISEUR: AU DELA DU PRODUIT N.T.

J. DE LA VERPILLIERE*(1), J. SWANSON(2), ET A. BOIES(1)

(1) Department of Engineering, University of Cambridge, CB2 1PZ, Cambridge, UK

(2) Twin Cities Engineering, Minnesota State University, MN 55431-4399, Bloomington, USA

RESUME

Dans de nombreuses situations, la mesure de la taille et de la concentration des aérosols dépend de la connaissance de la distribution de charges qu'ils ont acquis de façon naturelle, ou dans un neutraliseur. Comme l'utilisation de matériaux radioactifs est souvent contraignante d'un point de vue pratique dans le laboratoire, des dispositifs de charge alternatifs qui reposent sur des décharges Corona AC ou des rayons X pour l'ionisation du gaz porteur sont maintenant disponibles dans le commerce. Nous avons précédemment montré expérimentalement que les variations dans ces techniques de neutralisation mènent à différentes distributions de charge des aérosols en sortie du neutraliseur, ce qui entraîne des erreurs importantes dans l'utilisation du SMPS (de La Verpilliere et al., 2010). Nos mesures montrent que les différents neutraliseurs étudiés produisent des ions avec différentes mobilités électriques et masses, mais la théorie de charge à l'équilibre de Fuchs ne permet pas d'expliquer la proportion des différences entre les neutraliseurs, même lorsque les bonnes mobilités électriques des ions sont utilisées en entrée du modèle.

Des expériences complémentaires suggèrent que des taux d'ionisation faibles, des concentrations en particules élevées, une faible taille des particules, et un temps de séjour dans le neutraliseur court peuvent entraîner des écarts importants par rapport à la distribution de charge d'équilibre prédite par Fuchs. L'objectif de la présente étude est de quantifier ces déviations et de développer un outil facile à utiliser en pratique pour identifier les situations où la distribution de charges d'équilibre n'est pas atteinte. Nos résultats montrent que dans le cadre de l'étude des aérosols atmosphériques, les neutraliseurs disponibles dans le commerce permettent d'atteindre l'équilibre la plupart du temps, alors que les aérosols typiquement rencontrés dans le cadre des nanotechnologies ou de l'étude des émissions résultant de la combustion nécessitent plus de précautions.

Nous démontrons que la règle du « produit n.t » ne prend pas en compte l'influence de la concentration totale en particule, et doit donc être complétée par un indicateur d'équilibre plus général. Les équations de charge des aérosols dans un environnement bipolaire (Hoppel et Frick, 1990) sont résolues numériquement pour modéliser l'évolution temporelle des fractions de charge des particules dans le neutraliseur. Ces courbes de charges sont calculées en variant quatre paramètres : le taux d'ionisation, le diamètre des particules, la concentration totale en particules, et le temps de séjour dans le neutraliseur. Une étude adimensionnelle des résultats permet d'identifier deux groupes adimensionnés qui contrôlent la situation d'équilibre. L'accord entre ce modèle et les résultats expérimentaux est amélioré en développant un modèle tridimensionnel des phénomènes de charge dans le neutraliseur : les équations de Navier-Stokes et les équations de diffusion des ions et particules sont résolues simultanément en prenant en compte la géométrie du neutraliseur. Une identification facile des situations où l'équilibre n'est pas atteint en sortie du neutraliseur est donc possible, ce qui permet d'éviter d'importantes erreurs lors de l'utilisation du SMPS. Enfin, l'utilisation de ce modèle en trois dimensions donne une compréhension unique des mécanismes de charge des aérosols, qui pourra être mise à profit pour développer la prochaine génération de neutraliseurs dans le futur.

Références :

De La Verpilliere, J. L., Swanson J., Boies, A. M. (2013). European Aerosol Conference, Prague.

Hoppel, W. A., & Frick, G. M. (1990). *Aerosol Science and Technology*, 12, 471-496.

DETERMINATION DES PROPRIETES OPTIQUES DES SUIES GENEREES PAR LE MINICAST PAR ANALYSE DU SPECTRE D'EXTINCTION DE LA LUMIERE

A. BESCOND (1), J. YON (1), F.X. OUF (2), C. ROZE (1), A. COPPALLE (1)

(¹) CORIA-UMR 6614- Normandie Université, CNRS-Université et INSA de Rouen, Campus Universitaire du Madrillet, Saint Etienne du Rouvray, France.

