

UTILISATION DE L'AERODYNAMIC AEROSOL CLASSIFIER (AAC) COMME IMPACTEUR VARIABLE

J. Pongetti*¹, C.D. Nickolaus¹ et J.P.R. Symonds¹

¹Cambustion Ltd, CB8 1DH Cambridge, UK

*Courriel de l'orateur : jpongetti@cambustion.com

TITLE

Using the Aerodynamic Aerosol Classifier (AAC) as a variable impactor

RESUME

L'*Aerodynamic Aerosol Classifier* (AAC) a été conçu de façon à transmettre seulement les particules d'un diamètre aérodynamique sélectionné entre 25 nm et > 5 µm. Cependant, les particules de taille inférieure au point de consigne quittent le classificateur dans l'écoulement de gainage et peuvent être récupérées en débranchant un tube facile d'accès, de façon à transformer l'AAC en « impacteur variable » transmettant seulement les particules mesurant moins que la taille spécifiée. Un ratio de débit de gainage : aérosol d'environ 4 : 1 permet de minimiser la dilution en maintenant une bonne résolution, et l'efficacité de transmission au net de la dilution est excellente (> 90%) entre 100 nm et 2 µm.

ABSTRACT

The Aerodynamic Aerosol Classifier (AAC) is designed to transmit particles of a selected aerodynamic diameter between 25 nm and > 5 µm. However, particles smaller than the setpoint exit the classifier in the sheath flow and can be recovered by disconnecting a readily accessible pipe, such that the modified AAC acts as a "variable impactor" which only transmits particles smaller than the setpoint. A sheath:sample flow ratio around 4:1 allows to minimise dilution while maintaining a good resolution, and the dilution-corrected transmission was found to be excellent (> 90%) between 100 nm and 2 µm.

MOTS-CLES : diamètre aérodynamique, impacteur, AAC, classificateur / **KEYWORDS**: aerodynamic diameter, impactor, AAC, classifier

1. INTRODUCTION

L'*Aerodynamic Aerosol Classifier* (AAC) a été conçu de façon à transmettre seules les particules d'un diamètre aérodynamique sélectionné entre 25 nm et > 5 µm. Ceci est possible en passant un aérosol polydispersé à travers un cylindre (le classificateur) en rotation autour de son propre axe, à l'intérieur duquel les particules sont sujettes à une force centrifuge et de traînée opposées. Seules les particules de la taille sélectionnée suivent la trajectoire requise jusqu'à la sortie de l'aérosol, comme décrit par Tavakoli et Olfert (2013).

Les particules de taille supérieure au point de consigne impactent la paroi extérieure du classificateur, tandis que les particules inférieures au point de consigne ne parviennent pas à rejoindre la sortie de l'aérosol et quittent le classificateur par la sortie de l'écoulement de gainage (cf. Figure 1). A la sortie du classificateur, l'écoulement de gainage est conduit à travers des filtres HEPA pour éliminer les particules non désirées et puis recirculé.

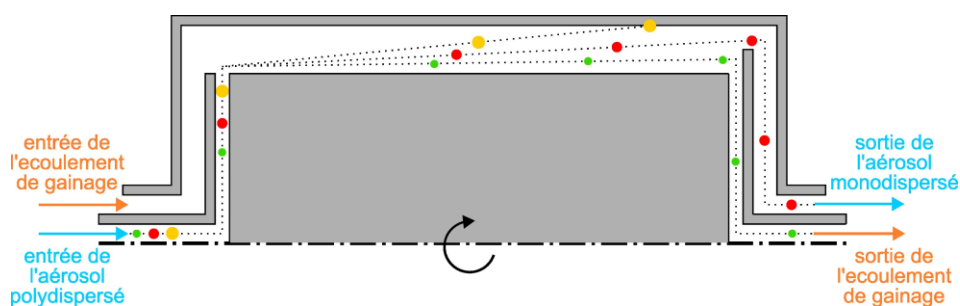


Figure 1. Principe de sélection de l'AAC

Si les particules de taille supérieure au point de consigne sont ainsi perdues dans le classificateur de l'AAC, les particules de taille inférieure au point de consigne restent en revanche suspendues dans l'écoulement de gainage et peuvent être considérées comme un aérosol utilisable à la sortie du classificateur. Ces travaux explorent donc l'utilisation de l'AAC en tant qu'impacteur variable en récupérant l'écoulement de gainage contenant toutes les particules de taille inférieure au point de consigne.

