

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

FIAP Jean Monnet
30 rue Cabanis
75014 PARIS

29^{ème} Congrès Français sur les Aérosols



Résumés

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

Le Président

Notre 29^{ème} Congrès Annuel (CFA 2014) se tient donc, en ce début d'année, pour la quatrième fois, au FIAP Jean Monnet à Paris, les 22 et 23 janvier 2014. 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 2014 réunit de l'ordre de 100 participants qui vont assister à **30** communications. Ce chiffre est nettement en régression par rapport aux 44 communications de l'année 2013 qui représentait un « record ». Il est sans doute prématuré d'analyser finement cette évolution. Néanmoins, si cela se confirmait en 2015, il conviendrait de mieux comprendre cette tendance.

Comme d'habitude, nous avons deux conférences plénières. La première, présentée par le **Dr. Sandrine Chazelet**, Ingénieur-chercheur à l'INRS de Nancy, nous livrera un éclairage relatif à la protection respiratoire des personnes soumises à une exposition particulières d'ordre professionnel. La seconde, présentée par le **Dr. Pierre Cortes**, chercheur au sein de l'installation de recherche ITER de Cadarache, nous donnera l'occasion de nous familiariser avec la fusion nucléaire au sein de cette installation et les enjeux de sûreté qui y sont associés.

Cette année, le nombre de communications retenues étant de 30 nous avons pu nous limiter à des présentations orales. Les thèmes choisis sont dans la tradition des CFA précédents, nous y retrouvons cinq grandes sessions :

- Filtration,
- Métrologie,
- Physique et caractérisation des sources,
- Caractérisation des suies,
- Aérosols et environnement.

La session « caractérisation des suies » a fait son apparition cette année dans la mesure où nous avons reçu suffisamment de propositions sur ce thème qui suscite beaucoup d'attention parmi nos collègues, tant au plan national qu'au plan international.

Cette année, le comité scientifique du CFA 2014 a décidé de ne pas attribuer le prix Jean Bricard. Je vous rappelle, toutefois, que ce prix récompense un(e) jeune chercheur(se) pour une contribution importante et originale dans le domaine de la science des aérosols. J'encourage donc nos doctorants à ne pas se décourager et à présenter leur candidature l'année prochaine.

Du 1 au 6 septembre 2013, s'est tenue à Prague, République Tchèque, l'European Aerosol Conference 2013 qui a réuni près de **1000 participants**, dont 54 français. Durant cette conférence, le Pr. Evelyne Géhin et moi-même avons représenté l'ASFERA au bureau directeur de l'European Aerosol Assembly (EAA).

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

- IAC2014 (31 août-5 sept) à Busan Corée du sud ;
- EAC2015 (6-11 sept) à Milan ;
- **EAC2016 (4-9 sept) à Tours ;**
- EAC2017 (27 août-1 sept) organisé par le GAeF à Zurich,
- IAC2018 (2-7 sept) à St Louis, Missouri, Etats-Unis,
- *EAC2019 (2-6 sept) organisé par la NOSA à Göteborg (pré-candidature à confirmer).*

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

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

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

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

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

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

Pour conclure, je vous donne rendez vous à tous en 2015 pour notre 30^{ème} congrès.



Dr. Denis Boulaud
Président de l'ASFERA



COMITE SCIENTIFIQUE DU CFA 2014

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

Le Président

Docteur Denis BOULAUD, Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire

La Vice Présidente

Professeur Evelyne GEHIN, Université Paris EST, Créteil

Le Secrétaire Général

Docteur Guillaume DA, Université Paris EST, Créteil

Les membres

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

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

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

Docteur Sophie MAZOUÉ, Régie Autonome des Transports Parisiens

Professeur André RENOUX (*Président d'Honneur*)

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

Professeur Dominique THOMAS, LSGC, Université Nancy 1

Professeur George TYMEN, Université de Bretagne Occidentale

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

COMITE LOCAL D'ORGANISATION DU CFA 2014

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

29^{EME} CONGRES FRANÇAIS SUR LES AEROSOLS
CFA 2014
22 et 23 Janvier 2014

FIAP Jean Monnet, 30 rue Cabanis 75014 PARIS

PROGRAMME

Mercredi 22 janvier 2014

- 9h00 – 9h10** Introduction par le **Dr D. BOULAUD**, Président de l'ASFERA
- 9h10 – 9h50** **CONFÉRENCE PLÉNIÈRE: Adapter la protection respiratoire à l'homme et à son exposition.** p15
 S.Chazelet

FILTRATION

PRESIDENTS DE SEANCES : D. BEMER, L. LE COQ

- 9h50 – 10h10** **Performances de filtration d'une mini centrale de traitement d'air au cours du colmatage par des aérosols inorganique, organique et microbiens** p19
 L. Gonzalez, A. Joubert, Y. Andrés, N. Berthelot, X. Chaucherie, M. Liard, C. Renner, L. Le Coq
- 10h10 – 10h30** **Filtration d'un aérosol concentré de particules ultrafines métalliques par lit granulaire** p21
 D. Bémer, Y. Morele, C. Drescher, A. Charvet, D. Thomas
- 10h30 – 10h50** **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** p23
 A. Joubert, D. T. Tran, O. Le Bihan, D. Venditti, S. Durécu, T. Meunier, E. Fiani, L. Le Coq

10H50 – 11H20 PAUSE – CAFE - EXPOSITION

- 11h20 – 11h40** **Simulation numérique de l'abattage humide des particules ultrafines** p25
 E. Belut
- 11h40 – 12h00** **Filtration d'aérosols semi-volatils: de l'expérimentation à la normalisation** p27
 B. Sutter

12H00 – 13H50 DEJEUNER

13H10 – 13H50 ASSEMBLEE GENERALE DE L'ASFERA

METROLOGIE

PRESIDENTS DE SEANCES : C. MOTZKUS, S. BAU

- 13h50 – 14h10** **Travaux prénormatifs sur la caractérisation des nanoparticules dans l'air : intercomparaison de techniques de mesure on-line et off-line** p31
 C. Motzkus, F. Gaie-Levrel, T. Macé, S. Vaslin-Reimann, A. Delvallee, S. Ducourtieux, N. Michielsen, S. Bondiguel, F. Gensdarmes, P. Ausset, M. Maillé

- 14h10 – 14h30** **Caractérisation de particules nanostructurées générées par décharge capacitive** p33
A. Charvet, S. Bau, N.E. Paez-Coy, D. Bémer, D. Thomas
- 14h30 – 14h50** **Etude expérimentale et numérique de l'hydrodynamique de nanoparticules au sein d'un dispositif de type APM (Aerosol Particle Mass Analyzer)** p35
N. Bardin-Monnier, A. Charvet, N.E. Paez-Coy, D. Thomas
- 14h50 – 15h10** **Mesure rapide de la distribution en taille avec un SMPS en utilisant un nouveau classificateur** p37
T. Tritscher, J. Farnsworth, E. Filimundi, S. Elzey, H.-G. Horn, O.F. Bischof

15H10 – 15H40 PAUSE – CAFE - EXPOSITION

METROLOGIE

PRESIDENTS DE SEANCES : C. MOTZKUS, S. BAU

- 15h40 – 16h00** **Faisabilité d'un neutraliseur d'aérosol par décharge à barrière diélectrique** p39
R. Mathon, N. Jidenko, J. P. Borra
- 16h00 – 16h20** **Charge par diffusion : source d'ions unipolaires en configuration pointe-trou et fil-fente** p41
A Bouarouri, N. Jidenko, D. Maro, F. Gensdarmes, D. Boulaud, J.-P. Borra
- 16h20 – 16h40** **Le concept LOAC et l'étude de l'atmosphère terrestre** p43
J. B. Renard
- 16h40 – 17h00** **Mesure de la température de particules incandescentes générées lors d'opérations de découpe par une disqueuse** p45
P. Marchal, E. Porcheron, L. Lafanechere, G. Grehan

17H00 COCKTAIL

Jeudi 23 janvier 2014

- 9h10 – 9h50** **CONFÉRENCE PLÉNIÈRE: Maitrise de la sûreté dans l'installation de recherche ITER.** p49
P. Cortes

PHYSIQUE ET CARACTERISATION DES SOURCES

PRESIDENTS DE SEANCES : G. GREHAN, N. JIDENKO

- 9h50 – 10h10** **Etude des poussières produites dans les tokamaks et potentiellement mobilisables lors d'un accident de perte de vide** p53
A. Rondeau, S. Peillon, A. Roynette, J.-C. Sabroux, F. Gensdarmes, V. Rodhe, C. Grisolia, E. Chassefière
- 10h10 – 10h30** **Modélisation de la mise en suspension de particules déposées sur une surface de PMMA subissant une dégradation thermique** p55
S. Delcour, F.X. Ouf, N. Azema, J.M. Lopez-Cuesta, L. Ferry
- 10h30 – 10h50** **Caractérisation des émissions d'aérosols produits lors d'opérations de démantèlement par découpe laser sous eau** p57
S. Peillon, S. Fauvel, C.Chagnot, F.Gensdarmes

10H50 – 11H20 PAUSE – CAFE - EXPOSITION

- 11h20 – 11h40** **Vieillessement des aérosols d'oxyde de sodium : étude théorique et expérimentale** p59
E. Mathé, M.P. Kissane, D. Petitprez

- 11h40 – 12h00** **Evaluation d'un modèle d'agrégation, de transport et de dépôt de particules faiblement inertielles dans une enceinte ventilée** p61
R. Guichard, A. Tanière, E. Belut et N. Rimbart
- 12h00 – 12h20** **Aérosolisation de particules d'usure** p63
N. Shandilya, O. Le Bihan, M. Morgeneyer

12H20 – 13H50 DEJEUNER

CARACTERISATION DES SUIES
PRESIDENTS DE SEANCES : J. YON, D. DELHAYE

- 13h50 – 14h10** **Mesure de la vitesse de thermophorèse d'agrégats de suies: dimensionnement d'un dispositif de dépôt tri-therme** p67
L. Ait Ali Yahia, E. Gehin, B. Sagot
- 14h10 – 14h30** **Projet CAHAPS: Caractérisation en ligne de l'Adsorption d'Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques par les suies** p69
J. Yon, G. Saidani, P. Rousseau
- 14h30 – 14h50** **Réactivité, propriétés hydrophiles et optiques de suies prélevées dans des flammes** p71
S. Grimonprez, P. Desgroux, A. Faccinetto, D. Petitprez
- 14h50 – 15h10** **Analyse automatisée des images de particules de suie obtenues au microscope électronique en transmission : Application à la détermination de la taille des particules primaires.** p73
A. Bescond, J. Yon, C. Rozé, F.X. Ouf
- 15h10 – 15h30** **Projet MERMOSE : Caractérisation des émissions particulières en sortie d'un moteur aéronautique civil; de la morphologie à la composition chimique** p75
D. Delhaye, F.-X. Ouf, D. Ferry, D. Gaffie, O. Penanhoat, S. Peillon, X. Vancassel, T. Cottard, P. Desgroux, C. Focsa, N. Harivel, B. Perez, E. Quinton, J. Yon

15H30 – 15H50 PAUSE – CAFE - EXPOSITION

AEROSOLS ET ENVIRONNEMENT
PRESIDENTS DE SEANCES : D. MARO, O. RAMALHO

- 15h50 – 16h10** **Dépôts par temps sec et temps de pluie de l'aérosol atmosphérique sur un bassin versant urbain** p79
P. Laguionie, D. Maro, P. Rounsard, S. Percot, L. Solier, V. Ruban, M. Rozet, D. Hébert, O. Connan
- 16h10 – 16h30** **Exploration statistique de la variabilité temporelle des particules dans un environnement intérieur de type bureau** p81
R. Ouaret, A. Ionescu, O. Ramalho, V. Petrehus, Y. Candau
- 16h30 – 16h50** **Développement et évaluation d'un modèle d'aérosols résolu en taille et en composition chimique pour une meilleure représentation de la pollution particulaire à l'échelle urbaine avec le modèle de Chimie Transport CHIMERE.** p83
E. Debry, Florian Couvidat et B. Bessagnet et L. Rouïl
- 16h50 – 17h10** **Nano-data** p85
C. Bressot, N. Shandilya, O. Le Bihan, M. Morgeneyer C. Pagnoux, P. Hornych

17H10 CONCLUSION DES JOURNEES PAR LE DR. D. BOULAUD, PRESIDENT DE L'ASFERA

CONFERENCE PLENIERE :
Dr Sandrine Chazelet

ADAPTER LA PROTECTION RESPIRATOIRE A L'HOMME ET A SON EXPOSITION

S. CHAZELET

Institut National de Recherche et de Sécurité, Département Ingénierie des Procédés, laboratoire Procédés d'Épuration, 1 rue du Morvan, CS 60027, 54519 Vandoeuvre les Nancy

RESUME

Les principes généraux de prévention rappellent que L'employeur doit donner la priorité aux mesures de protection collective et que l'utilisation des équipements de protection individuelle (EPI) intervient uniquement en complément des protections collectives si elles se révèlent insuffisantes. Le recours aux EPI est cependant très répandu. Nous aborderons ici la question de la protection individuelle respiratoire des opérateurs en situation de travail. Le choix d'un Appareil de Protection Respiratoire (APR) adapté à une situation d'exposition donnée est rendu complexe par la variabilité des postes de travail, des opérateurs et des caractéristiques physiques et toxiques des aérosols considérés (Hery, 1993 ; Janssen, 2010 ; Nelson, 2001 ; Myers, 1984).

Dans un premier temps il sera présenté la nécessité de développer des méthodes communes à l'échelle européenne de détermination des performances des APR en situation réelle de travail (NF EN 529, 2006). La connaissance du niveau réel de protection des opérateurs permet de mettre en avant les limites des tests de qualification des APR en laboratoire et la grande variabilité de cette protection en fonction des paramètres morphologiques et physiologiques de l'opérateur portant le masque. Ce constat milite pour la mise en place de programmes de protection respiratoire dans les entreprises incluant en particulier des tests d'ajustement de masques respiratoires permettant de sélectionner l'APR le mieux adapté à l'opérateur (Han, 2002, Zhuang, 2003).

Dans un second temps la problématique de l'exposition à des particules ultrafines sera traitée. Comment décliner une démarche de prévention pour le choix d'APR lorsque la toxicité de l'aérosol n'est pas connue ? L'objectif sur ce point est d'avancer en parallèle avec les études en toxicologie des nanoparticules pour pouvoir proposer des solutions de protection individuelle adaptées. Les premiers résultats en laboratoire de performances des APR vis-à-vis des nanoparticules ne présentent pas de dégradation de celle-ci sur la plage nanométrique, sans pour autant garantir qu'elle soit suffisante (Brochot, 2012). Deux séries d'essais sur des opérations réelles de métallisation montrent que, dans le cas d'une exposition très forte, les niveaux de concentration atteints à l'intérieur de l'APR peuvent avoisiner les limites d'exposition recommandées par certains instituts de recherche, sans qu'elles soient détectables par les méthodes traditionnelles d'évaluation de l'exposition au poste de travail.

Références

Brochot C., Michielsen N., Chazelet S., Thomas D.(2012). Measurement of Protection Factor of Respiratory Protective Devices Toward Nanoparticles. *Annals of Occupational Hygiene*, 56, 5, 595-605.

Han D. (2002). Correlations between workplace protection factors and fit factors for filtering facepieces in the welding workplace, *Industrial health*, 40, 328-334.

INRS, ED 6106 (2011). Les appareils de protection respiratoire – choix et utilisation.

Janssen L., Mc Cullough N.(2010). Elastomeric, Half-facepiece, Air-Purifying respirator performance in a lead battery plant, *Jour. of Occup. And Envir. Hyg.*, 7, 46-53.

Myers W., Peach M., Cutright K., Iskander W.(1984). Workplace protection factor measurements on powered air-purifying respirators at a secondary lead smelter: results and discussion, *Am. Indus. Hyg. Assoc. J.*, 45 (10), 681-688.

Nelson T., Wheeler T., Mustard T.(2001). Workplace protection factors - supplied air hood, *Am. Indus.Hyg. Assoc. J.*, 62, 96-100.

Zhuang Z., Coffey C., Jensen P., Campbell D., Lawrence R., Myers W.(2003). Correlation between quantitative fit factors and workplace protection factors measured in actual workplace environments at a steel foundry, Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 64, 730-738.

