



# Un compteur de noyau de condensation avec une large gamme de taille

Filip Kulas, Chris Nickolaus, Arnaud Noirtin\*, Simon Payne, Martin Tofts, Yixin Zou, Jonathan Symonds

Cambustion Ltd, Cambridge CB1 8DH, UK. \*LVM'Air, France

## Arrière-plan

Les compteurs de particules à condensation (CPC) sont une technique établie de longue date pour mesurer les particules à l'échelle nanométrique. Le nouveau CPC 5210 étend la limite de taille supérieure des compteurs de noyaux de condensation disponibles en version commerciale de quelques microns à dix microns. En plus de mesurer les particules plus petites, le CPC 5210 peut également compter les particules microniques grâce à une conception optimisée pour éviter les pertes internes des grosses particules.

### Motivation

Développé pour compléter d'autres produits, le 5210 répond au besoin d'une technique de mesure unique qui couvre une gamme plus large de tailles de particules, 5 nm à > 10 µm.

#### Spectromètre d'aérosols de masse et de mobilité (M<sup>2</sup>AS)

Le M<sup>2</sup>AS produit une distribution simultanée de masse et de taille sur une plage de tailles de 30 nm à 5 µm. Pour atteindre cette plage de tailles, il faut un CPC à limite supérieure multimicronique à coupler avec l'instrument.

#### Spectromètre de taille d'aérosol à balayage (SASS)

En plaçant un classificateur d'aérosols aérodynamiques (AAC) en amont du CPC 5210, les distributions de tailles peuvent être mesurées. Similaire à un SMPS/DMA + CPC, sauf que le SASS mesure le diamètre aérodynamique. Ce système nécessitait un CPC capable de couvrir toute la plage de tailles de l'AAC, 25 nm – 6,8 µm.



Figure 1. Configuration SASS avec AAC and 5210 CPC.

### Caractéristiques de conception

#### Mélange laminaire et faible consommation de butanol

Le CPC 5210 est une conception à mélange laminaire, où le fluide de travail (butanol) 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) et une dérive d'étalonnage lorsque le saturateur est contaminé.

L'instrument fonctionne avec une faible consommation de butanol en raison de son petit volume de saturateur et de sa surface interne.

#### Trajet d'échantillon en ligne droite et horizontal

Même si pour un trajet d'échantillon horizontal, la sédimentation gravitationnelle n'est pas significative en dessous de 10 µm, l'utilisation d'un trajet d'échantillon droit est essentielle pour éviter les pertes par inertie.

#### Temps de réponse rapide

Une attention particulière portée à la conception du flux garantit que le 5210 a un temps de réponse rapide, T10-90% inférieure à 100 ms, T63% (t) < 50 ms (associé à un débit de données allant jusqu'à 20 Hz). La réponse temporelle inhérente rapide rend le 5210 idéal pour étudier les phénomènes inférieurs à la seconde, tandis que le logiciel prend en charge la moyenne intégrée si nécessaire.

#### Contrôle actif du débit et haute tolérance pour l'échantillonnage sous pression

Le 5210 CPC mesure et signale les conditions de mesure et fournit une conversion automatique vers toutes les conditions de référence de température et de pression par simple pression sur un bouton. L'utilisateur peut également choisir parmi une variété de gaz porteurs d'aérosols, notamment l'air, le N<sub>2</sub>, le CO<sub>2</sub> ou l'argon, et les débits s'ajusteront pour donner la concentration correcte.

### Validation

Le comptage des particules a été validé pour différentes gammes de tailles. Les tests décrits ci-dessous ont montré un nd 50, ma x > 10 µm et d 50, m i n = 5 nm.

|                                     | Expérience sur les grosses particules (> 1 µm)   | Expérience sur les particules de taille moyenne (15 à 2000 nm)    | Expérience sur les petites particules (5 à 30 nm)   |
|-------------------------------------|--|---|---|
| Référence de sélection particulaire | Générateur Sinclair La Mer (TOPAS SLG-250 modifié) avec DEHS ou huile de silicone pompe comme condensat. | Nébulisation DOS et particules plus petites à l'aide air ambiant. | Le granulomètre d'aérosol DMS500 de Cambustion est utilisé pour surveiller les aérosols NaCl des fours tubulaires générateur (Cambustion).* |
|                                     | AAC à combustion utilisé pour dimensionner certaines particules en dessous de 6 µm.                      | AAC à combustion éviter les artefacts de charge multiple DMA      | TSI 3085 Nano DMA   |
|                                     | Aérosol TSI 3752 & PALAS WELAS 1000H spectromètre (>6 µm).   | TSI 3752  | Électromètre PALAS CHARME   |

\*Le four tubulaire évapore le NaCl qui se condense de manière homogène en un aérosol ultrafin (< 20 nm).

