

SCIENCE ET METROLOGIE DES AEROSOLS EN FRANCE : HISTOIRE ET IMPACT

M. Pourprix

Consultant, 91310 Montlhéry, France
Courriel : michel.pourprix@gmail.com

TITLE

Aerosol science and metrology in France : history and impact

RESUME

La science des aérosols est probablement née à Paris en 1860 lors d'une présentation orale à l'Académie des Sciences où Pouchet décrivait son Aéroscope. Il est maintenant admis qu'il s'agissait du tout premier impacteur, avant celui décrit par l'anglais Maddox en 1870. Peu de temps après, en 1875 à Paris à l'Hôpital du Val de Grâce, Coulier réalisait des expériences montrant le rôle des fines particules sur la condensation de vapeur. Mais c'est en Angleterre, avec des expériences similaires publiées en 1880, que Aitken a laissé son nom sur les noyaux de condensation. Ainsi va l'histoire... Dans cette présentation, nous allons passer en revue les principaux développements de la science et de la métrologie des aérosols en France depuis cette époque fertile, en insistant particulièrement sur l'impact qu'ont pu avoir ces avancées, surtout ces 50 dernières années, dans différents domaines.

ABSTRACT

The aerosol science is probably born in Paris in 1860 during an oral report at the Academy of Sciences, where Pouchet described the Aéroscope. It is now accepted that this was the very first impactor, before the one developed in England by Maddox in 1870. Few years later, in 1875 in Paris, at the hospital of Val de Grâce, Coulier made the first basic experiments and obtained observations dealing with the role of fine airborne particles in the vapor condensation process. But it is in England, after similiary experiments published in 1880, that Aitken was considered as the "discoverer" of the condensation nucleus. So does the history... In this presentation, we will review the main developments of the aerosol science and metrology in France since this inventive periode, with a special emphasis on the impact that these advances have had, especially these past 50 years, in different fields.

MOTS-CLÉS :aerosol, science, métrologie, histoire, impact / **KEYWORDS**:aerosol, science, metrology, history, impact

1. HISTOIRE DE LA SCIENCE DES AEROSOLS FRANCAISE

1.1. Introduction

On peut dire que c'est principalement dans le domaine de la biocontamination que la science des aérosols a pris son essor en France il y a un peu plus de 150 ans. En effet, c'est à partir de 1859 que Louis Pasteur, chimiste et physicien de formation, s'engage dans une lutte sévère contre les partisans de la « génération spontanée », en particulier contre Félix-Archimède Pouchet et un jeune journaliste, Georges Clémenceau. Ce dernier, médecin, met en cause les compétences de Pasteur pour des raisons d'ailleurs plus idéologiques que scientifiques. Il aura fallu à Pasteur 6 années de recherches intenses et d'expériences minutieuses à partir des biocontaminants atmosphériques, qu'il nomme « corpuscules organisés qui existent dans l'atmosphère » (Pasteur, 1861) pour arriver à démolir cette doctrine face à de solides détracteurs, y compris parmi certains Membres de l'Académie des Sciences de l'époque.

Au passage, devant les Membres de cette Académie réunis à Paris lors de la séance du 16 avril 1860, c'est l'occasion pour Pouchet de présenter l'instrument qu'il appelle l'Aéroscope, aujourd'hui considéré comme étant le tout premier impacteur d'aérosol au monde. Il convient d'ailleurs de rendre hommage à Virgil A. Marple (1939-2017) d'avoir réhabilité le français Pouchet, alors que ce spécialiste américain (Marple, 2004) avait toujours pensé que l'impacteur original avait été développé en Angleterre par Maddox en 1870.

1.2. Histoire de la science des aérosols en France, rappel du CFA 2000

C'est en conférence plénière au 16^{ème} Congrès Français sur les Aérosols, en l'an 2000, que le sujet a déjà été largement traité par le Pr. André Renoux (Renoux, 2000).

Les thèmes retenus étaient bien évidemment centrés sur l'apport du Pr. Jean Bricard (1907-1988), considéré à juste titre par notre communauté comme le père de la Science des aérosols française, ainsi que sur l'histoire du COFERA (1984-1994), puis de l'ASFERA créée en 1995. André Renoux a terminé son exposé

sur l'enseignement de la Science des Aérosols en France auprès des jeunes qu'il a formé, au côté desquels il a d'ailleurs consacré beaucoup de son temps et de son énergie.