(²) Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN), PSN-RES/SCA/LPMA, BP 68, 91 192 GIF-SURYVETTE

Keywords: soot aggregates, optical properties, extinction, Static light scattering,

RESUME

Les propriétés optiques de la suie sont encore très mal connues. La variabilité des résultats est symptomatique de leur dépendance à la nature du combustible et des conditions de combustion qui affectent leur composition chimique et leur nanostructure. Mais il faut également noter que ces propriétés sont difficiles à déterminer dans la mesure où un grand nombre de propriétés microphysiques sont à prendre en compte, comme par exemple la morphologie de ces particules (Dobbins, et al., 1994). Cependant, la connaissance des propriétés optiques est importante dans beaucoup d'applications. En particulier, la calibration des diagnostics optiques (LII, mesure d'extinction) nécessite la connaissance des propriétés optiques des suies étudiées.

Le miniCAST 5201 est un générateur de suie stable et reproductible qui pourrait devenir la référence pour la calibration des mesures (Giechaskiel, et al., 2010). Cet appareil génère une flamme de diffusion de propane qui est capable de générer des suies avec des propriétés physico-chimiques très différentes à l'aide d'un contrôle actif des débits d'entrée. Dans le cadre du projet MERMOSE, ce générateur est actuellement caractérisé, notamment du point de vue des propriétés optiques des particules générées pour 4 points de fonctionnement produisant des suies morphologiquement et chimiquement différentes.

Les propriétés optiques sont interprétées avec la théorie de Rayleigh-Debye-Gans pour les agrégats fractals (RDG-FA). Le spectre d'extinction $K_{\text{ext}}(\lambda)$ permet alors d'en déduire les fonctions d'absorption (m) et de diffusion (m). Cette méthodologie avait déjà été mise en oeuvre sur des particules issues de la combustion du Diesel (Yon, et al., 2011). La RDG-FA permet l'évaluation des sections efficaces d'absorption et de diffusion si la distribution de taille des agrégats exprimée en rayon de giration, taille des particules primaires $D_{p,\text{geo}}$ et dimension fractale D_f (Köylü, et al., 1995; Brasil, et al., 1999) sont connus. Les images obtenues par Microscope Electronique à transmission (MET) permettent d'obtenir ces deux dernières grandeurs à l'aide d'un algorithme de traitement d'images automatisé récemment mis au point (Bescond, et al., 2014). La distribution de taille en diamètre de mobilité est évaluée par un SMPS et couplée à une mesure de concentration massique TEOM. Ainsi, en couplant la RDG-FA et le modèle de dispersion de Lorentz-Drude, l'inversion des spectres d'extinctions peut être réalisée et les fonctions (m) et (m) peuvent être obtenues conduisant à la mesure de l'indice de réfraction $m(\lambda) = n(\lambda) - i(\lambda)$ des particules étudiées. Les corrections récentes proposées à la théorie de la RDG-FA compte tenu de la prise en compte des effets de multidiffusion ont été intégrées aux calculs (Yon, et al., 2014).

Enfin, on observe que la mesure des spectres d'extinction dans l'UV montre des comportements différents suivant le point de fonctionnement du miniCAST 5201 sélectionné. Ces mesures semblent présenter une signature spectrale liée à la microstructure des nanoparticules (Michel, et al., 1999) et/ou de la présence de HAP sur les particules (Apicella, et al., 2004).

Le projet MERMOSE est financée par la DGAC (Direction Générale de l'Aviation Civile) – voir <http://mermose.onera.fr/>