SESSION I : FILTRATION

Présidents de séances : D. Bemer, L. Le Coq

PERFORMANCES DE FILTRATION D'UNE MINI CENTRALE DE TRAITEMENT D'AIR AU COURS DU COLMATAGE PAR DES AÉROSOLS INORGANIQUE, ORGANIQUE ET MICROBIENS

L. GONZALEZ *(1) (2), A. JOUBERT (2), Y. ANDRES (2), N. BERTHELOT (1), X. CHAUCHERIE (1), M. LIARD (1), C. RENNER (1), L. LE COQ (2)

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

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

RESUME

Les Centrales de Traitement d'Air (CTA) ont pour objectif le contrôle de la qualité de l'air dans les milieux clos et de satisfaire les conditions de confort (humidité relative HR, température T) et de santé des occupants des bâtiments. La filtration de particules est une étape importante dans la CTA dont les performances dépendent en particulier des conditions suivantes : type de particules en suspension à éliminer, humidité et température de l'air ; et de plusieurs facteurs tels que : la géométrie, la composition des filtres et la stratégie de gestion de la CTA (périodes d'arrêt ou marche réduite, nombre d'étages de filtration, fréquence de changement des filtres, etc.). La concentration moyenne massique des aérosols atmosphériques urbains collectés par les filtres de CTA peut atteindre 70 microgrammes par mètre cube d'air et ils présentent une composition chimique assez variable dont la fraction organique peut s'élever jusqu'à 70 pour cent en masse (Zhang et al., 2007). Concernant la taille des particules, la distribution granulométrique en nombre présente le plus souvent un diamètre médian inférieur à 10 micromètres. Plusieurs études de la littérature portant sur la caractérisation de la fraction microbienne dans ces aérosols, montrent une variabilité assez importante de la communauté microbienne qui dépend des variations climatiques, à savoir, l'humidité relative, la température, la pluie, le rayonnement solaire, etc. (Jones & Harrison, 2004).

Ces travaux ont pour objectif de contribuer à la compréhension des performances de filtration au cours du colmatage avec différents types de particules inertes et microbiennes, ce qui représente un défi au moment d'assurer une qualité d'air optimale à l'intérieur des bâtiments. Dans ce contexte, un pilote modulable, constitué des différents éléments d'une mini CTA, a été développé et permet l'étude du colmatage de filtres prototypes de différentes géométries (plans-plissés et poches) et de différentes efficacités (G4, F7 et F9 selon classification de la norme européenne EN779) en conditions maîtrisées (HR, T) et à des vitesses de filtration caractéristiques de celles trouvées dans les centrales « full scale » (0,1-0,8 m/s). Cette mini CTA, constituée de deux étages de filtration, a été validée en termes de comportement aéraulique et de contrôle des conditions climatiques (HR, T) (Gonzalez et al., 2013).

Les filtres prototypes sont colmatés de façon séquentielle par des particules inorganiques d'alumine, des particules organiques de riz micronisé et par une suspension de spores de bactéries *Bacillus subtilis* et de fungi *Aspergillus niger*. La distribution granulométrique des particules inertes générées a été caractérisée avec un compteur optique Palas Welas et présente des diamètres médians en nombre respectivement de 0,3 micromètre et 1,0 micromètre pour l'alumine et le riz. Deux combinaisons de filtres ont été étudiées pour le premier et le second étage : G4 plan-plissé / F7 à poches et F7 à poches / F9 à poches. Les particules sont générées en amont du premier filtre jusqu'à un niveau de colmatage de ce premier étage correspondant à 50 pour cent de la perte de charge maximale conseillée par le fabricant, ceci afin d'étudier les performances des filtres à demi-vie. La concentration des particules et des microorganismes cultivables en amont et en aval de chaque filtre est suivie respectivement par un compteur optique Palas Welas et par prélèvement Biosampler et analyse UFC (Unité Formant Colonie) par la suite.

Ce pilote de filtration, a été développé dans le cadre d'un projet de recherche du laboratoire GEPEA – Ecole des Mines de Nantes, en collaboration avec Veolia Environnement Recherche et Innovation.

References

Gonzalez, L., Gouriou, Y., Joubert, A., Andrés, Y., Delahaye, C., Berthelot, N., et al. (2013). Conception et validation d'un pilote de filtration -concept de mini CTA- pour l'étude du comportement des aérosols particulaires. Congrès Français des Aérosols.

Jones, A. M., & Harrison, R. M. (2004). The effects of meteorological factors on atmospheric bioaerosol concentrations—a review. *Science of the Total Environment*, 326(1-3), 151-180.

Zhang, Q., Jimenez, L., Canagaratna, M. R., Allan, J. D., Coe, H., Ulbrich, I., et al. (2007). Ubiquity and dominance of oxygenated species in organic aerosols in anthropogenically-influenced northern hemisphere midlatitudes. *Geophysical Research Letters*, 34(L13801).

FILTRATION D'UN AEROSOL CONCENTRE DE PARTICULES ULTRAFINES METALLIQUES PAR LIT GRANULAIRE

D. BÉMER (1), Y. MORELE (1), C. DRESCHER (1), A. CHARVET (2), D. THOMAS (2)

⁽¹⁾ INRS, rue du Morvan, 54519, Vandoeuvre

⁽²⁾ LRGP, CNRS UMR 7274, Université de Lorraine, 1 rue Grandville, 54001, Nancy

RESUME

Les opérations de projection thermique des métaux, de soudage à l'arc et de coupage sont connues pour générer de grandes quantités de particules ultrafines, toxiques pour l'homme et l'environnement. C'est pourquoi elles s'effectuent à l'intérieur de cabines ventilées fermées dont l'air est filtré au moyen de dépoussiéreurs à médias filtrants (cartouches plissées le plus souvent). Les dépoussiéreurs utilisent le plus souvent la technique du décolmatage des filtres par injection d'air comprimé pulsé à contre-courant. La perte de charge suit alors une évolution cyclique caractéristique jusqu'à l'atteinte du point de colmatage irréversible des éléments filtrants, nécessitant leur remplacement. Les particules ultrafines générées par ces procédés très émissifs sont très colmatantes et les installations de filtrations industrielles connaissent actuellement de gros problèmes pour traiter ces effluents.

Les lits granulaires permettent de collecter efficacement les particules ultrafines grâce au mécanisme de diffusion Brownienne (Boulaud, 1991). L'efficacité de collection des particules peut être également accrue en exploitant d'autres forces, telles que les forces électriques (Park, 2001). Les performances des lits granulaires, ont fait l'objet de nombreuses études, mais portant essentiellement sur leur caractérisation à l'état initial. L'étude de l'évolution de leurs performances au cours du colmatage est, par contre, beaucoup moins développée. Si des travaux ont néanmoins été réalisés dans le domaine des particules microniques (El Hedock, 2011; Gutfinger, 1988), encore peu d'études ont été consacrées au colmatage des lits granulaires par des particules submicroniques ou ultrafines.

L'étude s'est attachée à établir les performances d'un lit granulaire soumis à un aérosol de particules ultrafines métalliques concentré (10^8 à 10^9 /cm³, 100 mg/m³). L'influence de différents paramètres sur l'efficacité de filtration a été étudiée, notamment la charge électrique portée par les particules et les grains. La perte de charge et l'efficacité de filtration d'un lit granulaire multi-couches a été suivie au cours de la filtration. Le décolmatage était effectué en appliquant une vibration mécanique brève (1 s environ) sur le premier étage. La réorganisation des particules accumulées au sein du lit permet de retrouver, après décolmatage, une perte de charge proche de la perte de charge initiale. L'évolution se poursuit ensuite de manière similaire à celle d'un média filtrant soumis à des cycles de colmatage et décolmatage. Du fait de la porosité importante du milieu granulaire et de la grande capacité de stockage qui en résulte, on observe une très lente évolution de la perte de charge résiduelle (après décolmatage). Une augmentation de la concentration aval en particules est observée lors du décolmatage effectué « on-line » (au cours de la filtration). Ce phénomène n'est pas observé en mode « off-line ». Moyennant une optimisation des paramètres de fonctionnement, tels que le débit, l'organisation des différentes couches de grains, le décolmatage, cette technique semble très prometteuse.

Références

Boulaud, D., (1991). Use of granular beds in the inertial impaction regime for aerosol size distribution measurement. *J. Aerosol Sci.* 22, 273-287.

El-Hedok, I.A., Whitmer, L., Brown, R.C.,(2011). The influence of granular flow rate on the performance of a moving bed granular filter. *Powder Technology*, 214, 69-76.

Gutfinger, C., Pnueli, D., Fichman, M. (1988) Effect of particle loading on granular bed filtration – Extension of the CEF model to polydisperse systems. *J. Aerosol Sci.* 19 (4), 443-450.

Park, O.H., Park, M.S. (2001). Electrostatic enhancement of fine dust filtration in a granular bed filter. *Environ. Eng. Res.*, 6(2), 109-116.

EVALUATION DES PERFORMANCES D'UN FILTRE A MANCHE EN CONDITIONS DE LABORATOIRE REPRESENTATIVES DU TRAITEMENT DES FUMÉES D'INCINERATION – APPLICATION AUX DECHETS CONTENANT DES NANOMATERIAUX

A. JOUBERT*(1), D. T. TRAN (1,2), O. LE BIHAN (2), D. VENDITTI (3), S. DURECU (3), T. MEUNIER (4), E. FIANI (5), L. LE COQ (1)

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

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

(3) TREDI, Service R&D - Groupe Séché Environnement, 9 avenue de la Forêt de Haye, BP 184, 54505 Vandœuvre-lès-Nancy, France.

(4) Séché Alliance, Les Hêtres, BP20, 53810 Changé, France.

(5) Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie, 20, avenue du Grésillé-BP 90406, 49004 Angers Cedex 01, France.

RESUME

Il n'existe à ce jour aucune réglementation française ou européenne sur la gestion des déchets de nanoparticules, que ce soit au niveau de la fabrication, de l'usage ou de la fin de vie. Une enquête réalisée par l'Observatoire Régional des Déchets Industriels en Midi-Pyrénées (ORDIMIP, 2009) sur la collecte, le traitement et l'élimination de déchets contenant des nanoparticules provenant d'industriels et de laboratoires, a montré que ces déchets suivent la même procédure que les déchets Cancérogènes-Mutagènes-Reprotoxiques, à savoir une élimination vers les filières déchets dangereux. Néanmoins, ne disposant pas à l'heure actuelle de filière spécifique, de tels déchets peuvent également se retrouver en unités d'incinération de déchets ménagers et assimilés (OMA).

Le projet NANOFlyeGas soutenu par l'ADEME, en partenariat avec l'INERIS, TREDI (filiale du Groupe Séché Environnement) et le laboratoire GEPEA (Département Systèmes Energétiques et Environnement) vise à caractériser les émissions de particules issues de l'incinération de déchets contenant des nanomatériaux. Les résultats attendus sont, d'une part de mieux comprendre les mécanismes conduisant à l'émission ou au relargage de particules, d'autre part d'évaluer l'efficacité des procédés équipant les systèmes de traitement des fumées des unités industrielles d'incinération. L'objectif est de valider les performances des systèmes existants vis-à-vis des nanocomposants et, si nécessaire, d'aider à l'élaboration de préconisations techniques et/ou de procédures particulières pour la prise en charge de ces déchets émergents.

L'étude présentée porte sur l'évaluation de l'efficacité de collecte d'un filtre à manche vis-à-vis d'un aérosol de laboratoire représentatif d'un aérosol d'incinération en sortie chaudière. Une unité pilote de filtration a été développée dans laquelle un prototype de filtre à manche industriel a été implémenté (hauteur réduite à 0,44 mètre). La distribution granulométrique et la concentration de l'aérosol de laboratoire ont été déterminées à partir d'essais préliminaires d'incinération d'un nanodéchet, au sens strict de la réglementation française, composé principalement de noir de carbone et réalisés sur le four d'incinération de laboratoire développé dans le cadre de ce projet (Tran et al., 2013). Afin de satisfaire aux conditions réelles de fonctionnement du procédé, l'ensemble de l'unité pilote est chauffé à 150 degrés Celsius et une teneur en eau de 10-12 pour cent est maintenue par injection de vapeur. De plus, du charbon actif et du bicarbonate de sodium, introduits dans les procédés de traitement des fumées principalement pour l'abattement respectif des dioxines/furanes et des gaz acides, sont injectés durant les essais. L'efficacité de collecte des particules est évaluée après prélèvement à chaud en amont/aval de la manche filtrante, et par comptage des particules à l'aide d'un impacteur ELPI (Dekati) à une température de 150 degrés Celsius.

Références

ORDIMIP (2009). Les nanoparticules dans les déchets : un chantier à ouvrir, octobre 2009.

Tran, D.T., Fleury, D., Venditti, D., Durécu, S., Joubert, A., Ounoughene, G., Fiani, E., Meunier, T., Le Bihan, O. & Le Coq, L. (2013). Projet NANOFlyeGas Caractérisation des émissions particulières lors de l'incinération de déchets contenant des nanomatériaux. Proceedings of the 28^{ème} Congrès Français sur les Aérosols, Paris.

SIMULATION NUMERIQUE DE L'ABATTAGE HUMIDE DES PARTICULES ULTRAFINES

E. BELUT

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

RESUME

L'abattage humide consiste à employer une pulvérisation de gouttelettes de liquide pour capturer les particules d'un aérosol, de manière à réduire la concentration de l'aérosol et à épurer le gaz porteur. Les mécanismes physiques mis en œuvre sont multiples et complexes, puisqu'interviennent simultanément la dynamique de l'aérosol (transport convectif et diffusif, sédimentation, dépôt, coagulation, interactions électrostatiques, impact sur l'écoulement d'air porteur et la turbulence...) et la dynamique de la pulvérisation liquide (transport, changement de phase, fragmentation, coalescence, interaction avec les écoulements d'air et la turbulence). Le phénomène de capture aérosol-goutte est quant à lui principalement lié à quatre mécanismes principaux: la capture inertielle, la capture par diffusion, la capture par les forces phorétiques (diffusionphorèse et thermophorèse) et la capture électrostatique. Nous présentons ici une méthodologie de simulation complète de ce phénomène par modélisation numérique des écoulements (CFD) : le transport de l'aérosol est décrit par le modèle diffusion-inertie proposé par Zaichik et al. (1), la dynamique du nuage de goutte est simulée par suivi lagrangien de leur centre de masse, l'ensemble étant couplé à une modélisation de l'écoulement d'air porteur suivant une approche RANS classique (Reynolds Averaged Navier-Stokes). Les transferts de masse et de chaleur par changement de phase des gouttes sont pris en compte, de même que la dispersion turbulente des gouttelettes (modèle d'interaction particule-tourbillon). Le mécanisme d'abattage est quant à lui introduit via un terme puits pour la concentration en aérosol, par l'intermédiaire d'un noyau de capture basé sur les travaux théoriques de Wang et al. (2) pour les mécanismes diffusionnels, phorétiques et électrostatiques, et sur la corrélation empirique de Mohebbi et al. (3) pour la capture inertielle.

Après une présentation du modèle et de ces limitations, une évaluation plus détaillée du noyau de capture est proposée. Elle fait apparaître l'importance cruciale des mécanismes phorétiques sur l'efficacité de capture des particules ultrafines, pour de faibles humidités relatives. Par ailleurs les qualités prédictives du noyau de capture proposé semblent mises en défaut lorsque les effets phorétiques et les effets inertiels sont d'influence comparable, ou lorsque les effets phorétiques dominent et que le Reynolds de goutte dépasse la centaine. Ainsi le développement d'une formulation plus aboutie du noyau de capture semble-t-elle nécessaire.

Références :

1. Zaichik, L.I., Soloviev, S.L., Skibin, A.P., Alipchenkov V.M. A diffusion-inertia model for predicting dispersion of low-inertia particles in turbulent flows. Proc. 5th Int. Conf. Multiph. Flow. Yokohama; 2004.
2. Wang, P.K., Grover, S.N., Pruppacher H.R. On the effect of electric charges on the scavenging of aerosol particles by clouds and small raindrops. J. Atmospheric Sci. 1978;35:1735-43.
3. Mohebbi A, Taheri, M., Fathikaljahi, J., Talaie, M.R. Simulation of an orifice scrubber performance based on Eulerian/Lagrangian method. J. Hazard. Mater. 2003;100:13-25.