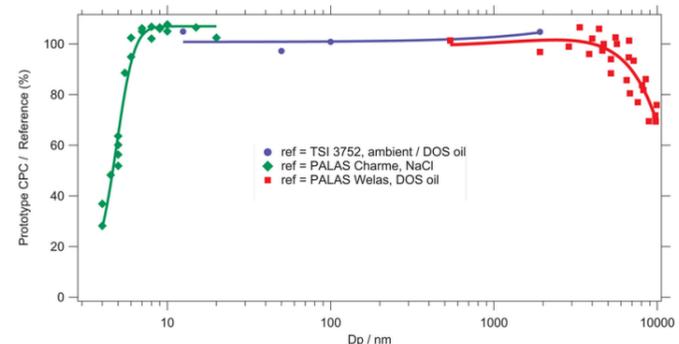


Figure 2. Prototype CPC par rapport à divers instruments de référence sur toute la plage de taille.

#### Réponse temporelle

Expérience réalisée en plaçant un filtre HEPA à l'avant du point d'échantillonnage du CPC, puis en retirant le filtre pour échantillonner l'air ambiant. Les marqueurs de la figure 3 représentent 50 ms (20 Hz).

Résultats:

- T10-90% < 100 ms
- T63% < 50 ms

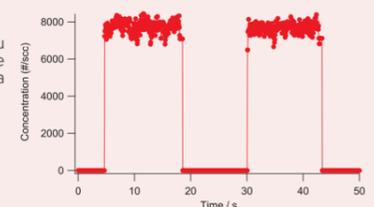


Figure 3. Temps de réponse du prototype CPC.

Les travaux futurs se concentrent sur l'étude d'un temps de réponse plus court avec un débit de données de 50 Hz.

### Développé pour une large gamme d'applications

#### Laboratoire métrologie d'aérosols

L'approche de mélange sans mèche 5210 garantit des performances précises et stables sur de longues périodes sans maintenance, pour des données fiables.

#### Mesure mobile

L'utilisation d'un saturateur à faible volume de liquide libre rend le 5210 particulièrement adapté aux applications mobiles telles que la surveillance des émissions ou de la qualité de l'air, sans risque d'inondation. Le 5210 peut fonctionner sur secteur ou sur 12/24 V CC.

#### Bioaérosol

Les particules de la gamme 3 à 10 µm sont considérablement sous-estimées dans les CPC existants, mais peuvent être transportées sur des distances importantes dans l'atmosphère.

#### Émissions des pneus et des freins

Les pneus des véhicules sont une source importante de microplastiques dans l'environnement, créant des particules jusqu'à 10 µm. Les freins à friction des véhicules génèrent des particules d'aérosol de quelques nanomètres à plusieurs microns. Le 5210 permet de mesurer et de compter correctement toute la gamme de tailles, en particulier les particules plus grosses, généralement sous-estimées par les CPC classiques.

#### Technologie de salle blanche

La détection de particules sur une plage de tailles plus large jusqu'à 10 microns (au-delà desquels les temps de sédimentation gravitationnelle sont très courts) permet une surveillance améliorée des salles blanches, contribuant ainsi à créer des espaces adaptés à la fabrication de précision et aux processus biologiques.

#### Etablissements de santé

Le 5210 peut mesurer avec précision les particules de l'ordre de 1 à 10 µm, qui ont le potentiel de propager des agents pathogènes, mis en évidence par la pandémie de SRAS CoV2.

#### Flux d'aérosols

La large gamme de tailles combinée au taux de réponse rapide du 5210 en fait le CPC idéal pour mesurer le flux d'aérosol, couplé à un anémomètre à ultrasons.

#### Mesure aérosol ambiant

Le 5210 peut mesurer avec précision les particules inférieures à 10 µm, ce qui est idéal pour compléter la mesure PM10. Des fonctionnalités supplémentaires garantissent également une maintenance réduite, un étalonnage stable et de longs intervalles de fonctionnement sans surveillance.

### Résumé.

Le nouveau CPC 5210 compte une large gamme de tailles de particules avec un temps de réponse rapide et offre une grande variété d'applications. Scannez pour plus d'informations.



#### Spécifications de l'instrument

- d50,min = 5 nm (variations possible)
- d50,max > 10 µm
- T10-90% < 100 ms
- Débit de données: 20 Hz
- Débit d'échantillon: 0.3 lpm
- Concentration maximale: 100,000 #/cc
- Fluides de travail: Butanol

#### Références

Hassim J. et al. (2024) submitted to *Aerosol Science and Technology*  
Johnson T.J. et al. (2020) *Aerosol Science and Technology*, 55(2), 119–141.  
Tavakoli F. & Olfert J.S. (2013) *Aerosol Science and Technology*, 47, 916–926.