Références

- Apicella, B., Alfè, M., Barbella, R., Tregrossi, A. and Ciajolo, A. (2004) *Carbon*, 42, 1583-1589.
- Brasil, A.M., Farias, T.L. and Carvalho, M.G. (1999) *Journal of Aerosol Science*, 30, 1379-1389.
- Dobbins, R.A., Mulholland, G.W. and Bryner, N.P. (1994) *Atmospheric Environment*, 28, 889-897.
- Giechaskiel, B., Cresnoverh, M., Jörgl, H. and Bergmann, A. (2010) *Measurement Science and Technology*, 21, 045102.
- Köylü, Ü.Ö., Faeth, G.M., Farias, T.L. and Carvalho, M.G. (1995) *Combustion and Flame*, 100, 621-633.
- Michel, B., Henning, T., Jäger, C. and Kreibitz, U. (1999) *Carbon*, 37, 391-400.
- Yon, J., et al. (2011) *Appl. Phys. B: Lasers Opt.*, 104, 253-271.
- Yon, J., et al. (2014) *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer*, 133, 374-381.
- Bescond A., Yon J., Ouf F.X, Ferry D., Delhaye D., Gaffié D., Coppalle A., Rozé C. (2014). *Sci. Technol* (online publication not available)



ESTIMATION NUMERIQUE ET EXPERIMENTALE DES PROFILS D'EMISSION DE SOURCES DE POUSSIERES

F.CHATA (1, 2)*, E.BELUT (1), F-X.KELLER (1), A.TANIERE (2)

* e-mail address : florent.chata@inrs.fr

⁽¹⁾ Institut national de recherche et de sécurité (INRS), 54500 Vandoeuvre-lès-Nancy, France

⁽²⁾ Laboratoire d'Énergétique et de Mécanique Théorique et Appliquée (LEMETA) – CNRS UMR7563, 54500 Vandoeuvre-lès-Nancy, France

RESUME

Lorsqu'il n'est pas possible d'éviter l'émission d'un aérosol de polluant dans l'atmosphère, la prévention de l'exposition des personnes repose généralement sur le déploiement de dispositifs de protection qui doivent être dimensionnés en adéquation avec la quantité de polluant émise. De même, l'évaluation de l'exposition des personnes s'appuie sur la connaissance du débit de polluant émis. Enfin, l'évaluation de l'efficacité d'un dispositif de captage des polluants nécessite également de connaître le profil d'émission en polluant du procédé. La détermination du « terme source » à l'origine d'une pollution est donc un problème central en prévention, bien qu'elle soit particulièrement délicate à réaliser en pratique.

Nous proposons donc dans cette communication une méthode d'estimation du débit d'une source inconnue d'aérosols variable dans le temps par inversion de signaux de concentration mesurés par un nombre fini de capteurs placés loin de la source. Le procédé inclut deux étapes distinctes. La première phase consiste à déterminer les paramètres du modèle d'inversion en utilisant une source d'aérosols connue et les mesures d'empoussièrement correspondantes. Dans une seconde phase, une source d'aérosols inconnue est reconstruite à partir de l'inversion du modèle et des mesures d'empoussièrement.

Après une présentation de la méthode d'estimation de la source d'aérosols dans le cas d'une émission instationnaire, nous évaluerons son application pour estimer une source de nanoparticules placée sous une sorbonne de laboratoire puis pour estimer le profil d'émission d'une machine à bois portable.

CONNAISSANCE DU CYCLE DE VIE DE NANO-REVETEMENTS PHOTOCATALYTIQUES COMMERCIAUX : EMISSION DE PARTICULES D'AEROSOLS SOUS CONTRAINTES MECANIQUES ET CLIMATIQUES

N. SHANDILYA ^{*(1, 2)}, O. LE BIHAN (1), C. BRESSOT (1), M. MORGENEYER (2)

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

⁽²⁾ Université de Technologie, Compiègne, France

RESUME

De plus en plus de nanorevêtements photocatalytiques sont appliqués sur les surfaces externes de bâtiments en raison de leurs propriétés auto-nettoyantes, anti-bactériennes, etc. En conditions réelles, ces nanorevêtements sont souvent soumis des contraintes mécaniques et climatiques [1]. Ces contraintes entraînent la dégradation progressive de ces nanorevêtements, et par là l'émission de matière contenant des nanomatériaux.

Ces rejets nanostructurés nécessitent d'être pris en compte en raison de leurs effets potentiels sur la santé humaine et l'environnement. Cet enjeu est progressivement pris en compte depuis désormais une décennie. Plusieurs études menées dans le domaine de la toxicologie et de l'écotoxicologie ont ainsi montré que les nanoparticules de dioxyde de titane (TiO₂) peuvent entraîner des effets toxiques.