FILTRATION D'AÉROSOLS SEMI-VOLATILS : DE L'EXPERIMENTATION A LA NORMALISATION

B. SUTTER*

[*benjamin.sutter@inrs.fr](mailto:benjamin.sutter@inrs.fr)

INRS, Rue du Morvan, CS 60027, 54519 Vandoeuvre Lès Nancy Cedex, France

RESUME

La présence d'aérosols semi-volatils sur les lieux de travail induit deux problématiques identifiées dans le cadre de précédents travaux de recherche réalisés dans le cadre de l'unité mixte INRS/LRGP Laboratoire de Filtration des Aérosols (LFA) (Sutter 2009; Sutter et al. 2010) :

- enrichissement en vapeurs de l'air filtré dû à l'évaporation des particules semi-volatiles collectées sur le média filtrant utilisé ayant pour conséquence une surexposition des salariés aux vapeurs dans le cas de rejet de l'air filtré dans l'environnement de travail,
- perte de la matière particulaire collectée sur média filtrant au cours de prélèvements personnels pour l'évaluation de l'exposition aboutissant à une sous-estimation des expositions.

Des tentatives de modélisation ont été menées pour pouvoir anticiper et corriger ces phénomènes d'évaporation des particules collectées. Cependant, les modèles utilisés (Cooper and Leith 1998; Furuuchi, Fissan, and Horodecki 2001; Raynor, Volckens, and Leith 2000; Riss, Wahlmüller, and Höflinger 1999) et ceux développés dans les travaux de B. Sutter (Sutter et al. 2010) n'ont pas permis d'expliquer les cinétiques d'évaporation de faibles masses de particules collectées sur des filtres à fibres de quartz.

Même si de nouvelles études sur la modélisation des cinétiques d'évaporation de particules semi-volatiles collectées sur des média filtrants sont nécessaires, les résultats expérimentaux ont permis de modifier sensiblement les normes européennes concernant la mise au point de méthode de mesurage d'aérosols sur les lieux de travail. En effet, historiquement, les exigences concernant les mises au point de méthode de prélèvement ont été séparées par domaines avec l'EN 13205 (NF_EN_13205 2002) concernant les méthodes de prélèvement de la fraction inhalable particulaire d'un aérosol et l'EN 1076 (NF_EN_1076 2010) concernant le prélèvement de vapeurs et de gaz. Le cas des aérosols semi-volatils était donc concerné par les deux normes qui ne sont pas entièrement compatibles sur toutes leurs exigences et tests.

Sur la base des travaux expérimentaux réalisés, une nouvelle norme EN 13936 a donc été élaborée afin de faire le lien entre prélèvement de particules et de vapeurs. Des préconisations particulières sur le prélèvement de l'aérosol ont été réalisées et un guide, non normatif, a été annexé permettant d'orienter les développeurs sur l'identification de la semi-volatilité d'un composé ou d'un mélange de composés qui serait retrouvé sous la forme d'un aérosol sur les lieux de travail.

L'étude du LFA a donc un impact important sur les stratégies de prélèvement des aérosols semi-volatils qui sont présents dans de nombreux lieux de travail. La compréhension des phénomènes globaux d'évaporation de ces aérosols permet de développer des méthodes de prélèvement individuel qui soient fiables et dont les résultats de niveau d'exposition sont représentatifs des niveaux réels auxquels sont exposés les salariés.

Références

Cooper S, Leith D. (1998) Evaporation of metalworking fluid mist in laboratory and industrial mist collectors. American Industrial Hygiene Association Journal; 59 45-51.

Furuuchi M, Fissan H, Horodecki J. (2001) Evaporation behavior of volatile particles on fibrous filter flushed with particle-free dry air. Powder Technology; 118 171-79.

NF_EN_1076. (2010) Procédures pour le mesurage des gaz et vapeurs à l'aide de dispositifs de prélèvement par pompage. AFNOR.

NF_EN_13205. (2002) Evaluation des performances des instruments de mesurage des concentrations d'aérosols. AFNOR.

Raynor PC, Volckens J, Leith D. (2000) Modeling evaporative loss of oil mist collected by sampling filters. Applied occupational and environmental hygiene; 15 90-6.

Riss B, Wahlmüller E, Höflinger W. (1999) Quantification of re-evaporated mass from loaded fibre-mist eliminators. Journal of environmental monitoring : JEM; 1 373-7.

Sutter B. (2009) Etude de l'évaporation d'aérosols liquides semi-volatils collectés sur médias fibreux. editor^editors|. Book Title|, City|: Publisher|.

Sutter B, Bemer D, Appert-Collin J-C, Thomas D, Midoux N. (2010) Evaporation of Liquid Semi-Volatile Aerosols Collected on Fibrous Filters. Aerosol Science and Technology; 44 395-404.

SESSION II : METROLOGIE

Présidents de séances : C. Motzkus, S. Bau

TRAVAUX PRENORMATIFS SUR LA CARACTERISATION DES NANOPARTICULES DANS L'AIR : INTERCOMPARAISON DE TECHNIQUES DE MESURE ON-LINE ET OFF-LINE

C. MOTZKUS(1), F. GAIE-LEVREL(1), T. MACE(1), S. VASLIN-REIMANN(1), A. DELVALLEE(1), S. DUCOURTIEUX(1), N. MICHIELSEN(2), S. BONDIGUEL(2), F. GENSDARMES(2), P. AUSSET(3) ET M. MAILLE(3)

(1) Laboratoire National de Métrologie et d'Essais (LNE), 1 rue Gaston Boissier, 75724 Paris Cedex 15, France.

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

(3) Laboratoire Interuniversitaire des Systèmes Atmosphériques (LISA), UMR CNRS 7583, Université Paris-Est Créteil et Université Paris-Diderot, 61 Avenue du Général de Gaulle, 94010 Créteil, France

RESUME

Afin d'évaluer l'exposition professionnelle aux nanoparticules dispersées dans l'air, il est important de disposer de méthodes de mesure fiables et normalisées. Pour cela, il existe des projets de pré-normalisation afin de pouvoir statuer sur des méthodes de référence permettant de caractériser la quantité et la taille des nanoparticules en suspension dans l'air.

Les travaux prénormatifs présentés dans cette communication sont effectués dans le cadre du Technical Working Area 34 - Properties of Nanoparticle Populations du VAMAS (Versailles Project on Advanced Materials and Standards) dans le projet n°3 Techniques for characterizing size distribution of airborne nanoparticles. VAMAS est un réseau international de collaborations sur la recherche prénormative dédiée aux matériaux avancés. Des particules nanométriques de SiO₂ manufacturées ont été utilisées dans cette étude du fait de leur utilisation importante dans l'industrie, mais également du fait de leurs propriétés (forme sphérique et taille de particules inférieure à 100 nm). Le groupe de travail est composé de 11 instituts nationaux de métrologie : le BAM (Allemagne), le CENAM (Mexique), le DFM (Danemark), le NMIA (Australie), le NMISA (Afrique du Sud), l'INPL (Israël), le KRISS (Corée du Sud), le LNE (France), le NIST (États-Unis), le NMIJ-AIST (Japon), le NPL (Royaume-Uni), le NPLI (Inde) et de laboratoires spécialisés dans la métrologie des nanoparticules tels que le Laboratoire de physique et de métrologie des aérosols de l'IRSN (Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire), le Laboratoire InterUniversitaire des Systèmes Atmosphériques (LISA) de l'Université Paris-Est Créteil, le département de chimie et de chimie industrielle de l'Université de Gênes et le laboratoire de la qualité de l'air et de la santé en Australie (ILAQH).

L'objectif général de ces travaux est de proposer des méthodes de caractérisation des nanoparticules dans l'air intégrant toute la chaîne de mesure (prélèvement, analyse, traitement des données...) qui soient traçables. Les protocoles développés ont été validés par une comparaison interlaboratoire basée sur une approche métrologique incluant la traçabilité métrologique, l'étalonnage et l'évaluation des incertitudes de mesures.

Pour l'intercomparaison, les deux aérosols utilisés sont constitués, pour le premier, d'une population de nanoparticules ayant un diamètre moyen compris entre 30,3 nm et 39,0 nm, et, pour le second, d'une population bimodale de nanoparticules non agglomérées ayant des diamètres moyens dans les gammes respectives de 36,2 - 46,6 nm et 80,2 - 89,8 nm. Ces deux aérosols ont été caractérisés par différentes méthodes de mesure. Un Scanning Mobility Particle Sizer a été utilisé comme technique d'analyse en ligne pour caractériser la distribution granulométrique en nombre. Mais également, des techniques indirectes telles que la microscopie électronique à transmission (MET), microscopie électronique à balayage (MEB) et microscopie à force atomique (AFM) ont été utilisées dans ce projet. Pour ces techniques, l'aérosol a été déposé sur des supports appropriés tels que des grilles, des filtres et des plaques de mica. Les résultats des principaux paramètres de la distribution en taille (diamètre moyen et mode) obtenus par les laboratoires ont été comparés en utilisant des approches métrologiques.

Ces travaux permettront d'apporter des méthodologies harmonisées aux organismes en charge de la normalisation (ISO TC 229 «Nanotechnologies» et CEN TC 352) afin de développer des normes consensuelles pour la caractérisation des nanoparticules sous forme d'aérosols. Ces travaux ont été

soumis récemment à l'ISO TC 229 par l'AFNOR en 2013 pour un projet (NWIP pour New Work Item Proposal) de norme internationale (IS).

CARACTERISATION DE PARTICULES NANOSTRUCTUREES GENEREES PAR DECHARGE CAPACITIVE

A. CHARVET (1), S. BAU (2), N.E. PAEZ-COY (1), D. BEMER (2), D. THOMAS (1)

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

⁽²⁾ Institut National de la Recherche et de la Sécurité, Rue du Morvan, 54509 Vandœuvre-lès-Nancy

RESUME

Parmi les propriétés des aérosols nanostructurés, la masse volumique effective des particules joue un rôle important notamment dans les phénomènes de dépôts dans les voies respiratoires humaines. De plus, sa détermination est indispensable à la conversion de distributions granulométriques en nombre en distributions granulométriques en masse ce qui est particulièrement important du fait des limites d'exposition encore largement exprimées en concentration massique. Le développement de méthodes robustes de caractérisation d'aérosols nanostructurées s'avère par conséquent nécessaire.

Une des approches pour la détermination de la masse volumique effective consiste à mesurer simultanément le diamètre aérodynamique et le diamètre équivalent en mobilité électrique respectivement grâce à un ELPI (Electrical Low Pressure Impactor) et un DMA (Differential Mobility Analyzer) (Schmid et al., Van Gulijk et al., 2005). Cependant, cette méthode présente certaines limitations telles que la faible résolution de la cascade d'impacteurs en termes de taille de particules et la nécessité d'effectuer de complexes inversions de données. Une autre approche consiste à mesurer simultanément le diamètre équivalent en mobilité électrique et la masse des particules respectivement grâce à un DMA et un APM (Aerosol Particle Mass Analyzer). Parmi les avantages de cette méthode, récemment utilisée pour caractériser des agrégats de suies (Shapiro et al., 2012; Rissler et al., 2013), on peut noter l'absence d'hypothèses et la possibilité de déterminer la dimension fractale des agrégats.

Après avoir validé la méthodologie et le protocole expérimental sur des particules sphériques de DEHS produites par nébulisation (entre 50 et 150 nm), l'étude propose de caractériser des aérosols nanostructurés produits par un générateur à décharge capacitive (PALAS GFG 1000) à partir d'électrodes de différents matériaux et sur une gamme de diamètre comprise entre 15 et 160 nm. Ces générateurs, de par leur simplicité et leur fiabilité (en termes de stabilité et de reproductibilité), sont très employés dans les domaines de la métrologie ou de la toxicologie des nanoparticules. Néanmoins, ces travaux ont essentiellement fourni des données sur la distribution granulométrique et la concentration en particules générées. Cette étude nous a permis de déterminer la relation liant le diamètre de mobilité électrique à la masse volumique effective pour des agglomérats d'argent, de cuivre, de fer, de titane et de constantan® (alliage Cu/Ni). De plus, nos résultats ont permis de mettre en évidence des dimensions fractales similaires pour les différents agglomérats générés par décharge capacitive et d'estimer le diamètre des particules primaires les composant. Ce dernier point est particulièrement important puisque qu'il permet de quantifier ce paramètre morphologique sans avoir recours à la microscopie électronique à transmission qui requiert l'analyse de nombreuses images pour obtenir un diamètre statistiquement significatif.

Références

Rissler J., Messing M.E., Malik A.I., Nilsson P.T., Nordin E.Z., Bohgard M., Sanati M. and Pagels J.H. (2013). Effective density characterization of soot agglomerates from various sources and comparison to aggregation theory. *Aerosol Science and Technology* 47: 792-805.

Schmid O., Karg E., Hagen D.E., Whitefield P.D. and Ferron G.A. (2007). On the effective density of non-spherical particles as derived from combined measurements of aerodynamic and mobility equivalent size. *Journal of Aerosol Science* 38: 431-443.

Shapiro M., Vainshtein P., Dutcher D., Emery M., Stolzenburg M., Kittelson D.B. and McMurry P.H. (2012). Characterization of agglomerates by simultaneous measurement of mobility, vacuum aerodynamic diameter and mass. *Journal of Aerosol Science* 44: 24-45.

Van Gulijk C., Marijnissen J.C.M., Makkee M., Moulijn J.A. and Schmidt-Ott A. (2004). Measuring diesel soot with a scanning mobility particle sizer and an electrical low-pressure impactor: performance assessment with a model for fractal-like agglomerates *Journal of Aerosol Science* 35: 633-65.

ETUDE EXPERIMENTALE ET NUMERIQUE DE L'HYDRODYNAMIQUE DE NANOPARTICULES AU SEIN D'UN DISPOSITIF DE TYPE APM (AEROSOL PARTICLE MASS ANALYZER)

N.BARDIN-MONNIER, A. CHARVET, N.E. PAEZ-COY, D. THOMAS

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

RESUME

L'étude et la compréhension des interactions fluides/particules nanostructurées (particules Diesel, particules issues de combustion, fumées de métallisation, etc.) a rendu nécessaire le développement de méthodes robustes de caractérisation fine des agrégats/ agglomérats de nanoparticules.

Une de ces méthodes consiste à mesurer simultanément le diamètre équivalent en mobilité électrique et la masse des particules respectivement grâce au tandem DMA (Differential Mobility Analyzer) -APM (Aerosol Particle Mass Analyzer) (Shapiro et al., 2012; Rissler et al., 2013). Ce couplage offre la possibilité de déterminer la masse volumique effective, le facteur de forme dynamique, le nombre de particules primaires composant l'agrégats (si le diamètre du monomère est connu) et la "pseudo dimension fractale". Autant de paramètres utiles pour caractériser la forme et le comportement aéraulique de l'agrégat.

La sélection des particules au sein de l'APM repose sur un équilibre des forces centrifuge et électrique auxquelles sont soumis les agrégats. Ainsi, la garantie d'une mesure fiable est entièrement conditionnée par une connaissance fine de l'hydrodynamique des aérosols à l'intérieur du dispositif. Afin de valider la méthodologie et le protocole expérimental, cette étude propose de comparer les résultats obtenus à l'aide d'un dispositif expérimental à ceux issus de calculs CFD (code ANSYS Fluent) dans une configuration simplifiée de l'APM (absence de champ électrique). On s'intéresse dans un premier temps à des particules sphériques de DEHS produites par nébulisation et dont les diamètres équivalents en mobilité électrique sélectionnés dans le DMA sont compris entre 50 et 150 nm.. Pour des vitesses de rotation des cylindres concentriques de l'APM comprises entre 0 RPM et 14000 RPM, les efficacités de collecte par le dispositif sont déterminées expérimentalement. Ces résultats sont ensuite comparés aux données obtenues en simulant les trajectoires de ces mêmes particules dans un repère tournant via une approche Euler-Lagrange et en tenant compte des effets de diffusion Brownienne. On s'intéresse également au mode de pénétration des particules dans le dispositif (légère dispersion de la distribution granulométrique ; isotropie de la répartition des particules sur la surface d'entrée). Les premiers résultats obtenus par voie numérique permettent de proposer des causes de variabilité observée expérimentalement. L'étape suivante de cette étude consistera à tenir compte des effets électriques afin de comparer l'outil CFD aux approches numériques développées dans la littérature (Ehara et al., 1995 ; Hagwood et al. 2007) et aux valeurs expérimentales.

