

CARACTERISATION DE LA GENERATION D'AEROSOL D'UN BANC D'ÉTALONNAGE DE CNC DANS LE CADRE DE SON DEVELOPPEMENT SELON LA NORME ISO 27891

R. Ploix^{*1}, M. Tossa¹, A. Fouqueau¹, T. Mace¹ et N. Hertel¹

¹Laboratoire National de Métrologie et d'Essais (LNE), 75724 Paris, France

*Courriel de l'orateur : remy.ploix@lne.fr

TITLE

Characterization of the aerosol generation of a CPC calibration bench, during its development following International standard ISO 27891

RESUME

La conception d'un banc d'étalonnage de Compteurs à Noyaux de Condensation (CNC) pour la surveillance de la qualité de l'air ambiant est basée sur deux normes : ISO 27891 et NF EN 16976. Pour développer un banc de ce type au LNE, un nouveau générateur d'aérosol a été acquis, le SPG (Silver Particle Generator) fabriqué par Catalytic Instruments. Ce générateur fait partie de la section génération et conditionnement de l'aérosol du banc, et qui fait l'objet de plusieurs tests. Ces tests concernent la stabilité de la génération en diamètre et en concentration, mais également l'aspect géométrique des particules entre les différentes étapes du conditionnement, avec des mesures au microscope électronique à balayage.

ABSTRACT

A CPC calibration bench for CPC used for air quality monitoring had to be build following two standard: ISO 27891 and CEN 16971. A bench of this type is currently under development at LNE, and to do so a new silver particle generator (SPG) from Catalytic Instruments has been bought. This generator takes part in the aerosol generating and conditioning section of the bench that is the object of different tests, on the stability in diameter and concentration of the generation, and on the geometric aspect of the particle between the different states of the conditioning section with scanning electron microscopy.

MOTS-CLES : Etalonnage, CNC, Qualité de l'air, Génération d'aérosol / **KEYWORDS**: Calibration, CPC, Air Quality, Aerosol generation

1. L'ÉTALONNAGE DES CNC POUR LA SURVEILLANCE DE LA QUALITE DE L'AIR AMBIANT

En France, l'étalonnage des Compteurs à Noyaux de Condensation (CNC) est une problématique récurrente pour les organismes de recherche et de surveillance de la qualité de l'air ambiant équipés de ce type d'appareil afin d'assurer la traçabilité et la justesse de mesure. Cette problématique est notamment présente au sein des Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA), qui mettent en oeuvre des CNC dont les performances sont établies par la norme NF EN 16976. Cette norme impose notamment de réaliser seize points d'étalonnage, alors que certains fabricants proposent l'étalonnage de leurs appareils en réalisant moins de points (allant jusqu'à une seule mesure de concentration dans certains cas). Un besoin d'étalonnage conforme aux exigences de cette norme est donc apparu et aucune réponse n'existe en France à ce jour, à notre connaissance.

2. LA CONCEPTION DU BANC D'ÉTALONNAGE DES CNC

2.1. La norme ISO 27891

La réalisation d'un banc d'étalonnage de CNC est définie par la norme ISO 27891. Cette norme porte sur plusieurs éléments importants liés au banc d'étalonnage, comme les gaz porteurs utilisables, le type d'aérosol et son conditionnement, et quel appareil de référence utiliser. En plus de ces éléments, des méthodes d'estimations des incertitudes liées au banc tel qu'il est présenté sont proposées. Une première méthode concerne le système de division des flux permettant au CNC en étalonnage et à l'appareil de référence de mesurer le même flux d'aérosol. Une seconde méthode permet l'estimation du nombre de particules portant des charges multiples en sortie du trieur électrostatique du banc permettant d'avoir un aérosol monodisperse (détaillé en 3). Les différents éléments proposés dans cette norme conduisent à améliorer la justesse de l'étalonnage en réduisant les incertitudes de mesure. De plus, dans le cas présent, l'appareil de référence est un électromètre (FCAE, Faraday Cup Aerosol Electrometer) qui présente l'avantage de mesurer la concentration d'aérosol en fonction de son débit de prélèvement et de l'intensité électrique induite par les charges portées par les particules composant l'aérosol. En effet, ces deux grandeurs étant directement liées au Système International d'unités (SI), l'électromètre est donc un étalon primaire, ce qui est un élément important pour le LNE.

2.2. La norme NF EN 16976

D'autre part, comme mentionné précédemment, l'un des objectifs de ce banc est l'étalonnage des CNC des AASQA destinés à la mesure de l'aérosol ambiant. La gamme de diamètres et de concentrations de l'aérosol généré doit donc respecter les prérequis de la norme européenne NF EN 16976. La gamme de diamètres est de 7 nm à 40 nm pour des concentrations variant de 1000 à 3000 $\#/cm^3$ en 9 points, et la gamme de concentrations de 1000 à 50000 $\#/cm^3$ pour un diamètre de 40 nm en 7 points. Ce grand nombre de points induisant une grande durée d'étalonnage, l'étalonnage de plusieurs appareils en parallèle a été priorisé. Ceci a nécessité d'adapter légèrement le protocole décrit dans la norme ISO 27891, en passant d'un séparateur de flux à deux voies vers un séparateur de flux à quatre voies afin d'étalonner trois appareils en parallèle (Figure 1).