Les travaux présentés ici portent sur l'aérosolisation de nanoparticules de TiO₂ lors de la mise sous contrainte de nanorevêtements photocatalytiques commerciaux [2, 3].

Dans un premier temps, des produits ont été soumis à de l'abrasion [2]. Ont été pris en compte la nature du produit (deux produits commerciaux), l'influence de la force normale (pression de contact), et le mode d'application du produit (nombre de couches). L'aérosol généré a été caractérisé en termes de distribution en taille, de forme et de composition chimique. Dans un second temps, l'un de ces produits a été soumis à un vieillissement climatique de 1 à 7 mois. Ce vieillissement comprend une exposition aux rayonnements UV ainsi qu'à des variations d'humidité et de température, ceci dans des conditions normalisées [3].

Le premier produit commercial s'est détérioré immédiatement sous l'effet l'abrasion. Le second produit a présenté une bonne tenue à l'abrasion ; les essais ont montré que cette tenue peut être améliorée en augmentant le nombre de couches appliquées. Indépendamment du produit et de la durée du vieillissement climatique, les résultats montrent que l'abrasion mène systématiquement à la production d'un aérosol, unimodal, dont les particules présentent des formes irrégulières. Si l'on considère le devenir de la nanocharge, on constate que l'abrasion d'un revêtement neuf mène à l'émission de particules contenant cette charge (1,5 à 3,5 % en masse de Ti) ; par contre, on n'observe aucune particule libre de nano-TiO₂. Le vieillissement climatique entraîne un enrichissement progressif de l'aérosol en titane pour parvenir à ~52 % à 6 mois ; on assiste ensuite à un basculement, avec l'apparition de nanoparticules libres de TiO₂ dans le cas du vieillissement climatique de 7 mois.

Un schéma de compréhension a été élaboré pour interpréter les tests d'abrasion. Il a été appliqué à l'ensemble des échantillons (neufs et vieillis). Il en est retiré trois indicateurs – la variation d'émission (VE), le niveau (NPE) et la durée de la palier d'émission (DPE) – qui permettront à l'avenir de disposer d'indicateurs de comportement des revêtements, et par conséquent d'orienter les études de conception vers des formulations ayant les meilleures durées de vie, des émissions réduites et un aérosol le moins nanostructuré possible.

Références

[1] Shandilya, N., Le Bihan, O., & Morgeneyer, M. (2014). A review on the study of the generation of (nano) particles aerosols during the mechanical solicitation of materials. *Nanomaterials*. Art. ID. 289108. doi: <http://dx.doi.org/10.1155/2014/289108>

[2] Shandilya, N., Le Bihan, O., Bressot, C. & Morgeneyer, M. (2014). Evaluation of the particle aerosolization from n-TiO₂ photocatalytic nano coatings under abrasion. *Nanomaterials*. Art. ID. 185080. doi: <http://dx.doi.org/10.1155/2014/185080>

[3] Shandilya, N., Le Bihan, O., Bressot, C. & Morgeneyer, M. Emission of Titanium dioxide nanoparticles from building materials to the environment by wear and weather (soumis)

ETUDE EXPERIMENTALE DU MECANISME DE MISE EN SUSPENSION A BASSE PRESSION - APPLICATION AU TOKAMAK ITER

A. RONDEAU*(1), S. PEILLON (1), J.-C. SABROUX (1), F. GENSDARMES (1), J. MERRISON (2) ET E. CHASSEFIERE (3).

(1) Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN), PSN-RES, SCA, Gif-sur-Yvette, 91192, France.

(2) Department of Physics and Astronomy, Institute for Storage Ring Facilities, 8000 Aarhus C, Denmark.

(3) Laboratoire d'Interactions et Dynamique des Environnements de Surface (IDES), Université Paris-Sud 11, bât. 509, 91403 Orsay Cedex, France.

RESUME

Les recherches pour mettre au point et maîtriser la fusion par confinement magnétique se poursuivront dans la future installation ITER (« le chemin », en latin). Dans ce tokamak, un plasma de deutérium et de tritium, atteignant des températures allant jusqu'à 150 millions de kelvin (10 fois celle régnant au cœur du soleil), sera confiné dans une chambre à vide (d'une pression de 10^{-7} Pascal et d'un volume de 1300 mètres cubes) à l'aide de champs magnétiques intenses (13 teslas) qui auront pour fonction d'éviter que ce plasma n'interagisse avec les parois matérielles du tore.