Références

Rissler J., Messing M.E., Malik A.I., Nilsson P.T., Nordin E.Z., Bohgard M., Sanati M. and Pagels J.H. (2013). Effective density characterization of soot agglomerates from various sources and comparison to aggregation theory. *Aerosol Science and Technology* 47: 792-805.

Shapiro M., Vainshtein P., Dutcher D., Emery M., Stolzenburg M., Kittelson D.B. and McMurry P.H. (2012). Characterization of agglomerates by simultaneous measurement of mobility, vacuum aerodynamic diameter and mass. *Journal of Aerosol Science* 44: 24-45.

Ehara K., Hagwood C. and Coakley K.J. (1995). Novel method to classify aerosol particles according to their mass-to-charge ratio- aerosol particle mass analyzer. *Journal of Aerosol Science* 27:217-234.

Hagwood C., Coakley K.J., Negiz A. and Ehara K., (2007). Stochastic modeling of a new spectrometer. *Aerosol Science and Technology* 23: 611-627.

MESURE RAPIDE DE LA DISTRIBUTION EN TAILLE AVEC UN SMPS EN UTILISANT UN NOUVEAU CLASSIFICATEUR

T. TRITSCHER* (1), J. FARNSWORTH (2), E. FILIMUNDI (3), S. ELZEY (2), H.-G. HORN (1), AND O.F. BISCHOF (1)

* torsten.tritscher@tsi.com

(1) TSI GmbH, 52068 Aachen, Germany

(2) TSI Incorporated, 55126 Shoreview, MN, USA

(3) TSI France, 13382 Marseille Cedex 13, France

RESUME

La technique utilisée pour la mesure du nombre de particules et de la distribution en taille avec le granulomètre (SMPS) de mobilité électrique séquentiel (Knutson and Whitby 1975; Wang and Flagan 1990) est très largement répandue et est devenue le choix principal dans la gamme de taille de 1nm à 1µm. Après une étape de conditionnement, les particules chargées sont triées par l'analyseur de mobilité différentielle (DMA) et chaque taille sélectionnées sont comptées individuellement par un compteur à noyaux de condensation (CPC). Cette technique a une réputation de grande fiabilité car elle est basée sur des principes physiques. Récemment, une version portable et compacte, le Nanoscan SMPS, a été introduite dans le but de développer de nouveaux champs d'application (Tritscher et al. 2013).

L'inconvénient de tous les systèmes SMPS incluant également les composants du SMPS (basé sur le classificateur modèle 3080) est un temps de réponse relativement long. Le temps nécessaire pour réaliser un scan est en général de 1min ou plus. Dans le but de répondre au besoin de mesures plus rapides avec la technique de tri par mobilité électrique séquentielle tout en conservant la même fiabilité, un nouveau classificateur (TSI modèle 3082) a été développé pour permettre des temps de scan plus court jusqu'à 5 secondes.

La figure 1 montre les composants et le schéma des débits du nouveau classificateur. Il garde les fonctions du modèle antérieur avec des améliorations et des caractéristiques supplémentaires telles que le contrôle d'une polarité duale de la haute tension (HT), un débit d'air propre (sheath flow) jusqu'à 30 L/min dans le but d'améliorer la résolution et des accessoires intégrés mais facile à retirer (le neutraliseur à rayons X et le système d'impaction). L'étalonnage de l'appareil est conforme à la norme ISO 15900, qui fournit la méthode pour un contrôle qualité approprié des instruments utilisant la mobilité électrique.

Un temps de réponse plus rapide du contrôle de la haute tension (< 50ms) permet des enregistrements des données mesurées jusqu'à 50Hz pour une plus grande résolution temporelle comme montré dans la figure 2. Cela ouvre de nouvelles opportunités dans des domaines où les sources d'aérosols ne sont pas constantes comme par exemple dans l'industrie automobile.

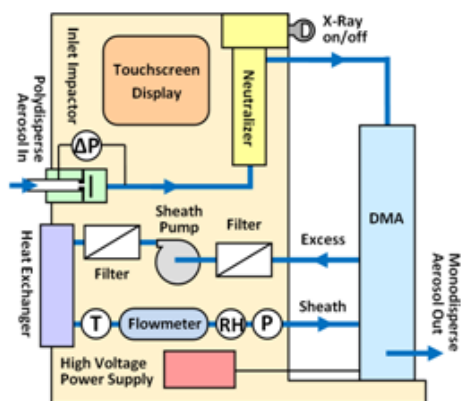


Fig. 1: Flow schematic of the new classifier (TSI Model 3082) with main components.

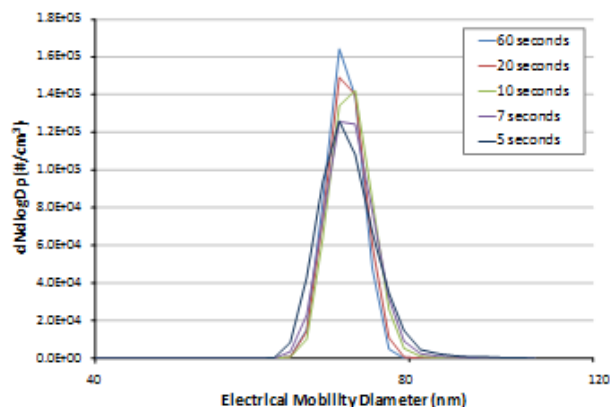


Fig. 2: Size distribution of monodisperse oil aerosol (70 nm classified, 0.1% DEHS in isopropanol) obtained at various scan times from 60 s down to 5 s.

Des données de validation avec des PSL et un aérosol de laboratoire démontreront un très bon accord entre les deux classificateurs pour des mesures à des temps de scan traditionnels aussi bien que l'avantage du nouveau modèle à des temps de scan réduits. Les données provenant des études fourniront des exemples pratiques des possibilités supplémentaires avec le nouveau SMPS dans le domaine de la recherche et de la mesure en continu.

Références

ISO 15900:2009-05 (E). Determination of particle size distribution – Differential electrical mobility analysis for aerosol particles.

Knutson E.O. and Whitby, K.T. (1975). Aerosol Classification by Electric Mobility: Apparatus Theory and Applications. *J. Aerosol Sci.* 6:443–451.

Tritscher, T. et al. (2013). NanoScan SMPS – A novel, portable nanoparticle sizing and counting instrument, *Journal of Physics Conference Series* 429, 012061.

Wang, S.C. and Flagan, R.C. (1990). Scanning Electrical Mobility Spectrometer. *Aerosol Science and Technology*, Vol. 13, 2.

FAISABILITE D'UN NEUTRALISEUR D'AEROSOL PAR DECHARGE A BARRIERE DIELECTRIQUE

R. MATHON*, N. JIDENKO, 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 distribution en charge des aérosols (transport, production, coagulation, mesure de distribution en taille par mobilimétrie...). En particulier, le principe du granulomètre le plus fréquemment utilisé, le SMPS (Scanning Mobility Particle Sizer) repose sur la maîtrise de la distribution de charge (centrée sur zéro) d'un aérosol neutralisé. En effet, la connaissance de la distribution de charge permet l'inversion de données avec la prise en compte des mesures de mobilités identiques pour des tailles d'aérosol différentes. En général cette neutralisation s'effectue avec une cartouche radioactive. Cependant, la législation en matière de radioactivité complique 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 de l'instabilité du système. Cette instabilité perturbe les conditions de charge (densité d'ions, champs électrostatique) et donc ne permette pas la maîtrise de la distribution de charge de l'aérosol.

Pour éviter ces problèmes, nous avons choisis d'utiliser une DBD pour produire des ions bipolaires et de charger les aérosols en post-décharge [Borra et al. 2012] ce qui limite les pertes et les instabilités. L'objectif est de produire un flux d'ions contrôlé en post-décharge afin d'obtenir des profils de densité d'ions connus lors du mélange avec les aérosols. Cela permet la maîtrise de la distribution bipolaire de charge des aérosols et donc l'utilisation du système pour la neutralisation et la granulométrie sans ambiguïté sur les mobilités des aérosols.

À partir de mesure des densités d'ions positifs et négatifs en post-décharge et de mesure de charge sur l'aérosol selon le diamètre, Nous montrerons que la production et le transport des ions sont régis par un couplage électro-hydrodynamique contrôlé au premier ordre par la tension de décharge, le débit de gaz neutre et la géométrie.

Références

Borra, J. P. & Jidenko, N., 2012. Dispositif pour contrôler la charge d'un aérosol en post-décharge. France, Brevet n° demande n°1262849.

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. Salzburg, s.n.

CHARGE PAR DIFFUSION : SOURCE D'IONS UNIPOLAIRES EN CONFIGURATION POINTE-TROU ET FIL-FENTE

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

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

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

RESUME

L'évaluation de la vitesse de dépôt dans l'environnement nécessite la mesure de la covariance entre les fluctuations de la vitesse du vent et de concentration de l'aérosol atmosphérique avec un temps de réponse de l'ordre de 0,1 s⁻¹. L'objectif de l'étude est donc de mesurer l'évolution de la distribution en taille d'aérosols de 10 nm à 1 µm à 10 Hz. Les instruments de mesures dits en temps réel existant (EEPS, DMS ou l'ELPI) ont des temps de réponse plus élevés que 0,1 s. De plus, ces instruments possèdent des limites de détection trop élevées incompatibles avec les concentrations environnementales (typiquement 5000 part.cm⁻³). La méthode retenue pour répondre à ces contraintes repose sur la charge des particules et la mesure du courant de particules chargées.

Ce travail porte sur le développement d'un système de charge « rapide » (temps de charge inférieur à 50 ms) qui utilise une décharge couronne. Les ions sont produits par la décharge autour de l'électrode à faible rayon de courbure polarisée (pointe ou fil) et soufflés à travers la contre-électrode (extracteur : plan métallique troué ou grille métallique) à la masse. L'aérosol est ensuite chargé en post-décharge par diffusion d'ions unipolaires produits par la décharge dans un gaz filtré et sec. En effet, dans ces conditions, la production d'ions est constante car indépendante de la composition variable du gaz vecteur de l'aérosol injecté en post-décharge³.

Pour cela, il est nécessaire de contrôler la densité d'ions extraite et de la répartition d'ions en postdécharge. Le paramètre critique de contrôle des niveaux de charge d'un aérosol de taille donnée est le produit $N_i \cdot \tau$ (N_i densité d'ions et τ le temps de transit des aérosols dans cette densité). L'écart du produit $N_i \cdot \tau$ "vu par les particules" est critique pour limiter les ambiguïtés sur les mesures.

Deux configurations d'ioniseurs sont étudiées : ioniseur pointe-trou et ioniseur fil-fente.

Les ioniseurs en configuration pointe permettent d'obtenir des densités d'ions élevées en postdécharge (de l'ordre de 10¹⁰.cm⁻³)³. Cependant, de telles densités unipolaires induisent des fortes répulsions électrostatiques donc un profil spatial en post-décharge fortement hétérogène ce qui crée un écart notable sur le produit $N_i \cdot \tau$. De plus, une injection d'ions ponctuelle est défavorable à l'obtention d'un fort $N_i \cdot \tau$. Les ioniseurs en configuration fil-grille donnent des densités d'ions en postdécharge plus faibles (10⁷ cm⁻³) mais avec une répartition plus homogène⁴. Souffler les ions à travers une fente étroite (<mm) permet cependant d'augmenter cette densité. Par ailleurs, le volume d'injection des ions est plus important ce qui favorise la charge (augmente le produit $N_i \cdot \tau$). Après l'optimisation du mélange ions-aérosol pour chaque configuration, les chargeurs obtenus sont caractérisés en termes de produit $N_i \cdot \tau$, d'écart de $N_i \cdot \tau$ tous deux relatifs à la charge moyenne et aux distributions de charges correspondantes et de pertes de particules chargées selon le diamètre.

Références

¹ P. E. Damay, D. Maro, A. Coppalle, E. Lamaud, O. Connan, D. Hebert, M. Talbaut, and M. Irvine, Journal of Aerosol Science 40, 1050-1058 (2009).

² J. P. Borra, Journal of Physics D: Applied Physics 39, R19-R54 (2006).

³ K. T. Whitby, Rev. Sci. Instrum. 32, 1351-1355 (1961)

4. P. Intra and N. Tippayawong, Aerosol and Air Quality Research 11, 187-209 (2011).

LE CONCEPT LOAC ET L'ETUDE DE L'ATMOSPHERE TERRESTRE

J.-B. RENARD

jean-baptiste.renard@cnrs-orleans.fr

LPC2E-CNRS, 3A avenue de la recherche scientifique, 45071 Orléans cedex 2

RESUME

LOAC (Light Optical Aerosol Counter) est un nouveau compteur de particules développé en partenariat entre le LPC2E/CNRS (Laboratoire de Physique et de Chimie de l'Environnement et de l'Espace) et la société Environnement SA. Cet instrument, très léger, peut être embarqué sous tous types de ballon atmosphérique afin d'effectuer des mesures aussi bien dans la troposphère que dans la stratosphère. Le principe de mesure de LOAC est basé sur l'observation de la diffusion de la lumière suivant deux voies de comptage disposées aux angles de diffusion de 10° et 60° : la voie à 10° est peu sensible à la nature des particules, alors que celle à 60° l'est fortement. Ainsi, LOAC peut échantillonner les aérosols de diamètres entre 0.3 à 50 µm suivant 19 gammes de taille tout en estimant leur nature principale (carbonés, minéraux, gouttelettes) ; il délivre une granulométrie toutes les 10 secondes.

LOAC a été utilisé au sol lors de campagnes de mesure et comparés à d'autres instruments. Les résultats avec ces instruments seront présentés. LOAC a aussi effectués plusieurs vols sous différents ballons : captifs, stratosphériques (CNES) et météo. La version sous ballon météo est développée par la société MétéoModem. Les premiers résultats de ces vols stratosphériques seront exposés.



MESURE DE LA TEMPERATURE DE PARTICULES INCANDESCENTES GÉNÉRÉES LORS D'OPERATIONS DE DECOUPE PAR UNE DISQUEUSE

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

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

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

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

RESUME

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

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

L'objectif de cette étude est de mesurer la température de particules incandescentes produites par une disqueuse, au cours de leur transport dans la gaine de ventilation jusqu'à leur impact sur le médium filtrant. La mise en corrélation de ces données avec le niveau d'endommagement du médium filtrant doit permettre de mieux identifier les situations qui représentent un risque d'agression du dispositif de filtration et d'en déduire l'impact sur le maintien de l'intégrité du confinement des installations.

Dans cet article est présenté le développement métrologique entrepris pour la mesure en vol de la température de particules métalliques générées lors d'une découpe de métal par une disqueuse, en adaptant un dispositif commercial de type pyromètre monochromatique. Le pyromètre monochromatique a été conçu pour la mesure du rayonnement thermique émis d'une source fixe dont les dimensions sont très supérieures à celles du volume de mesure de l'instrument. La caractérisation de particules en mouvement de petites dimensions (10 μm à 1000 μm) nécessite donc des développements spécifiques. L'adaptation de cette technique à nos conditions expérimentales implique de connaître la distribution granulométrique des particules produites ainsi que leurs vitesses.

La caractérisation granulométrique des particules est effectuée en discriminant celles qui proviennent de la dégradation du disque de découpe de celles issues du métal découpé.

Les mesures sont ensuite réalisées en utilisant un granulomètre de type APS et un impacteur d'Andersen. L'évolution de la vitesse des particules ainsi que leurs trajectoires sont déterminées à l'aide de diagnostics optiques de type PIV / PTV.

Une qualification du pyromètre a permis de déterminer les dimensions du volume de mesure et le temps de réponse réel du capteur. Des essais réalisés sur un nuage de particules calibrées en taille et chauffées à une température contrôlée ont permis de valider la réponse du pyromètre.

Le pyromètre monochromatique est installé sur un banc expérimental reproduisant un sas de démantèlement, dans lequel sont implantés la disqueuse et un filtre test raccordé à une gaine de ventilation. Le pilotage de cette disqueuse a été automatisé pour assurer une bonne reproductibilité des caractéristiques des particules produites, lesquelles sont très dépendantes des conditions opératoires de la découpe (angle de découpe, pression exercée sur le disque).

CONFERENCE PLENIERE :
Dr Pierre Cortes

MAITRISE DE LA SURETE DANS L'INSTALLATION DE RECHERCHE ITER.

