UN COMPTEUR DE NOYAUX DE CONDENSATION RAPIDE AVEC UNE LARGE LARGE GAMME DE TAILLES

J.P.R. Symonds [1], S.D. Payne1, M. Tofts [1] A. Noirtin [2]
[1] Cambustion, Cambridge, CB1 8DH, Royaume-Uni
[2] LVM'Air
* arnaud.noirtin@lvmair.fr

Mots-clés : Nombre de particules, CPC, Instrumentation, Métrologie

ABSTRAIT

Cette étude présente un compteur de noyaux de condensation (CNC) ou Condensation Particle Counter (CPC) capable d'atteindre une large plage de détection de taille et une réponse temporelle rapide. Un CPC, dans lequel les particules grossissent par condensation jusqu'à ce qu'elles soient suffisamment grandes pour être comptées par diffusion optique, permet de compter des particules plus petites qu'un compteur de particules optiques (OPC). Cependant, la plupart des CPC ont des problèmes pour compter les particules plus grosses (>1 µm) en raison des pertes de particules dans les courbures et les étranglements. Le CPC présenté a une conception horizontale complète et de mélange laminaire pour éviter la perte de grosses (et petites) particules. Cela permet à ce CPC de mesurer des particules plus grosses que les autres CPC disponibles sur le marché. Les tests effectués avec plusieurs appareils ont démontré une plage de détection (D50) de 5 nm à 10 µm et une réponse temporelle (T90-10%) < 100 ms, limité par le débit de données, ce qui signifie qu'il devrait être inférieur à < 50 ms.

*

Keywords: Particle Number, CPC, Instrumentation, Metrology

ABSTRACT

This study presents a Condensation Particle Counter (CPC) that can achieve a wide size detection range and fast time response. The nature of the CPC, in which particles are grown by condensation until they are large enough to be counted by optical scatter, allows it to count smaller particles than an Optical Particle Counter (OPC). However, most CPCs have problems counting larger particles (>1 µm) due to particle losses in bends and constrictions. The presented CPC has a complete horizontal design and laminar mixing design to prevent such problems and losses of large (and small) particles, allowing the product to measure larger particles than other commercially available CPCs. Tests conducted with multiple devices demonstrated a detection range (D_{50}) of 5 nm to 10 µm and time response ($T_{90\text{-}10\%}$) < 100 ms, limited by data rate, meaning it should really be lower than < 50 ms.

1. INTRODUCTION

Les compteurs optiques de particules (OPC) sont une technique établie de longue date pour compter les particules lorsqu'elles sont suffisamment grosses pour diffuser la lumière. Pour compter les particules plus petites, on utilise des compteurs de noyaux de condensation (CNC) ou Condensation Particle Counter (CPC), dans lesquels les particules sont d'abord grossies par condensation d'un fluide de travail jusqu'à ce qu'elles soient suffisamment grosses pour être comptées par diffusion optique. Bien qu'en théorie, il ne devrait pas y avoir de limite supérieure à la taille des particules dénombrable par un CPC, les limitations de conception pratiques (souvent autour de la gestion des fluides de travail ou du mélange) signifient que les particules plus grosses sont perdues dans des courbures, des restrictions ou impaction. Par conséquent, la plupart des CPC disponibles ont une limite de taille supérieure inférieure à 5 µm.

Les CPC sont souvent utilisés dans le cadre d'un granulomètre à mobilité de balayage (SMPS), où ils sont combinés à un analyseur de mobilité différentielle (DMA) pour produire un spectre de taille. Les DMA (et donc les SMPS) sont limités dans leur gamme de taille car les données résultantes doivent être corrigées pour toute charge multiple donnée aux particules, un processus qui dépend du matériau, introduit de l'incertitude et devient plus prononcé à mesure que les particules augmentent en taille (à mesure qu'elles gagnent plus de charges).