Toutefois, le confinement du plasma n'étant pas parfaitement maîtrisé, l'érosion des matériaux qui font face au plasma entraîne la formation de particules ayant une granulométrie comprise essentiellement entre 0,1 et 30 micromètres ainsi que des morphologies bien distinctes, à savoir sphérique ou floconneuse (Rondeau et al., 2014). Une limite opérationnelle de poussière, au-delà de laquelle le tokamak ne peut plus fonctionner, a été estimée à une tonne. Cependant, il existe une interrogation sur cette limite, en termes de sûreté nucléaire. En effet, dans l'éventualité d'un accident de perte de vide, il est indispensable d'estimer la quantité et la granulométrie des poussières qui seront potentiellement mises en suspension, ceci afin d'évaluer les risques d'explosion (poussière et hydrogène) ainsi que de contamination radioactive (tritium) et chimique (béryllium).

L'un des paramètres prépondérants, dans le mécanisme de mise en suspension, étant la granulométrie des particules, nous avons défini nos expériences de mise en suspension en se basant sur la granulométrie de celles attendues dans ITER. Dans cette conférence, seront présentés nos travaux sur la mise en suspension de particules, à différentes pressions environnantes, de 200 à 1000 millibars dans la veine aéraulique BISE-II, et de 10 à 1000 millibars dans la soufflerie AWTS-II de L'ESA (European Space Agency). Ces expériences ont permis, notamment, d'observer que l'épaisseur du dépôt (multicouche) exerce une forte influence sur la fraction de particules mises en suspension, du fait d'une mobilisation des particules « par paquets » via les forces de cohésion entre les particules. De plus, nous avons remarqué qu'il existe une épaisseur limite, probablement monocouche, très difficile à mobiliser, traduisant ici une forte interaction entre les particules et la surface de dépôt. Par ailleurs, pour montrer l'influence de la pression, nous présentons ici un exemple de trois couples de pression et vitesse pour lesquels la fraction de particules d'alumine (ayant un mode à 12 micromètres) mises en suspension est de 10 pourcents : 300 millibars et 18 mètres par seconde ; 130 millibars et 29 mètres par seconde ; 10 millibars et 59 mètres par seconde. Ces premiers résultats expérimentaux illustrent de façon quantitative qu'il est plus difficile de mobiliser des particules à basse pression. A terme, ces résultats constitueront une base expérimentale permettant de valider le code de calcul DUST de l'IRSN.

Références

Rondeau, A., Sabroux, J.C., Peillon, S., Roynette, A., Gensdarmes, F., Rodhe, V., Grisolia, C., Chassefière, E. (2014). Etude des poussières produites dans les tokamaks et potentiellement mobilisables lors d'un accident de perte de vide. Congrès Français sur les Aérosols.

.....
.....

EXPOSANTS

ECOMESURE

INSTRUMENTATION ET MÉTROLOGIE
DE LA QUALITÉ DE L'AIR
ET DES AÉROSOLS





QUI SOMMES-NOUS ?

Depuis plus de 20 ans, ECOMESURE est reconnu pour son expertise et sa qualité de service dans le domaine de l'instrumentation et de la métrologie de la qualité de l'air et des aérosols.

Nous accompagnons nos clients dans la recherche et la mise en œuvre de solutions adaptées à leur activité, à travers :

- Des produits de prélèvement, de mesure et d'analyse
- Des systèmes intégrés
- Des services à haute valeur ajoutée



DES PRODUITS ET SYSTÈMES INTÉGRÉS INNOVANTS ET PERFORMANTS

Nos équipements, sourcés au niveau international, correspondent aux dernières technologies du marché.



Analyseur et préleveur de gaz, poussières et liquide :

• THERMO : Prélève et mesure les particules volatiles et non volatiles (PM-10, PM-2,5, PM-Coarse)



Granulomètre optique et impacteur :

• DEKATI ELPI+ : Mesure de la taille des particules de 6 nanomètres à 10 micromètres



Compteur de particules :

• Kanomax 3910 : Comptage simultané de 6 tailles de particules (de 0,3 à 10µm)



Générateur d'aérosols, de poudres et de poussières :

• RBG 1000 : Dispersion continue d'une quantité de poudre définie



Nous proposons également des systèmes intégrés développés sous cahier des charges client.