PIERRE CORTES

pierre.cortes@iter.org

ITER Organization, Route de Vinon sur Verdon, 13115 Saint Paul Lez Durance, France

RESUME

ITER est une installation internationale dédiée à la recherche sur la fusion nucléaire. Elle est en cours de construction dans le sud de la France. ITER vise à démontrer que la fusion est une source d'énergie de l'avenir avec un objectif technique de production de 10 fois plus de puissance générée que de puissance consommée. Les expériences sont basées sur la fusion de deux isotopes de l'hydrogène : le deutérium et le tritium. ITER est une installation nucléaire de par l'utilisation de tritium (isotope radioactif de l'hydrogène) et de par la génération d'aérosols radioactifs.

Comme pour toutes les installations nucléaires, ITER suit les exigences de sûreté strictes avec pour objectifs la protection des travailleurs, de l'environnement et du public. Ces exigences de sûreté sont basées sur les principes de défense en profondeur : la prévention en réduisant au minimum la probabilité d'événements anormaux, la détection précoce de tout événement anormal potentiel, et l'atténuation des conséquences de toute situation anormale et/ou accidentelle. La réduction des conséquences pour les travailleurs, le public ou l'environnement est effectuée par la conception de systèmes de confinement robustes pour tout type de matières radioactives dans les opérations normales, incidentelles ou accidentelles.

Les principes de confinement s'appuient sur la mise en œuvre de plusieurs systèmes de confinement, chacun d'eux comprenant un confinement statique et des systèmes de ventilation et détritiation assurant un confinement dynamique.

Lors de la conférence, seront présentés les modes de formation des matières radioactives, y compris les aérosols radioactifs, leur transport jusqu'aux voies de rejet, ainsi que la description des systèmes permettant de maîtriser les risques associés aux matières

**SESSION III : PHYSIQUE ET CARACTERISATION DES
RESSOURCES**

Présidents de séances : G. Grehan, N.Jidenko

ETUDE DES POUSSIÈRES PRODUITES DANS LES TOKAMAKS ET POTENTIELLEMENT MOBILISABLES LORS D'UN ACCIDENT DE PERTE DE VIDE

A. RONDEAU*(1), S. PEILLON (1), A. ROYNETTE (1), J.-C. SABROUX (1), F. GENSDARMES (1), V. RODHE (2), C. GRISOLIA (3) ET E. CHASSEFIERE (4).

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

(2) Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Boltzmannstraße 2, 85748 Garching, Allemagne.

(3) Direction des Sciences de la matière (DSM) Institut de Recherches sur la Fusion par confinement Magnétique (IRFM), CEA/Cadarache - 13108 St Paul-lez-Durance Cedex, France.

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

RESUME

Dans un tokamak, le plasma est confiné à l'aide d'un champ magnétique intense qui a pour fonction d'éviter qu'il n'interagisse avec les parois matérielles du tore qui assurent en particulier le vide. Toutefois, le plasma est sujet à des instabilités magnétohydrodynamiques, appelées disruptions, qui se traduisent par un contact entre ce plasma et la paroi interne de la chambre à vide du tokamak. Ces disruptions ont pour conséquence d'éroder les matériaux faisant face au plasma. Ce phénomène d'érosion produit et accumule, au fil des différents "tirs", des poussières.

Afin d'améliorer la sûreté des installations nucléaires que sont les réacteurs à fusion contrôlée, il est nécessaire d'étudier la remise en suspension des poussières spécifiques aux tokamaks lors d'un événement accidentel de perte de vide (pouvant survenir notamment lors d'une violente disruption). Les deux scénarios les plus plausibles d'accident de perte de vide pour ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) sont une brèche au niveau des voies métrologiques, provoquant une entrée d'air au milieu du tore, ou une brèche au niveau des circuits de refroidissement provoquant une entrée d'eau et d'air dans le bas du tore. Suivant la configuration de l'accident, plusieurs risques associés à la mobilisation de poussières doivent être quantifiés : l'explosion de poussière, l'explosion d'hydrogène, le risque radiologique, le risque chimique, ainsi que le risque triboélectrique.

La production de poussières est directement corrélée à la puissance de l'installation ainsi qu'à la résistance (thermique et mécanique) des matériaux composant la paroi interne de la chambre à vide. Le futur tokamak ITER, ayant pour but de démontrer la faisabilité scientifique et technologique de la production d'énergie par la fusion des atomes de deutérium et de tritium, sera beaucoup plus puissant que ses prédécesseurs. Une grande quantité de poussières devrait être générée dans ce futur tokamak car actuellement, les disruptions plasmiques ne peuvent pas être évitées. Dans ces conditions, il est envisagé d'autoriser le fonctionnement de l'installation tant que la quantité de poussière ne dépasse pas 1 tonne dans le tore (on estime à environ 1 kg de tritium la quantité de cette substance piégée dans les poussières).

Dans nos travaux, une étude et une réflexion sont menées sur les poussières qui devraient être générées dans ITER, à partir de ce que l'on sait des autres tokamaks en fonctionnement. Le but est d'améliorer les connaissances sur leurs caractéristiques (composition chimique, quantité, granulométrie, morphologie et charge électrique).

Pour cela, dans une première partie, nous décrivons les différents procédés permettant de collecter et de caractériser les poussières générées dans la chambre à vide d'un tokamak. Dans une deuxième partie, nous présentons les résultats d'analyses de particules provenant des tokamaks ASDEX-Upgrade et Tore-Supra, dont les matériaux face au plasma contiennent respectivement du tungstène et du carbone. Dans une troisième partie, une comparaison avec les données de la littérature est réalisée, suivie d'une synthèse sur les poussières attendues dans ITER. En conclusion, nous développons une analogie entre les études de mise en suspension à basse pression décrites dans la littérature de la science planétaire et celles envisagées pour ITER.

MODELISATION DE LA MISE EN SUSPENSION DE PARTICULES DEPOSEES SUR UNE SURFACE DE PMMA SUBISSANT UNE DEGRADATION THERMIQUE.

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

[*simon.delcour@irsn.fr](mailto:simon.delcour@irsn.fr)

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

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

RESUME

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

Les études précédentes sur cette problématique ont permis d'identifier et de caractériser partiellement la phénoménologie (Buijs et al., 1989 ; Fernandez, 1993 ; Ouf et al., 2013). Néanmoins, il n'existe pas à l'heure actuelle de modèle physique de mise en suspension en situation d'incendie. La complexité des phénomènes mis en jeu (bullage du polymère, mouillage) et l'agressivité de l'environnement (températures élevées, réactivité chimique) ont également limité les observations expérimentales.

Un modèle de mise en suspension de particules lors de la dégradation thermique du substrat est présenté ici. Ce modèle est basé sur le code de calcul ThermaKin (Stoliarov & Lyon, 2008) qui permet de calculer la perte de masse et l'évolution de la température du matériau au cours de la dégradation. A partir de ces résultats, couplés à des observations expérimentales du phénomène de bullage (caméra rapide), le modèle est construit suivant une approche pseudo-volumes finis en deux dimensions. Les phénomènes de bullage et de piégeage des particules dans le matériau sont représentés et permettent de caractériser l'évolution du dépôt de particules et donc de la mise en suspension.

La mise en suspension par bullage est caractérisée par l'efficacité unitaire de mise en suspension et la densité surfacique de bulles (issue du calcul ThermaKin). De même, le piégeage des particules est décrit par un paramètre de type coefficient de diffusion. A l'heure actuelle, ces paramètres sont choisis empiriquement, car il n'existe pas de données permettant de déterminer leurs valeurs. Cette présentation décrira en détails l'influence de ces deux paramètres et le couplage existant entre les deux phénomènes associés. Une prochaine étape sera de réaliser des observations en micro-PIV rapide (100 Hz), afin de caractériser directement la mise en suspension par éclatement d'une bulle. En parallèle, une procédure de dosage de la quantité de particules piégées dans le polymère sera établie. Enfin, les résultats de ce modèle seront confrontés à des observations expérimentales réalisées sur un appareil conçu spécifiquement pour l'étude de cette problématique.

Références

BUIJS, K., CHAVANNE DE DALMASSY, B., and PICKERING, S. (1989). The dispersion of radioactive aerosols in fires. *Journal of Nuclear Materials*, 166, 199-207.

FERNANDEZ, Y. (1993), Etude expérimentale de l'émission d'aérosols radioactifs lors de la dégradation thermique des matériaux organiques contaminés présents dans les installations nucléaires, thèse de doctorat, Rapport CEA R-5663.

OUF, F.-X., DELCOUR, S., AZEMA, N., COPPALLE, A., FERRY, L., GENSDARMES, F., LOPEZ-CUESTA, J.-M., NIANG, A., PONTREAU, S. and YON, J. (2013). Contribution to the study of particle resuspension kinetics during thermal degradation of polymers. *Journal of Hazardous Materials*, 250-251, 298-307.

STOLIAROV, S. and LYON, R. (2008). Thermo-Kinetic model of burning. DOT/FAA/AR-TN08/17.

CARACTERISATION DES EMISSIONS D'AEROSOLS PRODUITS LORS D'OPERATIONS DE DEMANTELEMENT PAR DECOUPE LASER SOUS EAU

S. PEILLON* (1), S. FAUVEL (1), C.CHAGNOT (2), F.GENSDARMES (1)

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

(2) Commissariat à l'Energie Atomique (CEA), DEN/DM2S/SEMT/LTA, Saclay, Gif-sur-Yvette, 91191, France.

RESUME

La connaissance des coefficients de mise en suspension de contamination particulaire radioactive est essentielle pour l'analyse de sûreté et de radioprotection des installations nucléaires. En effet, ces coefficients présentent un intérêt primordial lorsqu'il s'agit, d'une part d'estimer les conséquences radiologiques de situations d'exploitation normale et accidentelle, d'autre part, d'optimiser les moyens de protection à mettre en place dans la conception des installations. Dans ce cadre, notre objectif est d'apporter des résultats sur les émissions d'aérosols par différents procédés de découpes utilisés pour le démantèlement des installations nucléaires. Pour ce faire, nous utilisons l'installation du CEA dénommée DELIA (DEcoupe Laser Immergée et en Air) conçue pour l'évaluation des performances des outils de découpes. L'étude réalisée par l'IRSN consiste à caractériser l'aérosol émis lors de la découpe d'éprouvettes en acier de différentes épaisseurs dans certaines configurations, en particulier de comparer les émissions particulières pour des découpes en air et sous eau. Afin d'optimiser le nombre des essais de découpe à effectuer, nous avons choisi de réaliser un plan d'expériences. L'installation DELIA occupe trois niveaux comprenant une source laser YAG à disque 8 kilowatts continu 1,03 micromètre de la Société TRUMPF, une chambre de tir immergeable sous 5 mètres d'eau où sont placées les éprouvettes à découper, ainsi qu'une veine de prélèvement permettant la mesure de la concentration et la caractérisation de la granulométrie de l'aérosol émis.

Finalement ces essais expérimentaux sont comparés avec différentes techniques (jet d'eau haute pression, torche plasma...) ayant fait l'objet de précédentes études. Pour cela, on calcule la fraction mise en suspension définie par le rapport entre la masse d'aérosols produite et la perte de masse de la pièce découpée.

Les résultats acquis montrent que les techniques de découpe utilisant des lasers sont, avec la torche à plasma, celles qui produisent les fractions mises en suspension les plus importantes. Néanmoins, la perte de masse de la pièce découpée avec le laser est plus faible qu'avec la torche à plasma.

D'une manière générale, il a été constaté que la fraction mise en suspension par découpe laser diminue fortement lorsque la hauteur d'eau augmente ; elle varie de 10^{-2} à 10^{-5} lorsque la hauteur d'eau augmente entre 0,5 mètre et 4 mètres.

VIEILLISSEMENT DES AEROSOLS D'OXYDE DE SODIUM: ETUDE THEORIQUE ET EXPERIMENTALE.

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

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

(2) PC2A UMR 8522 CNRS-Lille1, Université de Lille 1, Cité Scientifique, 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex, France

RESUME

Dans le cadre de l'initiative internationale « Generation IV » (www.gen-4.org), le réacteur nucléaire à neutrons rapides refroidi au sodium (RNR-Na) est de nouveau étudié en France et ailleurs afin de répondre au mieux aux besoins de production d'énergie électrique à grande échelle et à très long terme. Parmi les enjeux, il est nécessaire de réétudier la sûreté de cette technologie et d'estimer les conséquences d'un accident grave (même si la conception d'un nouveau RNR-Na réduira davantage la possibilité d'un tel évènement). En particulier, le RNR-Na nécessite une grande quantité de sodium dans le système primaire pour transporter la chaleur générée par le coeur. Un aspect critique de l'évaluation d'un accident grave concerne les conséquences d'un rejet important de ce sodium dans l'enceinte de confinement qui sera dimensionnée en fonction de cette éventualité. Les feux de sodium produisent de grandes quantités d'aérosols d'oxydes de sodium (Na_2O , Na_2O_2) qui sont nocifs pour l'homme et les équipements.

Au-delà des conséquences de surpression et de températures locales très élevées générées par un tel incendie, il s'avère donc nécessaire d'analyser l'évolution physico-chimique des aérosols produits afin de connaître la toxicité régnant à l'intérieur de l'enceinte de confinement; en effet, ce vieillissement peut réduire sensiblement la nocivité des aérosols de combustion. Le vieillissement des aérosols n'ayant été que très peu étudié, il est indispensable d'en développer une modélisation crédible. Les transformations chimiques des oxydes de sodium sont très rapides et le vieillissement des aérosols sera limité par la diffusion des gaz réactants vers le coeur de la particule. Après analyse de la littérature dans ce domaine, le modèle de Cooper (1980) s'avère être le plus abouti. Cooper a modélisé l'évolution temporelle des aérosols en différentes couches et propose une expression du coefficient de diffusion des gaz à travers ces couches surfaciques d'oxyde, d'hydroxyde, de carbonate et de bicarbonate de l'aérosol en leur associant des propriétés de porosité et de tortuosité. Cependant ce modèle s'appuie sur peu de données expérimentales fixant indirectement les valeurs de la porosité et de la tortuosité. Ces données ne permettent pas de réaliser une validation et, de plus, les valeurs des coefficients proposées par Cooper ont été mises en cause (Mathé et al., 2013).

De récentes études expérimentales nous ont permis d'obtenir de nouvelles données qui permettent de valider ou d'affiner les valeurs des coefficients de diffusion (et, ainsi, la porosité et la tortuosité). Le principe des expériences consiste à enregistrer l'évolution temporelle de la consommation des réactifs lors de la mise en contact d'une pastille d'oxyde de sodium avec une atmosphère contrôlée en vapeur d'eau, de dioxyde de carbone et d'oxygène. La préparation des pastilles et l'exposition aux réactants sont réalisées au sein d'un dispositif à double boîte à gants. L'interprétation des résultats expérimentaux a permis de mieux comprendre la phénoménologie complexe des transformations physico-chimiques de ces aérosols et de valider un modèle plus précis et complet que l'unique modèle proposé jusqu'à présent par Cooper.

Références

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

Mathé, E., Kissane, M., Petitprez, D. (2013). Modélisation de la production d'aérosols par la combustion de sodium. Actes du 28^e Congrès Français sur les Aérosols (CFA-2013), ASFERA, Paris, France, 23-24 jan. 2013.

EVALUATION D'UN MODELE D'AGREGATION, DE TRANSPORT ET DE DEPOT DE PARTICULES FAIBLEMENT INERTIELLES DANS UNE ENCEINTE VENTILEE

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

* romain.guichard@inrs.fr

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

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

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

RESUME

La granulométrie d'un aérosol nanométrique évolue très rapidement par auto-coagulation, transport par le fluide et dépôt aux parois. Bien qu'utiles pour des applications industrielles, ces phénomènes physiques peuvent avoir d'importantes conséquences sanitaires si on considère le cas de particules présentant un risque par inhalation. Dans ce contexte, la modélisation du comportement d'un nano-aérosol à partir de son émission contribue à évaluer ce risque et à le maîtriser davantage. Un modèle complet permettant de suivre la dynamique d'un aérosol a été proposé (Guichard et al., 2013), conduisant à une bonne efficacité de calcul. Un avantage de ce modèle, en marge de ses performances, est la prise en compte des particules microniques si l'on considère un aérosol de poussières ambiantes présentes initialement dans l'atmosphère ou dans le cas de nanoparticules qui s'agrègent suffisamment pour atteindre une taille de quelques microns. L'implémentation de ce modèle Eulérien dans un code de CFD a été validée sur des géométries simples (conduite cylindrique et enceinte parfaitement mélangée) par comparaison avec des données expérimentales de la littérature.