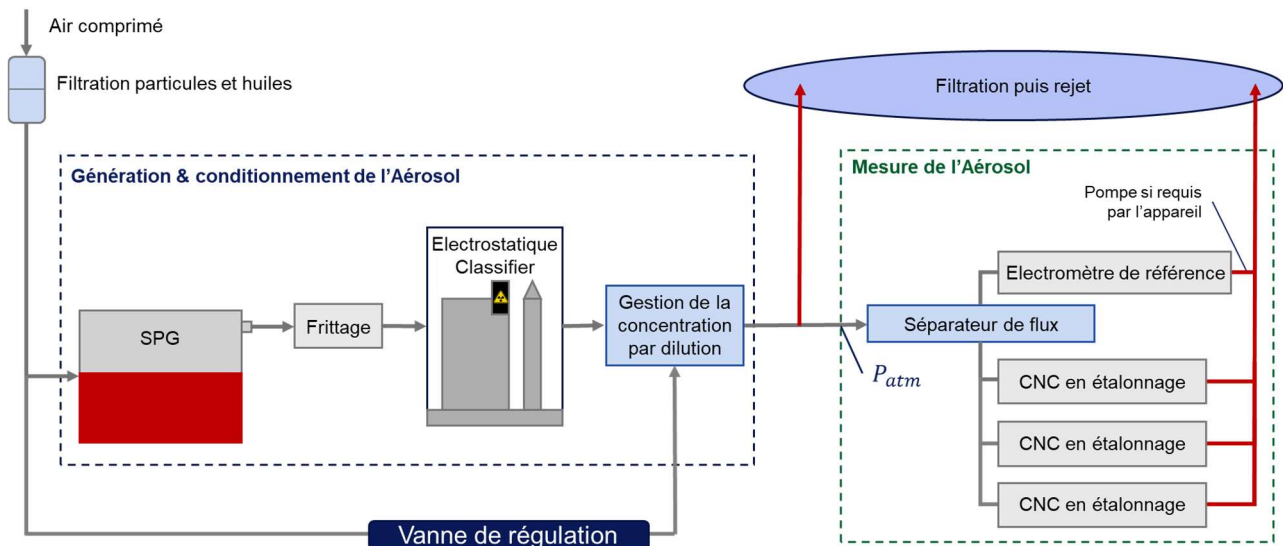


Figure 1. Schéma du banc d'étalonnage des CNC du LNE

3. GENERATION ET CONDITIONNEMENT DE L'AEROSOL

L'aérosol utilisé sur le banc d'aérosol est un aérosol d'argent, et le gaz porteur est de l'air comprimé filtré et déshuilé. Pour la génération, un SPG (Silver Particle Generator) de Catalytic Instrument est utilisé, accompagné d'un four à 400°C (S8000, Catalytic Instrument) permettant de fondre les agglomérats sortant du SPG (étape de frittage), afin d'obtenir des particules sphériques selon les caractéristiques données par le fabricant de l'appareil (Eadie et al., 1977, Hammer et al., 2022). Des mesures au microscope électronique à balayage ont également été effectuées pour caractériser l'aérosol généré. L'aérosol est ensuite trié à l'aide d'un classificateur électrostatique TSI 3082 équipé d'une colonne TSI NanoDMA 3085A, permettant d'atteindre le diamètre minimum de 7 nm requis par la norme NF EN 16976. Comme mentionné précédemment, le triage électrostatique d'un aérosol entraîne un biais bien connu lié aux particules portant plusieurs charges élémentaires. En effet, la majorité des particules chargées portent une seule charge, mais des particules de taille supérieure au diamètre trié peuvent en porter plusieurs (Wiedensohler, 1988). Ce biais entraîne une incertitude de mesure supplémentaire particulièrement importante quand l'appareil de référence pour l'étalonnage est un électromètre, ce qui est le cas pour ce banc d'étalonnage. Afin d'estimer ce biais, une procédure nécessitant deux mesures supplémentaires par point d'étalonnage est proposée dans la norme NF EN 16976. Elle doit être réalisée pour chaque point d'étalonnage afin de pouvoir fournir l'incertitude la plus juste possible. En aval du trieur, un apport d'air comprimé est réalisé afin d'ajuster le débit pour qu'il corresponde à la somme des débits de prélèvement des appareils de mesure. Pour générer les différents points d'étalonnage, seuls la température de génération et le diamètre de triage sont utilisés, les autres paramètres restant constants tout au long de l'étalonnage.

Plusieurs essais de stabilité en diamètre et en concentration, de la génération et du conditionnement de l'aérosol ont été réalisés. De plus, des mesures de microscopie électronique à balayage de l'aspect géométrique des particules d'argent entre les différents appareils de la section conditionnement de l'aérosol du banc ont été effectuées afin de déterminer la sphéricité des particules utilisées pour notre banc d'étalonnage.

4. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Le banc d'étalonnage du LNE est fonctionnel, mais la caractérisation a été étendue aux différentes étapes de la génération. Des tests supplémentaires sur le triage de l'aérosol pourront être réalisés à l'avenir en ajoutant d'autres systèmes de tri des particules basés sur des principes de fonctionnement différents (par exemple, un

trieur aérodynamique d'aérosol, AAC) en plus du trieur électrostatique, afin de s'affranchir des biais liés à chacun des deux appareils lorsqu'ils sont utilisés seul. Les résultats de ce test pourront ainsi être comparés aux résultats corrigés avec le trieur électrostatique seul.

NF EN 16976 - Air ambiant – Détermination de la concentration en nombre de particules de l'aérosol atmosphérique

ISO 27891 - Aerosol particle number concentration – Calibration of condensation particle counters

Eadie R. L., Weatherly G. C., Aust K; T. (1977) A study of sintering of spherical silver powder – I. The intermediate stage, *Acta Metallurgica*, Vol. 26

Hammer T., Irwin M., Swanson J., Berger V., Sonkamble U., Boies A., Schulz H., Vasilatou K. (2022) Characterising the silver particle generator; a pathway towards standardising silver aerosol generation, *Journal of Aerosol Science*, Vol. 163

Wiedensohler, A. (1988) An approximation of the bipolar charge distribution for particles in the submicron size range, *Journal of Aerosol Science*, Vol. 19