Banc de test de filtre :

• Développement de moyens d'essais pour des études de filtration et de confinement

DES SOLUTIONS CLÉS EN MAIN

Afin d'anticiper les besoins et d'accompagner au mieux nos clients tout au long du processus de mesure, notre entreprise, certifiée ISO 9001, propose un large panel de prestations de service :

- Conseil technologique
- Assistance réglementaire
- Installation
- Formation
- Maintenance
- Etalonnage des produits
- Location



QUELLES SONT LES APPLICATIONS ?



LA FORCE DE NOTRE ENTREPRISE

- ⊕ Apporter des solutions complètes et innovantes
- ⊕ Être à l'écoute de nos clients et mettre en place un suivi de proximité
- ⊕ Fournir des prestations au service de l'environnement, de l'hygiène industrielle et de la sécurité des individus



UNE PRÉSENCE SUR DIFFÉRENTS SECTEURS D'ACTIVITÉ

- 🏢 ASSOCIATIONS Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA)
- 🏭 INDUSTRIELS pharmacie, chimie, environnement, énergie, automobile, électronique
- 🏠 COLLECTIVITÉS LOCALES ET SERVICES PUBLICS universités, mairies, police, transports
- 🔍 LABORATOIRES et centres de recherche
- 👁️ PRESTATAIRES SPÉCIALISÉS dans le contrôle de la qualité et la sécurité



 **ILS NOUS FONT CONFIANCE**

Nos clients




























Nos partenaires technologiques






Associations











www.ecomesure.com



ECOMESURE

3 RUE DU GRAND CÈDRE 91 640 JANVRY - FRANCE | +33 (0)1 64 90 55 55 | info@ecomesure.com | www.ecomesure.com



UNDERSTANDING, ACCELERATED

DES SOLUTIONS DE MESURES POUR DES APPLICATIONS SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELLES

LEADER MONDIAL DEPUIS PLUS DE 50 ANS

La mission de TSI Incorporated est de rechercher, d'identifier et de résoudre les problèmes de mesure au niveau mondial. Leader dans la conception et la fabrication d'instruments de précision, TSI s'associe à des instituts de recherche et clients partout dans le monde pour définir des normes de mesures dans les domaines suivants : aérosols, débit d'air, hygiène et santé, qualité d'air intérieur, dynamique des fluides et détection des dangers biologiques.

Avec un siège social aux États-Unis et des filiales en Europe et en Asie, TSI a établi une présence mondiale et emploie plus de 500 experts du secteur possédant de larges compétences en matière de recherche et développement. TSI fabrique des instruments dédiés à faire avancer la recherche.

- **Instruments de mesure des particules** – TSI fabrique des instruments de test pour filtres et des instruments de mesure des aérosols utilisés par les instituts de recherche du monde entier.
- **Hygiène et sécurité** – Des professionnels de nombreux secteurs font confiance à TSI et utilisent ses testeurs d'ajustement de masque respiratoire et ses instruments de précision de surveillance de l'exposition en temps réel.
- **Mécanique des fluides** – Les instruments de TSI sont largement utilisés dans la mécanique des fluides pour mesurer la vitesse d'écoulement, les turbulences et toutes les propriétés associées en un point précis ou sur une région plane dans une multitude d'environnements (allant des environnements les plus simples aux plus complexes ou aux plus hostiles). Ils mesurent aussi les dimensions des particules, la vitesse, le nombre volumique et le flux volumique des particules sphériques, les gouttelettes et les bulles dans ces mêmes environnements.
- **Instruments de mesure d'écoulement** – Réputés pour leur fiabilité et leur précision, les débitmètres et les capteurs intégrés de TSI sont la référence par excellence pour mesurer les débits de gaz dans les applications médicales et de laboratoires.
- **Énergie et confort** – Les instruments de test de ventilation et les systèmes de contrôle de la qualité de l'air intérieur de TSI sont connus au sein de la communauté des fabricants de CVC pour leur précision et leur fiabilité hors pair.
- **Environnements critiques** – Les systèmes de contrôle de la pression pour hôpitaux et laboratoires de TSI sont conçus pour mesurer les paramètres clés de sécurité et maintenir des conditions environnementales optimales dans vos espaces clés.
- **Contrôle de la contamination** – TSI propose une gamme complète d'instruments avancés pour la surveillance des aérosols, dont les compteurs de particules portables, mobiles et à distance, avec des systèmes de surveillance de site et des centres de service dans le monde entier.
- **Analyse chimique** – TSI propose des instruments permettant d'analyser la masse moléculaire des biomolécules et la composition chimique des particules. Leurs applications vont de la protéomique à la virologie, des études d'administration des médicaments à la détection chimique/biologique, des recherches sur les aérosols atmosphériques à l'analyse des gaz d'échappement des moteurs.
- **Défense contre les menaces CBRN** – TSI est reconnu dans le monde entier par les organisations civiles et militaires comme le leader pour la fourniture de systèmes de bio-détection en temps réel et de systèmes de test d'intégrité des masques respiratoires.