Nous proposons maintenant d'évaluer ce modèle dans deux situations différentes : d'abord pour un aérosol micronique (diamètre moyen de 10 micromètres) dans une enceinte ventilée afin de valider les phénomènes d'advection, de diffusion, de dépôt et de sédimentation, puis dans le cas d'un aérosol nanométrique (diamètre moyen 50 nanomètres) dans une enceinte ventilée afin de valider l'advection, le dépôt, la diffusion et l'agrégation. Le premier cas est celui de Chen et al. (2006) et le second cas correspond au banc d'essai que nous avons mis en place. Les nanoparticules nécessitent le recours à des techniques de mesures particulières qui seront également présentées, notamment pour l'analyse morphologique d'agrégats non compacts. D'après les premiers résultats obtenus, il semble que le modèle précédemment décrit soit capable de reproduire correctement l'évolution des aérosols de quelques nanomètres à quelques micromètres, et ceci pour des coûts de calcul raisonnables, autorisant des applications à l'échelle industrielle.

Références

Chen, F., Yu, S.C.M., Alvin, and Lai, A.C.K. (2006). Modeling particle distribution and deposition in indoor environments with a new drift-flux model. *Atmospheric Environment*, 40, 357–367.

Guichard, R., Tanière, A., Belut, E., and Rimbert, N. (2013). Modeling Coagulation, Transport and Deposition of a Nanoparticle Aerosol by a Moment Method. Proceedings to the 8th International Conference on Multiphase Flow, Jeju, Korea.

AEROSOLISATION DE PARTICULES D'USURE

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

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

⁽²⁾ Université de Technologie, Compiègne, France

RESUME

L'utilisation croissante de nano-charges dans les produits manufacturés, en raison de leur potentiel d'innovation, nécessite une prise en compte du risque conjoint pour les travailleurs, les consommateurs et l'environnement. L'utilisation de ces produits sous-entend leur usure avec le temps avec notamment l'émission potentielle de particules inhalables nano-structurées. Par conséquent, il est nécessaire d'étudier une telle émission dans différentes conditions d'utilisation, afin de concevoir des produits non-émisifs (« nanosafe-by-design »).

Le travail présenté ici se concentre sur l'étude des différents paramètres clés impliqués dans la production de cette aérosolisation, par une approche à la fois expérimentale et théorique [1, 2]. Le volet expérimental est mené principalement sur une étude de cas, à savoir une brique traditionnelle qui est soumise à un frottement répétitif assuré par un abrasif de corindon (vitrifié et non-élastique). L'appareil choisi pour effectuer l'abrasion est le Taber 5750 [3, 5] auquel, dans le cadre de l'étude, a été adjoint une jauge permettant de mesurer la force de frottement mise en œuvre, et par extension de déterminer l'énergie d'usure appliquée.

Cet ensemble, placé dans un chambre d'émission [1, 4], permet d'étudier simultanément d'une part des caractéristiques de l'aérosol généré, et d'autre part des paramètres liés à la sollicitation mécanique tels que les forces de contact, la vitesse d'abrasion, la rugosité de surface, le degré d'homogénéité du matériau, etc.

En complément, des observations de la surface des matériaux ont été réalisées afin d'étudier les changements provoqués par l'abrasion, par exemple, l'apparition et la propagation de fissures.

Les résultats obtenus mettent en évidence une relation entre d'une part la concentration de l'aérosol généré et d'autre part la vitesse d'abrasion et la rugosité des surfaces en contact.

Par contre, le rôle dans l'émission d'aérosol, de la charge normale et de l'énergie d'usure est plus complexe. Il aurait un lien avec le niveau de pénétration dans la masse de l'échantillon. Cette mise en évidence est une nouveauté par rapport à aux travaux menés jusqu'ici [6].

La comparaison de ces données expérimentales avec un modèle analytique montre un bon degré de concordance.

Références

[1] 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 Nanopart.* 2, 2013, 39-44

[2] Shandilya N., Le Bihan O., Morgeneyer M., Génération d'aérosols par sollicitation mécanique de matériaux : Etat de l'art, Congrès Français sur les Aérosols, Paris, 2013

[3] Bressot C., Aguerre-Chariol O., Plassais A., Rousseau F., Haehnel C., Le Bihan O., Développement d'un test d'abrasion pour béton, avec étude du relargage potentiel en particules inhalables, Congrès Français sur les Aérosols, Paris, 2013

[4] Le Bihan O., Morgeneyer M., Shandilya N., Aguerre-Chariol O., Bressot C., Handbook on Safe Use of Nanomaterials: Chapter 9.2 - Emission chambers, a method for nanosafety, Elsevier 2013 (in press)

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

[6] Olofsson U., Olander L., Jansson A., Towards a model for the number of airborne particles generated from a sliding contact, *Wear* 267, 2252-2256, 2009

SESSION IV : CARACTERISATION DES SUIES

Présidents de séances : J. Yon, D. Delhaye

MESURE DE LA VITESSE DE THERMOPHORESE D'AGREGATS DE SUIES : DIMENSIONNEMENT D'UN DISPOSITIF DE DEPOT TRI-THERME

L. AIT ALI YAHIA*(1,2), E. GEHIN(1), B. SAGOT(2)

⁽¹⁾ Université Paris-Est, CERTES, 61 Avenue du Général de Gaulle, 94000 Créteil France.

⁽²⁾ Laboratoire Fluide et Energétique, École Supérieure des Techniques Aéronautiques et Construction Automobile (ESTACA), 34-36 Rue Victor Hugo-92300 LEVALLOIS-PERRET

RESUME

Les particules d'un aérosol peuvent migrer sous l'effet de différents mécanismes. En particulier, dans un gradient de température, les particules dérivent sous l'effet d'une force dite de thermophorèse. Ce phénomène est l'une des raisons de l'encrassement des tubes des échangeurs de chaleurs, et aussi des ailettes des turbines exposées à des poussières issues de la combustion de produits gazeux (Rosner, 1980).

Si dans la littérature il existe de nombreuses études expérimentales et théoriques concernant l'influence de la thermophorèse sur des particules sphériques, le cas des particules non sphériques telles que les agrégats de suies, caractérisés par une morphologie dite fractale (Ouf, 2006), est en revanche beaucoup moins abordé. On dispose de quelques études numériques, dans le régime moléculaire (Mackowski, 2006), et aussi en régime continu (Suzuki et al., 2009), qui étudient notamment l'influence du nombre de particules primaires d'un agrégat sur sa vitesse de thermophorèse. Les études expérimentales sont très limitées, la plus récente est celle de (Brugière et al., 2013), qui a confirmé les résultats de (Mackowski, 2006), concernant cette évolution de la vitesse de thermophorèse avec le nombre de particules primaires, qui peut s'exprimer sous la forme d'une loi puissance.

Le but de ce travail est de mettre au point un dispositif tri-therme de type écoulement axial dans l'espace annulaire compris entre deux tubes à températures imposées, pour l'étude de la dynamique des aérosols de type suies, et en particulier de la migration thermophorétique. En effet, de nombreuses études ont montré l'intérêt des méthodes de pénétration pour l'étude de la thermophorèse. La précision de cette méthode est souvent limitée par les faibles rendements de dépôt obtenus, et l'objectif de ce projet est donc de dimensionner un dispositif compact et efficace pour le dépôt thermophorétique, tout en respectant des contraintes mécaniques et thermiques, ainsi que des conditions opératoires. Pour ce dimensionnement, nous nous sommes basés sur un modèle analytique d'évaluation de l'efficacité de dépôt par thermophorèse (Sagot et al, 2009), ainsi que sur une analyse par simulation numérique CFD (« Computational Fluid Dynamics ») des profils de température et de vitesse attendus dans l'espace annulaire.

En parallèle, un premier dispositif expérimental a été élaboré, composé du générateur de suies miniCAST et d'un granulomètre de type SMPS, afin de vérifier la reproductibilité des caractéristiques des suies produites. On présente en particulier l'évolution de la distribution granulométriques des suies générées, en fonction des conditions opératoires. Ces résultats seront comparés à ceux obtenus par (Brugière et al., 2013).

Références

Brugière, E., Gensdarmes, F., Ouf, F.-X., Yon, J., Coppalle, A., & Boulaud, D. (2013). Design and performance of a new device for the study of thermophoresis: The radial flow thermophoretic analyser. *Journal of Aerosol Science*, 61, 1–12.

François-Xavier OUF. (2006, January 17). Caractérisation des aérosols émis lors d'un incendie. Université de Rouen, Faculté des Science et Techniques.

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

Rosner, D. E. (1980). Thermal /Soret/ diffusion effects on interfacial mass transport rates. *PhysicoChemical Hydrodynamics*, 1, 159–185.

Sagot, B., Antonini, G., & Buron, F. (2009). Annular flow configuration with high deposition efficiency for the experimental determination of thermophoretic diffusion coefficients. *Journal of Aerosol Science*, 40, 1030–1049.

Suzuki, S., Kuwana, K., & Dobashi, R. (2009). Effect of particle morphology on thermophoretic velocity of aggregated soot particles. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 52, 4695–4700.

PROJET CAHAPS : CARACTERISATION EN LIGNE DE L'ADSORPTION D'HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES PAR LES SUIES.

J. YON*(1), G. SAIDANI(2), P. ROUSSEAU(2)

[e-mail : yon@coria.fr](mailto:yon@coria.fr)

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

(2) UMR6252 CIMAP (CEA/CNRS/ENSICAEN/Université de Caen Basse-Normandie), Boulevard Henri Becquerel, BP5133, 14070 Caen cedex 5, France.

RESUME

Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAPs) jouent un rôle prépondérant dans la formation des particules de suie lors des procédés de combustion. Par ailleurs, ces dernières ont un impact sanitaire et environnemental avéré (Boström et al., 2002; Hansen et al., 2004). Cependant, les diagnostics permettant de caractériser les HAPs sont difficilement quantitatifs et ne permettent pas à ce jour de déceler la capacité de ces molécules à se fixer sur les particules de suie au cours de leur croissance au sein des flammes. Une des raisons est que ces diagnostics, qui nécessitent une phase de calibrage, ne disposent pas de particules étalons à teneur connue en HAPs.

Le projet CAHAPS représente une phase préliminaire de démonstration de la faisabilité de mise en oeuvre, par une approche bottom-up, de la caractérisation du taux d'adsorption des HAPs par les particules de suie.

Ce projet couple le savoir-faire expérimental de deux laboratoires membres du Labex EMC3, l'un dans la génération et la caractérisation de particules de suie (CORIA), l'autre dans la maîtrise de la génération et de la caractérisation des HAPs (CIMAP). Dans le cadre de cette collaboration, un dispositif est mis en oeuvre afin de permettre la quantification du taux d'adsorption des HAPs par des agrégats de suie dans un environnement contrôlé (suie et HAPs).

L'étape préliminaire de ce travail consiste à implémenter un dispositif d'injection de suie dans la source d'agrégation gazeuse qui permet le contrôle de la formation des HAPs par condensation (Zimmerman, 1994). Les suies, générées par décharges électriques sur des électrodes de carbone (PALAS GFG 1000), sont acheminées dans la cellule d'agrégation gazeuse à l'aide d'une lentille aérodynamique (Wang et al., 2005). La taille et la morphologie de ces particules est préalablement déterminée et peut être modifiée dans une certaine mesure. La seconde étape consiste à analyser le spectre de masse TOF-MS (Chandezon et al., 1994) des HAPs présents dans la cellule en présence ou non des particules de suie afin de déterminer la quantité de HAPs adsorbés par les agrégats de carbone. L'étude de l'influence de la taille des suies et de la nature des HAPs sur le taux d'adsorption des HAPs par les suies est également considérée.

Au terme de ce projet, des taux d'adsorption de divers HAPs sur diverses suies seront évalués et corrélés à la taille ou à la surface spécifique de ces particules.

REMERCIEMENTS

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-09-01, LabEx EMC³

Références

Boström, C.-E., Gerde, P., Hanberg, A., Jernström, B., Johansson, C., Kyrklund, T., Rannug, A., Törnqvist, M., Victorin, K., & Westerholm, R. (2002). Cancer Risk Assessment, Indicators, and Guidelines for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Ambient Air. *Environ Health Perspect*, 110, 451-488.

Chandezon, F., Huber, B., & Ristori, C. (1994). A new-regime Wiley–McLaren time-of-flight mass spectrometer. *Review of Scientific Instruments*, 65, 3344-3353.

Hansen, J., & Nazarenko, L. (2004). Soot climate forcing via snow and ice albedos. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101, 423.

Wang, X., Kruis, F.E., & McMurry, P.H. (2005). Aerodynamic focusing of nanoparticles: I. Guidelines for designing aerodynamic lenses for nanoparticles. *Aerosol Science and Technology*, 39, 611-623.

Zimmerman, U., Malinowski, N., Näher, U., Frank, S., & Martin, T. P. (1994). Producing And Detecting Very Large Clusters. *Zeitschrift für Physik D-Atoms Molecules And Clusters*, 31, 85-93.

REACTIVITE, PROPRIETES HYDROPHILES ET OPTIQUES DE SUIES PRELEVEES DANS DES FLAMMES.

S. GRIMONPREZ*, P. DESGROUX, A. FACCINETTO, D. PETITPREZ.

Physico-Chimie des Processus de Combustion et de l'Atmosphère (PC2A), UMR 8522 CNRS-Lille1,
Université de Lille 1, Cité Scientifique, 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex, France.

RESUME

L'aviation civile s'est considérablement développée et figure actuellement, comme partie intégrante de l'économie mondiale. Face à la croissance de cette activité, se pose le problème de ses émissions de gaz et des particules sous forme d'aérosols, qui peuvent être préjudiciables. Ce préjudice se matérialise principalement par la formation de traînées de condensation en altitude, ces dernières peuvent persister et conduire à la formation de nuages artificiels (cirrus induit), générés par l'intensification du trafic aérien. Ce phénomène amène la communauté scientifique ainsi que celle de l'aviation civile à réfléchir sur l'origine de formation de ce dernier. En effet, les suies issues de la combustion du kérosène feraient office de précurseurs, amorçant la formation de noyaux de glace à l'origine des traînées de condensation. Pour mieux appréhender ce phénomène, il est nécessaire de connaître l'impact de la nature de ces suies, sur leurs propriétés hygroscopiques et optiques, ainsi que leur réactivité vis-à-vis d'oxydants présents dans l'atmosphère.

Pour pouvoir répondre à ces différentes interrogations, le projet Mermose a vu le jour dans le cadre du Programme de recherche du Conseil pour la Recherche Aéronautique Civile (CORAC). Un des axes du projet a pour objectif de caractériser les particules émises par les moteurs aéronautiques.

La première partie de la thèse concerne l'étude en laboratoire des propriétés hygroscopiques de particules suies possédant des caractéristiques proches de celles issues de « l'aéronautique ». Une des particularités des suies « aéronautiques » réside dans le fait qu'elles possèdent un caractère « hydrophile », rendu possible par la présence de sulfates dans le combustible. La première technique consiste à les prélever in-situ dans une flamme de diffusion de kérosène. La seconde consiste à générer un aérosol de particules carbonées (Pure Black Carbon), recouvertes de sulfate.

Une fraction de l'aérosol est sélectionnée en taille par l'intermédiaire d'un DMA (Differential Mobility Analyzer), qui fait office de filtre en taille. La fraction activée des particules, en condition de sursaturation en vapeur d'eau sera mesurée avec un CCN (Cloud Condensation Nuclei Counter). Cette approche va pouvoir mettre en évidence l'activité hygroscopique suivant la composition chimique et la taille des particules de suie.

ANALYSE AUTOMATISEE DES IMAGES DE PARTICULES DE SUIE OBTENUES AU MICROSCOPE ELECTRONIQUE EN TRANSMISSION : APPLICATION A LA DETERMINATION DE LA TAILLE DES PARTICULES PRIMAIRES.

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

(1) UMR 6614 CORIA, CNRS, Université et INSA de Rouen, site universitaire du Madrillet, Avenue de l'Université BP12, 768010 St Etienne du Rouvray cedex, France

(2) Institut de Radioprotection et de Sureté Nucléaire (IRSN), PSN-RES, SCA, LPMA, Gif-Sur-Yvette, 91192, France.