Aujourd'hui encore, en tant que Président d'Honneur de l'ASFERA, nous sommes certains qu'il suit de très près l'évolution de l'Association, et notamment les Actes des Congrès Français sur les Aérosols publiés sur le site <https://www.asfera.org/fr/>.

2. SCIENCE ET METROLOGIE DES AEROSOLS : HISTOIRE ET IMPACT (CFA 2020)

Afin d'éviter une redondance par rapport à la conférence de l'an 2000, cet exposé sera plus spécialement centré sur l'apport des travaux réalisés par des équipes françaises dans le domaine des aérosols en insistant particulièrement sur les développements technologiques qui ont fait avancer la discipline dans différents domaines.

Quand bien même ces avancées ont démarré en France dès 1860, comme on l'a vu, c'est réellement à partir des années 1960-1970 qu'un véritable essor s'est produit, avec pour principaux thèmes concernés :

- le développement technologique en métrologie des aérosols et la calibration de l'instrumentation,
- les aérosols dans l'environnement,
- les aérosols et l'hygiène industrielle,
- les aérosols et les nanoparticules,
- les aérosols et le milieu médical,
- les bioaérosols,
- les aérosols radioactifs,
- la filtration des aérosols.

A noter que tous ces thèmes seront traités oralement en conférence, malgré le fait qu'ils ne le seront pas forcément de façon équitable faute de temps. Par contre, dans le présent texte introductif, de taille limitée, seul le premier thème a été sélectionné : **le développement technologique en métrologie des aérosols**.

Comme l'a signalé A. Renoux au CFA2000, une collaboration fructueuse s'est établie à la fin de 1958 entre deux laboratoires complémentaires : celui du Pr. Bricard de l'Université Paris VI, dont la renommée internationale en physique des aérosols était déjà bien établie, et celui de Jacques Pradel du CEA de Fontenay-aux-Roses, dont les activités étaient centrées sur le développement de techniques de protection et de confinement de la contamination en milieu nucléaire.

A titre d'exemple de ce qu'a produit ce rapprochement gagnant-gagnant entre la Science et la Technique, il convient de citer le développement du Compteur de Noyaux de Condensation (CNC). Cet instrument, qui a vu le jour dans les années 1970, était attendu par le spécialiste de la physique des nuages qu'était le Pr. J. Bricard. Il était également dans les cartons de J. Pradel, notamment pour envisager des contrôles rapides et en temps réel de filtres THE dans les installations nucléaires.

Après le dépôt de deux brevets (Grenier, Madelaine, Reiss, Rigaut, 1971, puis Madelaine, Reiss, 1972), suivi de la soutenance d'une thèse de doctorat (Reiss, 1972) et d'une présentation à l'Académie des Sciences (Bricard, Madelaine, Reiss, Turpin, 1972), plusieurs démonstrateurs de CNC ont été construits, la particularité de l'un d'eux étant le comptage des particules en flux continu d'une part, le comptage particule par particule d'autre part. On pensait alors que ces avantages allaient être décisifs et allaient intéresser beaucoup d'utilisateurs, car les CNC commercialisés à cette époque étaient à débit pulsé et ne pouvaient pas compter les particules une à une.

Mais devant la frilosité des industriels français et européens du moment face à ce nouvel instrument (une étude de marché ne prévoyait qu'une vente en Europe de 20-50 appareils sur 10-15 années), l'industrialisation était alors devenue incertaine. Finalement, après une phase de développement et de mise au point de prototypes, et après une présentation faite aux USA (Bricard, Delattre, Madelaine, Pourprix, 1976), le CEA signe un accord de licence avec la société américaine TSI. Un transfert de technologie est ensuite réalisé (Agarwal, Sem, Pourprix, 1977) et le premier CNC à flux continu, modèle 3020, est commercialisé en 1979.

On sait maintenant que les CNC fonctionnant sur ce principe, aujourd'hui appelés Compteurs de Particules par Condensation (CPC) ont été déclinés en de multiples versions, sont largement répandus dans le monde et sont aujourd'hui fabriqués par une bonne dizaine de sociétés, avec d'ailleurs une certaine reconnaissance internationale : « Jean Bricard and coworkers played the decisive role » (McMurry, 2000). Les applications sont vastes, la dernière en date en France étant l'intégration de ce dispositif dans la station de référence inaugurée en septembre 2019 dans les locaux d'Airparif. Pour la région IdF, la connaissance de la pollution aux particules ultrafines devrait permettre, à partir d'un futur réseau de capteurs, d'anticiper les enjeux sanitaires liés à ce polluant émergent afin de mieux protéger les franciliens et d'agir pour améliorer la qualité de l'air sur tout le territoire. Cette histoire n'est donc pas encore totalement écrite !