TSI FRANCE

Hôtel Technologique

Technopôle de Château Gombert

13 382 Marseille

Tél : 33(0) 4 91 11 87 64

www.tsi.com



UNDERSTANDING, ACCELERATED

NOUVEAUTES PRODUITS TSI

GENERATEUR D'AEROSOL D'ELECTRONEBULISATION 3482

LES DETAILS DU PRODUIT

Le générateur d'aérosol d'électro-nébulisation (EAG - Electro Spray Aerosol Generator), modèle 3482, génère des concentrations élevées mono-dispersées submicroniques entre 2 et 100 nm (diamètre initial des gouttelettes de 150 nm, nominal). L'électro-nébulisation pousse une solution liquide ou une suspension, toutes les deux mises à la terre, dans un tube capillaire à travers un champ électrique. Le champ électrique soutire le liquide du tube capillaire, créant un cône de Taylor et formant des gouttelettes individuelles. L'air et le CO₂ se mélangent avec les gouttelettes afin que le contenu liquide s'évapore. Durant le processus de séchage, les particules sont neutralisées avec un neutralisateur à rayons X.

CARACTERISTIQUES ET AVANTAGES

- Génération de particules de 2 à 100 nm de diamètre
- Taille et forme uniformes des particules générées
- Ionisation par rayons X
- Panneau avant à écran tactile multifonction incluant :
 - Vue en direct de la pointe capillaire et du cône de Taylor
 - Contrôle et lecture à l'écran du débit d'air et de CO₂, de la tension, du courant et de l'état du neutralisateur
- Capacité d'intégration avec divers systèmes d'échantillonnage, notamment des pompes à seringue et des échantillonneurs automatiques
- Communication Ethernet

APPLICATIONS

- Étalonnage d'instrument
- Études de nano-aérosols
- Analyses d'aérosols macromoléculaires et submicroniques
- Dispersion de poudre nanométrique
- Études biomoléculaires
- Production de nanoparticules

TSI FRANCE

Hôtel Technologique
Technopôle de Château Gombert
13 382 Marseille
Tél : 33(0) 4 91 11 87 64
www.tsi.com



UNDERSTANDING, ACCELERATED

NOUVEAUTES PRODUIT TSI

SPECTROMETRE DE MOBILITE ELECTRIQUE SMPS 3938

LES DETAILS DU PRODUIT

Le spectromètre SMPS™ (Scanning Mobility Particle Sizer™) de TSI est couramment utilisé comme méthode standard pour mesurer les distributions granulométriques des particules dans l'air. Ce système est également utilisé au quotidien pour réaliser des mesures précises de la granulométrie des nanoparticules suspendues dans des liquides. L'Institut National des Normes et de la Technologie (NIST) utilise un DMA de TSI pour déterminer la taille des matières de référence standard de 60 nm et 100 nm. Le spectromètre SMPS est basé sur une technique qui consiste à mesurer directement les concentrations numériques sans aucune hypothèse sur la forme de la distribution granulométrique des particules. La méthode est indépendante de l'indice de réfraction de la particule ou du fluide, et bénéficie d'un haut niveau de précision de granulométrie et de répétabilité des mesures. Le modèle 3938 de TSI est la troisième génération de SMPS, très apprécié des chercheurs depuis plus de 30 ans.