RESUME

Le besoin de méthode de référence pour analyser les propriétés physico-chimiques des aérosols de combustion n'a cessé de croître dans la communauté scientifique depuis les 3 dernières décennies. La caractérisation morphologique des agrégats de suie est, le plus souvent, réalisée par l'analyse d'images obtenues par microscopie électronique en transmission (MET). Si les caractéristiques fractales peuvent se déduire de l'analyse automatisée des longueurs maximales projetées et des surfaces projetées des particules (Brasil, et al., 1999; Köylü, et al., 1995), il n'en est pas de même de la détermination de la taille des particules primaires. A ce jour, la détermination de cette grandeur nécessite l'analyse manuelle d'un grand nombre de clichés MET ce qui rend la procédure longue et fastidieuse. Cette dimension est pourtant essentielle pour la caractérisation des agrégats de suies et l'évaluation de nombreuses grandeurs.

Récemment, une méthode automatisée basée sur la transformée de Hough a permis de déterminer la distribution de taille des particules primaires (Bradski and Kaehler, 2008). Cette méthode est relativement complexe à implémenter. Dans ce résumé, nous proposons une autre approche basée sur l'analyse de cartographies des distances euclidiennes (« Euclidian Distance Mapping » EDM) qui est robuste, rapide et facile à implémenter. En effet, l'EDM est souvent utilisé pour caractériser la morphologie d'objets complexes comme les cellules humaines (Ballerini and Franzen, 2001), les processus d'atomisations de jet liquides (Grout, et al., 2007).

L'analyse EDM nous renseigne, pour chaque pixel d'une image, de la plus petite distance de ce dernier au contour de la particule. Cette distance est présentée en niveau de gris sur la Figure 1. Plus cette distance est grande, plus le niveau de gris est clair. A partir de cette image, des opérations morphologiques de type érosion, dilatation sont aisément réalisées. Le traitement proposé repose sur l'extraction d'une surface ouverte associée à l'ensemble des pixels résultant d'une ouverture morphologique caractérisée par l'échelle D.

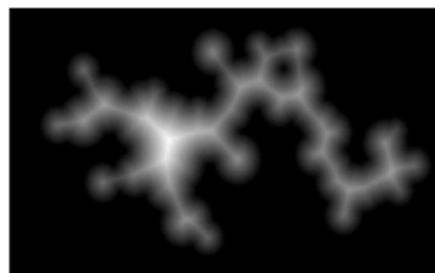


Figure 1 : Illustration de la méthode EDM

Sur la base d'un ensemble statistique d'images provenant d'agrégats virtuels générés par un code DLCA (Diffusion Limited Cluster Aggregation) (Meakin, 1999), nous montrons que l'analyse EDM permet la détermination du mode et de l'écart type de la taille des sphérules primaires.

Nous présenterons également les résultats de l'analyse EDM appliquée à des clichés de particules de suies issues d'une flamme de diffusion miniCAST5201-C. En effet, dans le cadre du projet MERMOSÉ, nous cherchons à caractériser les suies issues de ce dispositif pour différents points de fonctionnements, associés à des propriétés morphologiques, optiques et chimiques variées.

Nous discuterons également de l'impact du seuillage préalable des images MET afin de faire émerger un protocole d'analyse totalement automatisée la plus robuste et fiable possible.

Références

Ballerini, L. and Franzen, L. (2001) WSEAS Trans. on Circuit, 11, 7.

Bradski, G. and Kaehler, A. (2008) Learning OpenCV: Computer vision with the OpenCV library. O'Reilly Media, Incorporated.

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

Grout, S., Dumouchel, C., Cousin, J. and Nuglisch, H. (2007) Int. J. Multiphase Flow, 33, 1023-1044.

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

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

PROJET MERMOSE : CARACTERISATION DES EMISSIONS PARTICULAIRES EN SORTIE D'UN MOTEUR AERONAUTIQUE CIVIL ; DE LA MORPHOLOGIE A LA COMPOSITION CHIMIQUE.

D. DELHAYE *(1), F.-X. OUF (2), D. FERRY (3), D. GAFFIE (1), O. PENANHOAT (4), S. PEILLON (2), X. VANCASSEL (1), T. COTTARD (4), P. DESGROUX (5), C. FOCSA (6), N. HARIVEL (4), B. PEREZ (4), E. QUINTON, (4), J. YON (7)

(1) Onera – The French Aerospace Lab, F-92322 Châtillon, France.

(2) Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN), BP 68, 91192 Gif-sur-Yvette Cedex, France.

(3) Aix-Marseille Université, CNRS UMR 7325, CINaM, 13009, Marseille – France.

(4) SNECMA / SAFRAN Group, Moissy Cramayel, 77550, France.

(5) PC2A, UMR CNRS 8522, Université de Lille 1, 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex, France.

(6) PhLAM, UMR CNRS 8523, Université de Lille 1, 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex, France.

(7) UMR 6614 CORIA, Université et INSA de Rouen, 76801 Saint-Etienne du Rouvray, France.

RESUME

Les activités commerciales aéronautiques sont en croissance régulière (Airbus, 2013 ; Boeing, 2013). Leur impact sur le réchauffement climatique (Bond et al., 2013, Lee et al., 2010) et la qualité de l'air sont des sujets majeurs de préoccupation sociétale et nécessitent encore à ce jour de nombreux travaux tant à la fois expérimentaux que théoriques. Le gouvernement français a décidé de financer 6 projets de recherche afin de mieux comprendre les processus de formation des traînées de condensation, leur impact sur le climat, et également de prévenir et de maîtriser leur apparition et leurs effets. Le projet MERMOSE (<http://sites.onera.fr/MERMOSE/>) représente la première partie de ce lot de projets de recherche. Ses objectifs sont de fournir des données d'émission pour un moteur aéronautique moderne et d'utiliser ces informations afin de développer des connaissances fondamentales sur l'interaction des suies avec l'eau. Différents partenaires à la fois industriels (SNECMA), institutionnels (ONERA et IRSN) et académiques (CINaM, CORIA, PC2A, PhLAM) sont parties prenantes de ce projet. Cette communication vise à décrire et à présenter les résultats de la première campagne expérimentale de caractérisation des émissions particulaires de MERMOSE. Les émissions d'un moteur de type SAM-146 ont été prélevées afin d'établir des profils radiaux et angulaires d'émissions particulaires dans le flux principal du moteur, 5 cm en aval de la sortie-moteur.

Le dispositif expérimental mis en oeuvre repose sur un robot de prélèvement, associé à trois lignes de transport chacune régulée à une température de 160°C. Sur la première de ces lignes, des prélèvements sur filtres en fibre de quartz, grilles MET et fenêtres en silicium ont été réalisés afin de procéder respectivement à des analyses a posteriori du ratio en carbone élémentaire et organique (EC/OC), de la morphologie (MET) et de la composition élémentaire (EDX) et chimique (FTIR). En parallèle sur la seconde ligne, un granulomètre Combustion DMS 500 a été employé afin de caractériser en temps réel la distribution en taille des aérosols émis. In-fine, un système de dilution Palas VKL-10 a été implanté en aval de la troisième ligne. Cette dilution, réalisée à 35°C avec de l'azote, permet d'utiliser des dispositifs de métrologie des aérosols ne pouvant fonctionner aux conditions de concentration, humidité, température et pression spécifiques aux émissions aéronautiques. Deux granulomètres SMPS (l'un reposant sur un compteur à noyau de condensation, CPC, et l'autre sur un électromètre, FCE), une mesure de concentration surfacique (TSI NSAM), une mesure de concentration massique (Thermo MAAP), un Pegasor ainsi que deux compteurs à noyaux de condensation (CPC) ont ainsi été mis en oeuvre. Les matériels et techniques employés ont donc permis de collecter des données en nombre, taille, masse, composition élémentaire et morphologie des aérosols.

Les résultats expérimentaux obtenus portent sur quatre régimes moteurs : approche (30 % de la poussée maximale), montée (70 %), croisière (85 %) et décollage (100 %) et représentent à notre connaissance la première tentative de cartographie spatiale des émissions particulaires en sortie d'un moteur aéronautique avec un tel niveau de raffinement. L'ensemble des données ainsi obtenues seront ensuite comparées avec les caractéristiques des suies issues de brûleurs de laboratoire (Faccinnetto et al., 2011 ; Ouf et al., 2012) afin de proposer une source synthétique pouvant reproduire, à échelle analytique, des

émissions particulières aéronautiques. A l'issue de cette seconde phase du projet MERMOSE, des expérimentations seront réalisées avec ces suies synthétiques afin de mieux comprendre les mécanismes physico-chimiques mis en jeu lors des interactions suie-eau.

Références

Airbus, 2013, <http://www.airbus.com/company/market/forecast/>

Boeing, 2013, <http://www.boeing.com/boeing/commercial/cmo/>

Bond, T.C., et al., 2013. Bounding the role of black carbon in the climate system: A scientific assessment. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*.

Lee, D.S., et al., 2010. Transport impacts on atmosphere and climate: Aviation. *Atmospheric Environment*, 44, 4678-4734.

Faccinnetto, A., et al., 2011. High-sensitivity detection of polycyclic aromatic hydrocarbons adsorbed onto soot particles using laser desorption/laser ionization/time-of-flight mass spectrometry: An approach to studying the soot inception process in low-pressure flames. *Combustion and Flame*, 158, 227-239.

Ouf, F.-X., et al., 2012. Characterization of aerosols produced by a commercial combustion aerosol generator MiniCASTTM 5201: EC/TC, size distribution, morphology and optical properties. European Aerosol Conference, Grenada, Spain, 2 – 7 September 2012.

SESSION V : AEROSOLS ET ENVIRONNEMENT
Présidents de séances : D. Maro, O. Ramalho

DEPOTS PAR TEMPS SEC ET TEMPS DE PLUIE DE L'AEROSOL ATMOSPHERIQUE SUR UN BASSIN VERSANT URBAIN

P. LAGUIONIE*(1), D. MARO(1), P. ROUPSARD(1), S. PERCOT(1), L. SOLIER(1), V. RUBAN(2), M. ROZET(1), D. HEBERT(1), O. CONNAN(1).

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

(2) Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux (IFSTTAR), GER7, 44344 Bouguenais.

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 (composé des flux de dépôt par temps sec et temps de pluie) sur les surfaces au sol est fondamentale pour estimer le risque encouru par la population et l'environnement. Les flux de dépôt 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, les flux de dépôt de l'aérosol atmosphérique y restent peu étudiés.

Ce papier est une synthèse des processus de dépôt étudiés 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) (Laguionie, 2011 ; Roupsard et al., 2011a, 2011b ; Roupsard, 2013 ; Roupsard et al., 2013). Le projet INOGEV fait partie du programme de recherche Villes Durables de l'Agence Nationale de la Recherche.

Les résultats portent sur : (1) la quantification des flux de dépôt par temps sec sur différents couverts naturels et artificiels constitutifs des surfaces urbaines, (2) la quantification des flux de dépôt par temps de pluie en distinguant le flux de dépôt par washout (rabattement des particules par les gouttes de pluie sous le nuage) et le flux de dépôt par rainout (apport de particules initialement contenue dans les gouttes de pluie au sein du nuage), et (3) le suivi du flux de dépôt total et de ses trois composantes sur le bassin versant du Pin Sec à Nantes, au cours d'une année, avec un pas de temps mensuel. Ces résultats répondent également au besoin d'alimentation des bases de données descriptives des environnements urbains.

Les méthodes développées reposent 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.

Références :

Laguionie P., Maro D., Letellier B., Le Cavalier S. (2011). Rain scavenging of below-cloud aerosol particles: field measurements using Electrical Low Pressure Impactor and Scanning Mobility Particle Sizer coupled with Aerodynamic Particle Sizer. EAC, Manchester, 4-9 septembre 2011.

Roupsard P., Amielh A., Coppalle A., Branger H., Laguionie P., Connan O., Hébert D., Maro D., Talbaut M. (2011a). Etude du dépôt sec d'aérosols submicroniques sur des surfaces urbaines en veine aéraulique. CFA, Paris, 25-26 janvier.

Roupsard P., Amielh A., Coppalle A., Branger H., Laguionie P., Connan O., Hébert D., Maro D., Talbaut M. (2011b). Submicronic aerosols dry deposition on urban surfaces: a wind tunnel study to improve the lack of knowledge. Int. Conf. EAC, Manchester, 4-9 septembre.

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.

EXPLORATION STATISTIQUE DE LA VARIABILITE TEMPORELLE DES PARTICULES DANS UN ENVIRONNEMENT INTERIEUR DE TYPE BUREAU

R. OUARET*(1, 2), A. IONESCU(2), O. RAMALHO(1), V. PETREHUS(3), Y. CANDAU(2)

⁽¹⁾ Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

⁽²⁾ Centre d'Etudes et de Recherche en Thermique, Environnement et Systèmes (CERTES EA 3481),
Université Paris-Est Créteil

⁽³⁾ Université Technique des Constructions de Bucarest, Département de Mathématiques, Roumanie

RESUME

L'identification des sources de particules dans les environnements intérieurs et la quantification de leur contribution nécessite de développer les connaissances sur la variabilité temporelle de la concentration en particules dans l'air.

Ce travail présente une analyse statistique des concentrations en nombre de particules dans un environnement intérieur de type bureau. Il a pour objectif de définir des profils types journaliers de concentration pour cet environnement particulier, étape préalable au développement de modèles permettant de quantifier la contribution des sources. Les données ont été enregistrées avec un pas de temps de 10 minutes, pendant 45 jours consécutifs. Les concentrations des particules sont enregistrées par un compteur optique des particules sur 15 gammes de taille entre 0,3 et 20 μm . Des mesures de concentrations de CO_2 ont été effectuées en parallèle dans le même bureau par un capteur infrarouge non dispersif.

Les 15 canaux constituent des séries temporelles très corrélées entre elles et nous avons résumé cette information en utilisant la matrice de corrélations et l'analyse en composantes principales (ACP) de ces 15 variables. A partir de ces données, 4 variables représentatives ont été élaborées. Leur choix a été validé par une nouvelle ACP des variables initiales en utilisant les nouvelles variables comme passives. Un autre résultat de cette analyse montre que le profil temporel du CO_2 est le plus similaire avec la fraction de particules $\text{PM}_{4-7.5}$.

Le profil temporel du CO_2 est également très corrélé avec la première composante principale obtenue par l'ACP des particules (63% de variance expliquée), ce qui met en évidence l'existence d'une ou des sources communes pour ces deux polluants.

En utilisant différentes méthodes de classification, nous avons mis en évidence des profils type journaliers pour les particules et le CO_2 . Les fluctuations temporelles en jours ouvrés sont caractérisées par une variance journalière très importante, tandis que le week-end, ces variations sont moins prononcées. Les occupants jouent donc un rôle majeur soit directement en tant que sources de particules au travers de la resuspension des particules déposées soit indirectement par la modulation des sources présentes (imprimantes, fenêtres, etc.).

DEVELOPPEMENT ET EVALUATION D'UN MODELE D'AEROSOLS RESOLU EN TAILLE ET EN COMPOSITION CHIMIQUE POUR UNE MEILLEURE REPRESENTATION DE LA POLLUTION PARTICULAIRE A L'ECHELLE URBAINE AVEC LE MODELE DE CHIMIE TRANSPORT CHIMERE.

E. DEBRY (*) (1), F. COUVIDAT (1,2), B. BESSAGNET (1) ET L. ROUIL (1)

(1) INERIS Parc Technologique ALATA BP 2 60550 Verneuil-en-Halatte.

(2) CEREAS 6-8 avenue Blaise Pascal, Cité Descartes Champs-sur-Marne 77455 Marne la Vallée Cedex 2

RESUME

L'objet de cette communication est de présenter le modèle d'aérosols développé à l'INERIS sur la base des travaux [1] et [2]. La nouveauté de ce modèle consiste en un suivi explicite des particules ultra fines et de plusieurs classes de composition chimique par sections de taille, qui puisse être intégré au modèle de Chimie Transport (CTM) CHIMERE, ceci afin de mieux prendre en compte la pollution particulaire à l'échelle urbaine et de rechercher l'apport des différentes sources.

Des mesures d'ATOFMS sur la région de Los Angeles ([3]) mettent en évidence l'hétérogénéité de la composition chimique des particules pour une même section de taille, c'est-à-dire la présence dans un même volume d'air de particules de même diamètre mais de compositions chimiques différentes. Plus près de nous et dans un sens plus orienté recherche de sources, le rapport [4] souligne l'apport à la pollution particulaire parisienne de ses régions limitrophes et de différentes sources (trafic routier, chauffage urbain).