Think small.

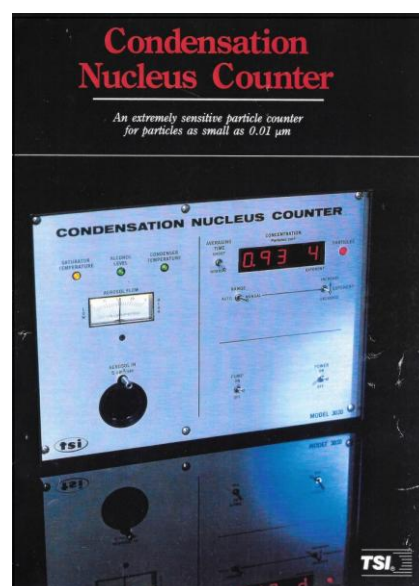
TSI's Condensation Nucleus Counter samples and counts aerosol particles down to $0.01 \mu\text{m}$ in diameter.

That is small!

Continuous sampling and counting of submicrometer particles . . . a task that requires more sensitivity than traditional optical particle counters can provide. That's why TSI developed the Model 3020 Condensation Nucleus Counter, an optical particle counter designed to detect submicrometer particles over a variety of concentration ranges.

The Model 3020 Condensation Nucleus Counter (CNC) enlarges submicrometer particles by condensation until they are large enough to be detected easily by a light-scattering detector. This method helps to reduce signal-to-noise ratio problems often associated with other particle counters and provides a more accurate count of particle concentrations.

The CNC is able to sample and count particles with diameters down to $0.01 \mu\text{m}$. Because it is more sensitive than most optical particle counters, the CNC offers a wider concentration range and can count individual particles in concentrations below 10^3 particles/cm³. The CNC measures number concentration data continuously for accurate characterization of the sampled aerosol.



Le premier CNC a flux continu commercialisé par TSI en 1979

Agarwal, J.K., Sem, G.J., Pourprix, M. (1977) A Continuous Flow CNC Capable of Counting Single Particles, Proceedings of the Ninth International Conference on Atmospheric Aerosols, Condensation and Ice Nuclei, Galway, Ireland, pp.118-122, 21-27 September.

Bricard, J., Delattre, P., Madelaine, G., Pourprix, M. (1976) Detection of Ultra-Fine Particles by Means of a Continuous Condensation Nuclei Counter. In "Fine Particles" edited by B.Y.H. Liu, Academic Press, New-York, pp.565-580.

Bricard, J., Madelaine, G., Reiss, Ph., Turpin, P.Y. (1972) Compteur de noyaux de condensation à flux continu, C.R. Acad. Sc. Paris, t.275, Série B, 837-840, 27 novembre.

Grenier, C., Madelaine, G., Reiss, Ph., Rigaut, H. (1971) Dispositif de dénombrement de particules, Brevet d'invention déposé le 22 avril 1971, enregistré à l'INPI sous le n° 71.14397.

Madelaine, G., Reiss, Ph. (1972) Dispositif de comptage de particules dans un aérosol, Brevet d'invention déposé le 21 juin 1972, enregistré à l'INPI sous le n° 72.22432.

Marple, V.A. (2004) History of Impactors – The First 110 Years, Aerosol Sci. Technol. 38:247-292.

McMurry, P.H. (2000) The History of Condensation Nucleus Counters, Aerosol Sci. Technol. 33:297-322.

Pasteur, L. (1861) Sur les corpuscules organisés qui existent dans l'atmosphère. Leçon professée à la Société Chimique de Paris le 19 mai.

Reiss, Ph. (1972) Dispositif d'étalonnage pour compteur de noyaux de condensation, Thèse 3^{ème} cycle, Université. Paris VI, 28 juin.

Renoux, A. (2000) Histoire de la Science des Aérosols Française.

https://www.asfera.org/medias/files/asfera/cfa2000_histoire-de-la-science-des-aerosols-francaise_a-renoux.pdf