CARACTERISTIQUES ET AVANTAGES

- Données haute résolution : jusqu'à 167 canaux
- Vaste plage de tailles : de 2,5 nm à 1 000 nm
- Conforme à ISO 15900:2009
- Mesures rapides : analyses <10 secondes
- Large plage de concentration jusqu'à 10⁷ particules/cm³
- Composants conçus pour une flexibilité maximale
- Écran de commande tactile sans ordinateur
- Installation facile sans outils et détection automatique des composants
- Mesure discrète des particules : fonctionne parfaitement pour les échantillons multimodaux
- Indépendant des propriétés optiques des particules et des fluides
- Vaste palette d'options de système : choix de CPC à l'eau ou de CPC butanol ; choix de neutralisateur traditionnel ou non-radioactif

APPLICATIONS

- Recherche en nanotechnologie et synthèse des matériaux
- Études atmosphériques et contrôle environnemental
- Études sur la combustion et les gaz d'échappement
- Mesure de la qualité de l'air intérieur
- Études sur la nucléation/condensation
- Études sur l'inhalation des produits toxiques

TSI FRANCE

Hôtel Technologique
Technopôle de Château Gombert
13 382 Marseille
Tél : 33(0) 4 91 11 87 64
www.tsi.com

Intertek

Instrumentation pour la mesure instantannée des poussières



Compteurs de poussières en mesure instantannée

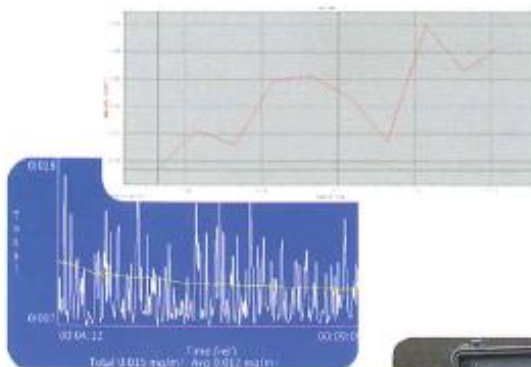
La norme XPX 43-299 révolutionne les méthodes d'analyse des poussières en **Hygiène Industrielle**, en reconnaissant les principes optiques pour l'étude de l'exposition des personnes au poste de travail.

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

Instrumentation 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



METROLOGIE DES AEROSOLS

ADDAIR vous propose une large gamme de produits pour la mesure et la génération d'aérosols :

pegasor

- Analyseur haute dynamique de particules à l'émission en temps réel
- PEMS/CEMS particules pour émissions Automobile et émissions en cheminées



- Compteurs/granulomètre optique
- SMPS / CPC universel : 0,005 – 10 μm
- Générateurs d'aérosols
- Systèmes de dilutions aérosols
- Bancs de test de filtres



ADDAIR – 8, route de Chevreuse – 78117 Châteaufort – France
www.addair.fr - +33 (0)9 86 22 20 30 – contact@addair.fr

ADDAIR SAS au capital de 10 000 € - RCS Versailles 807 494 638 00016 – APE 4618Z – TVA FR 09807494638



- Compteur/granulomètre ELPI+
0,006-10 µm et jusqu'à 100 canaux
- Impacteurs large gamme 3 à 15 étages
- Systèmes de dilution à chaud
- Conditionnement de l'aérosol



- Générateur de suies par combustion
Propane – granulométrie ajustable
de 10 à 200 nm
- Générateur de suies par combustion
Carburant (Diesel-Kerosene)
- Générateur de suies Hi-Mass haute
Concentration (20 g/h)



- Bio-Impacteur et Impacteur inerte 2, 6 et
8 étages
- Impacteur haut débit – cabine de prélèvement
Haut débit



ADDAIR – 8, route de Chevreuse – 78117 Châteaufort – France
www.addair.fr - +33 (0)9 86 22 20 30 – contact@addair.fr

ADDAIR SAS au capital de 10 000 € - RCS Versailles 807 494 638 00016 – APE 4618Z – TVA FR 09807494638

.....
.....