On peut déjà citer plusieurs modèles capable de mieux représenter cette diversité de compositions chimiques et d'origines. Le modèle [5] associe une distribution en taille à certaines compositions chimiques et origines, puis établit des règles de passage de l'une à l'autre, suivant les processus de coagulation et condensation/évaporation. Ce modèle repose sur une approche sectionnelle, ce qui permet son insertion dans un CTM. Le modèle [6], quant à lui, repose sur une approche par particules, ce qui permet de représenter très finement l'espace des compositions chimiques possibles, mais rend difficile son insertion dans un modèle 3D du fait de sa nature stochastique. Les premières évaluations de ces modèles constatent tous des différences importantes sur les propriétés optiques et hygroscopiques (CCN) des particules d'avec la représentation plus classique en mélange homogène.

Le modèle développé ici s'appuie sur l'approche sectionnelle de [2], mise en oeuvre pour la coagulation, dans laquelle l'espace des compositions chimiques est discrétisé de manière régulière suivant la fraction massique des composants chimiques. Cette approche, bien que rigoureuse, est impraticable en 3D du fait du trop grand nombre de variables qu'elle engendre. Afin de rendre ce type d'approche utilisable en 3D, la discrétisation de la composition chimique est rendue arbitraire et étendue à la condensation/évaporation et nucléation. Par exemple, dans une section de particules ultra fines, on distingue celles comprenant plus de 50 % de matière carbonée. Puis à l'intérieur de cette même classe, on différencie les particules suivant le rapport entre les fractions de carbone élémentaire et de carbone organique, séparant ainsi l'apport du trafic routier diesel et essence. A l'opposé, les particules composées de moins de 50 % de matière carbonée sont classées suivant leur fraction en acide sulfurique, mettant en évidence le processus de nucléation. Pour les particules grossières, une discrétisation de la composition chimique suivant les fractions en sels de mer et poussières semble plus pertinente à la vue des mesures [3, 4]. Une attention particulière a été portée à l'efficacité des algorithmes et à la gestion de la mémoire, dans l'optique de son insertion dans CHIMERE.

Au cours de cette communication, nous détaillons les caractéristiques du modèle, puis nous évaluons ses principaux changements par rapport à un modèle en mélange homogène, ainsi que ses capacités à suivre l'apport de différentes sources, à l'aide de simulations 3D préliminaires en milieu urbain.

Références

- [1] Devilliers, M. and Debry, E. and Sartelet, K. and Seigneur, C. A new algorithm to solve condensation/evaporation for ultra fine, fine, and coarse particles. *Journal of Aerosol Science*, 55(0):116 - 136, 2013.
- [2] Dergaoui, H. and Sartelet, K.N. and Debry, E. and Seigneur, C. Modeling coagulation of externally mixed particles: Sectional approach for both size and chemical composition. *Journal of Aerosol Science*, 58:17-32, 2013.
- [3] Hughes, L. S. and Allen, J. O. and Bhave, P. and Kleeman, M. J. and Cass, G. R. and Liu, D.-Y. and Fergenson, B. D. and Morrical, B. D. and Prather, K. A. Evolution of Atmospheric Particles along Trajectories Crossing the Los Angeles Basin. *Research*, 34(15):3058-3068, 2000.
- [4] Source Apportionment of Airborne Particles In The Ile De France Region. Technical Report. AIRPARIF. August 2012.
- [5] Jacobson, M.Z. Analysis of aerosol interactions with numerical techniques for solving coagulation, nucleation, condensation, dissolution and reversible chemistry among multiple size distributions. *J. Geophys. Res.*, 107(D19):4366, 2002.
- [6] Riemer, N. and West, M. and Zaveri, R.A. and Easter, R.C. Simulating the evolution of soot mixing state with a particle-resolved aerosol model. *J. Geophys. Res.*, 114:D09202, 2009.

NANO-DATA

C. BRESSOT, N. SHANDILYA* (1, 2), O. LE BIHAN (1), M. MORGENEYER (2) C. PAGNOUX (3), P. HORNYCH (4)

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

⁽²⁾ Université de Technologie, Compiègne, France

⁽³⁾ ENSCI Limoges, France

⁽⁴⁾ IFSTTAR Bouguenais, France.

RESUME

L'emploi de plus en plus répandu de nanomatériaux contenant de la silice amorphe (pneumatiques) ou du dioxyde de titane (revêtements, peintures, céramiques, matériaux de construction, chaussées) pose question sur l'exposition des personnes et de l'environnement suite à d'éventuels relargages. Nos précédents travaux [1-2] sur l'émissivité de nanomatériaux (NM) ont mis en évidence un relargage sous forme hétérogène (extrait de matrice contenant la nano-charge) ou libre (nano-charge indépendante). Ce point crucial pour l'évaluation environnementale et sanitaire de l'exposition à des nanoparticules (NP) nécessite d'être mieux documenté et étudié sous l'angle de la relation entre les propriétés des NM et de leur émissivité.

Le projet Nano-data financé par l'ANSES (APR 2012) et le ministère en charge de l'environnement s'inscrit dans ce contexte. Son but est de mieux définir les termes sources en lien avec les expositions aux nanoparticules.

Les échantillons visés par cette étude sont des produits du commerce comme des céramiques antibactériennes, revêtements de sol auto-nettoyants, peintures dépolluantes utilisés notamment dans les hôpitaux et en air extérieur sur les revêtements routiers et les pneus, contenant des NP.

La sollicitation mécanique suit les méthodologies de chaque domaine comme l'abrasion (taber) pour les peintures, les lasures et les carrelages avec un mesurage par comptage particulaire et prélèvement sur grille MET [3]. Dans le cas des chaussées et les pneus les pavements sont polis (machines Wehner et Schulze) [4-5] ou usés par machines FABAC pour quantifier les aérosols générés.

Dans le cas des carrelages contenant du dioxyde de titane, des variations dans l'introduction de la nano-charge en surface ou dans la matrice sont étudiées.

Le projet Nano-data va également permettre d'obtenir des données expérimentales sur des NM soumis à des variations de température et d'hygrométrie dans des conditions réelles de sollicitation. Ces essais contribueront ainsi à une meilleure compréhension du relargage de nanoparticules à partir de nano-produits vieilliss.

Références

[1]Bressot C., Aguerre-Chariol O., Plassais A., Rousseau F., Haehnel C., Le Bihan O., Développement d'un test d'abrasion pour béton, avec étude du relargage potentiel en particules inhalables, Congrès Français sur les Aérosols, Paris, 2013 ;

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

[3]Le Bihan, O., Shandilya, N., Gheerardyn, L., Guillon, O., Dore, E., Morgeneyer, M., Investigation of the Release of Particles from a Nanocoated Product, *Advances in Nanoparticles*, 2013, 2.

[4]Do, M.-T. , Tang, Z., Kane , M. , De Larrard F., Pavement polishing—Development of a dedicated laboratory test and its correlation with road results, *Wear*, 263, 36–42 , 2007.

[5]Do, M.-T. , Tang, Z., Kane , M. , De Larrard F., Evolution of road-surface skid-resistance and texture due to polishing, *Wear*, 266, 574–577, 2009.

EXPOSANTS

ECOMESURE

Nouveautés ECOMESURE présentées au CFA



Neutraliseur pour colonne de séparation des aérosols par mobilité électrique sans rayonnement ionisant **aDBD**

- Permet de maîtriser la charge des aérosols en toute sécurité
 - Pas d'obligation réglementaire associée
 - Chargeur bipolaire : création d'ions négatifs et positifs simultanément
 - Adaptable à toute la gamme nano
- GRIMM

Collecteur de nanoparticules **Mini Particle Sampler**

- Caractérisation de l'exposition aux nanoparticules
- Collection des particules sur grille TEM
- Fabriqué sous licence INERIS



Analyseur de poussières en temps réel portatif **FIDAS MOBILE**

- Spectromètre optique en lumière blanche
- Mesure simultanée des fractions : thoracique (PM-10), alvéolaire (PM-4), PM-2.5, PM-1, Poussières Totales
- Comptage en nombre de 0,20 μm à 18 μm SUR 64 CANAUX

Analyseur de particules en cheminées en temps réel **PPS-M1S / PPS-M2S**

- Prélèvement et mesure en continu en cheminée en temps réel
- Concentration massique et en nombre jusqu'à 10 Hz
- Gamme de concentration : 0,001 mg/m^3 à 3 g/m^3 et 10^2 à 10^9 part/cm^3
- Gamme de particules mesurées : > 0,005 μm



ECOMESURE

3, rue du Grand Cèdre - F 91640 JANVRY
Tél. : (+33) 01 64 90 55 55 – Fax : (+33) 01 64 90 55 66
E-mail : info@ecomasure.com - www.ecomasure.com

PRECISION MEASUREMENT INSTRUMENTATION WITH UNSURPASSED ACCURACY AND RELIABILITY

TSI INCORPORATED CORPORATE OVERVIEW



UNDERSTANDING, ACCELERATED

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



UNDERSTANDING, ACCELERATED

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

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

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

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

Understand more at
www.tsi.com.

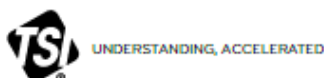
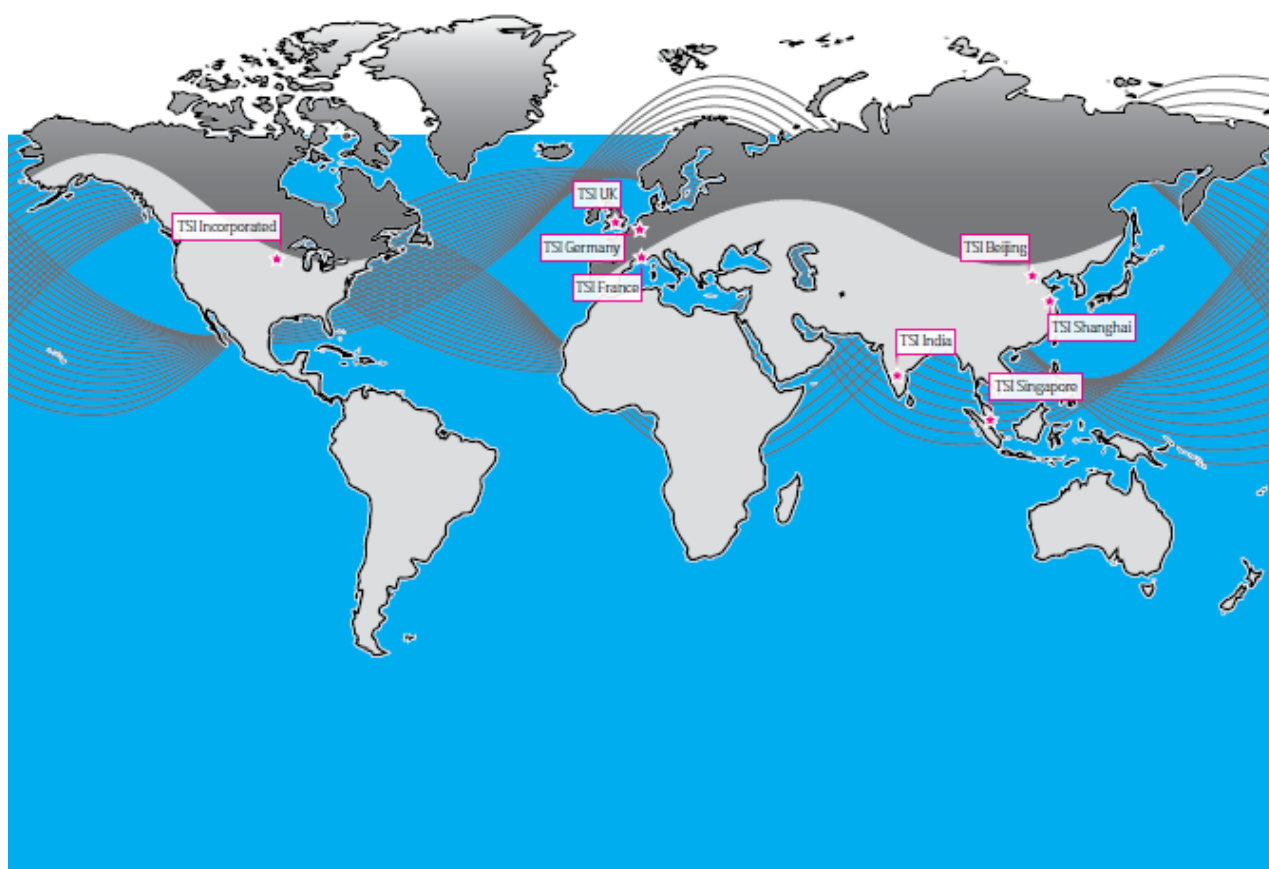
FROM UNMET NEEDS TO DIFFICULT-TO-SOLVE TECHNICAL PROBLEMS,
OUR CUSTOMERS LOOK TO TSI FOR INSTRUMENTS THAT ARE THE FIRST,
THE ONLY, OR THE BEST OF THEIR KIND.

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



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

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



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

USA	Tel: +1 800 674 2811	India	Tel: +91 80 67877200
UK	Tel: +44 149 4 459200	China	Tel: +86 10 8251 6588
France	Tel: +33 4 91 11 87 64	Singapore	Tel: +65 6595 6388
Germany	Tel: +49 241 523030		

P/N 5001041 Rev D

©2012 TSI Incorporated

Printed in U.S.A.

Intertek

Instruments pour la mesure instantannée des poussières



Compteurs de poussières en mesure instantannée

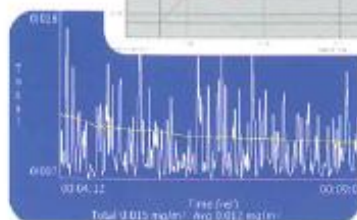
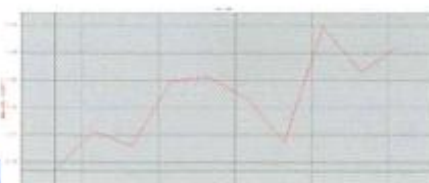
La norme XPX 43-299 révolutionne les méthodes d'analyse des poussières en **Hygiène Industrielle**, en reconnaissant les principes optiques pour l'étude de l'exposition des personnes au poste de travail.

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

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

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

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



INDUSTRIES CONCERNÉES

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

Compteurs de poussières



Intertek - Division instrumentation

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

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

DIVISION INSTRUMENTATION

Intertek

Instrument de mesure hygiène et sécurité



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

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

BRUIT

POUSSIÈRES

CO

CO₂

COV

Fit Test

COMPTEURS DE POUSSIÈRES

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

SONOMÈTRES INTÉGRATEURS OPTIMUS & EXPOSIMÈTRES

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

TESTEURS DE MASQUES DE PROTECTION

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

ANALYSEURS CO / CO₂ / COV

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

EXPOSIMÈTRE DOSEBADGE

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

Industries concernées :

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



Intertek - Division instrumentation

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

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

DIVISION INSTRUMENTATION

Intertek

Instrument de mesure métrologie des aérosols



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

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

GRANULOMÈTRE

COMPTEUR DE PARTICULES

GÉNÉRATEUR DE PARTICULES

TESTEUR AUTOMATIQUE DE FILTRES

GÉNÉRATEURS D'AEROSOLS

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

ANALYSEURS DE POUSSIÈRES

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

ANALYSEURS DE PARTICULES

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

Domaines concernés :

Recherche sur les aérosols, filtration, environnement, émissions automobiles



Intertek - Division instrumentation

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

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

DIVISION INSTRUMENTATION

Intertek

Location d'instruments de mesure



Instruments destinés à l'Hygiène et la Sécurité

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

BRUIT

POUSSIÈRES

CO

CO₂

COMPTEURS DE POUSSIÈRES

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

SONOMÈTRES INTÉGRATEURS OPTIMUS & EXPOSIMÈTRES

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

TESTEUR DE MASQUE DE PROTECTION

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

ANALYSEUR CO / CO₂

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

EXPOSIMÈTRE DOSEBADGE

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



Intertek - Division instrumentation

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

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

Intertek



Qualification sorbonnes et hottes chimiques

CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

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

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

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

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

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

EQUIPEMENTS CONCERNÉS

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

LISTE DES TESTS EFFECTUÉS

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

Intertek - Prestation de service

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