L'Aerodynamic Aerosol Classifier (AAC, Tavakoli et Olfert, 2013), qui classe les particules par taille sans charge, a enlevé cette limite de taille de la sélection des particules monodispersées – la version commerciale peut actuellement sélectionner de 25 nm à 6,8 µm. Cependant, lorsqu'il est utilisé

DOI : 10.25576/ASFERA-CFA2025-43932 Cet article est publié sous la seule responsabilité de ses auteurs

comme instrument de balayage en combinaison avec un CPC (connu sous le nom de spectromètre de taille aérodynamique à balayage, SASS, Johnson *et al*. 2020), la taille supérieure est encore limitée par le CPC utilisé. Autre innovation récente, le spectromètre de masse et de mobilité (M2AS, Hassim *et al.* 2024) peut produire des spectres de masse et de mobilité allant jusqu'à plusieurs microns, mais est actuellement limité par les CPC disponibles. Par conséquent, une CPC avec une limite supérieure de taille plus grande serait utile pour ces applications et d'autres, par exemple la surveillance de l'environnement pour les PM10.

Une réponse rapide est utile pour les applications de balayage (pour réduire les temps de balayage) ainsi que pour la surveillance de l'environnement en temps réel et l'étude des processus dynamiques.

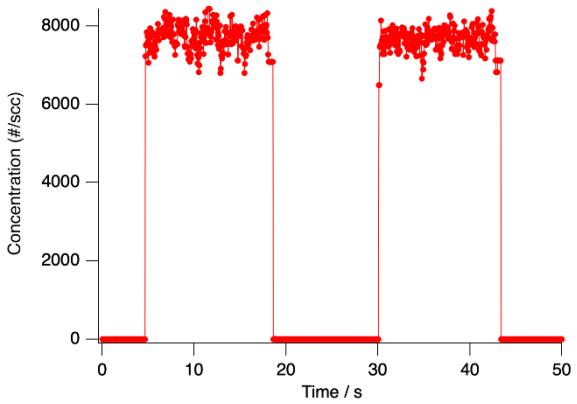
2. DESCRIPTION DU CPC

Le prototype de CPC utilisé ici est issu d'un mélange laminaire, où le fluide de travail est pré-vaporisé dans un flux d'air filtré et mélangé à l'échantillon. Cela évite que l'échantillon ne passe à travers le saturateur, ce qui pourrait entraîner des pertes de particules plus grosses (et plus petites). Pour éviter les courbures du CPC ou des tubes provenant (par exemple) d'un AAC, le CPC est de conception entièrement horizontale ; Dans les conditions de conception, la sédimentation gravitationnelle n'est pas significative en dessous de 10 µm.

3. MÉTHODE

Le CPC a été testé pour le comptage de grosses particules (> 1 µm) avec des aérosols de condensation provenant d'un générateur Sinclair Le Mer (modifié TOPAS SLG-250) avec DEHS et une huile de pompe à silicone comme condensat. Les particules inférieures à 6 µm ont été sélectionnées pour leur taille à l'aide d'un AAC de Cambustion. Un spectromètre d'aérosols PALAS Welas 1000H a été utilisé comme référence pour le nombre, et au-dessus de 6 µm pour la taille. Un modèle TSI 3752 a également été utilisé comme comparateur / référence, et pour corriger le comptage WELAS en examinant la plage qu'ils chevauchent. Pour les petites particules (< 20 nm), un four tubulaire a été utilisé pour évaporer le chlorure de sodium, qui s'est ensuite condensé de manière homogène en aval en un aérosol ultrafin, dont la taille a été sélectionnée à l'aide d'un TSI 3085 NanoDMA. Un électromètre PALAS Charme a été utilisé comme référence de comptage. Pour les tailles intermédiaires, un CPC TSI 3752 été utilisée comme référence, pour l'échantillonnage de l'air ambiant ou d'un aérosol d'huile.

$D_{50,min}$ a été mesurée à 5 nm, et $D_{50,max}$ était supérieur à 10 µm.
La réponse temporelle (T90-10%) du CPC a été mesurée à < 100 ms, actuellement limitée par le débit de données, mais plus probablement < 50 ms en réalité.



Graphique 1. Réponse temporelle du CPC (aérosol atmosphérique avec filtre HEPA ajouté/retiré) ; Chaque donnée est de 50 ms

Références
Le juge Hassim *et al*. (2024) soumis à *Aerosol Science and Technology*
Johnson, T.J. *et al.* (2020) *Science et technologie des aérosols,* **55**(2), 119-141.
Tavakoli F. & Olfert J.S. (2013) *Aerosol Science and Technology,* **47**, 916-926.

DOI : 10.25576/ASFERA-CFA2025-43932 Cet article est publié sous la seule responsabilité de ses auteurs