2. MODIFICATION DE L'APPAREIL ET METHODE DE VALIDATION

L'AAC peut être facilement modifié pour permettre l'utilisation en tant qu'impacteur variable, rendant cette application particulièrement intéressante. Les systèmes de sécurité de l'instrument ne sont pas altérés, puisqu'il suffit de déconnecter un tuyau à l'arrière de l'instrument, sans interférer avec les systèmes rotatifs ou électriques.

L'écoulement de gainage sortant du classificateur est introduit dans le boîtier électronique à travers un tube transparent à l'arrière de l'AAC. Des filtres HEPA et un souffleur situés à l'intérieur du boîtier électronique conditionnent et contrôlent le débit, avant de rediriger l'écoulement vers l'entrée du classificateur.

Pour permettre l'utilisation de l'AAC en tant qu'impacteur variable, il est nécessaire de récupérer l'écoulement de gainage à la sortie du classificateur, avant qu'il n'entre dans le boîtier électronique. Ceci est possible en déconnectant le tube indiqué sur la Figure 2. Le souffleur situé à l'intérieur du boîtier électronique continue d'opérer normalement et contrôle le débit de gainage à l'entrée du classificateur. Il est toutefois maintenant nécessaire de régler le débit de gainage (ainsi que le débit d'aérosol) correctement à la sortie du classificateur.

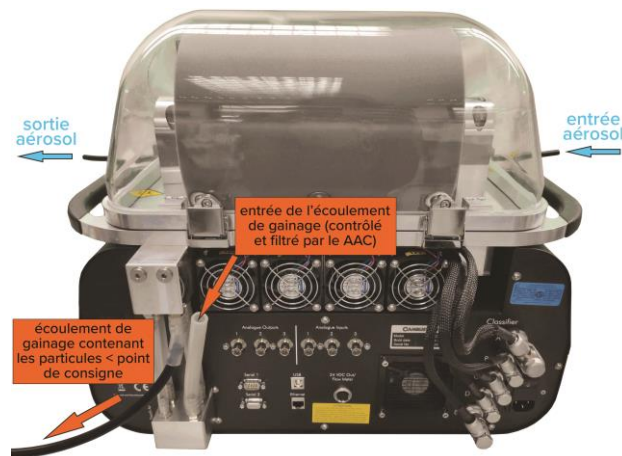


Figure 2. Utilisation de l'AAC en tant que impacteur variable

Les limites standards continuent de s'appliquer au débit d'aérosol (0,3-1,5 L/min) et au débit de gainage (2-15 L/min) dans cette nouvelle configuration, et il est toujours nécessaire que les débits soient équilibrés (débit de gainage à l'entrée égal au débit de gainage à la sortie).

En raison des limites sur le débit d'aérosol et de gainage, l'utilisation de l'AAC en tant que impacteur variable implique inévitablement une dilution de l'aérosol. Pour minimiser la dilution, il est nécessaire d'utiliser un ratio de débit de gainage : aérosol bas, qui, par conséquent, conduit à une résolution amoindrie de l'instrument. Il y a donc un compromis à trouver entre la netteté de coupure et la dilution. Toutefois, l'AAC étant conçu pour sélectionner des aérosols monodispersés à très haute résolution, une résolution relativement basse s'avère suffisante pour son utilisation en qualité d'impacteur variable.

L'efficacité de transmission (au net de la dilution) de cet impacteur variable a été investiguée grâce aux bancs expérimentaux présentés en Figure 3, qui utilisent un deuxième AAC en configuration standard pour alternativement scanner l'aérosol à la sortie de l'impacteur variable (cf. Figure 3a), ou générer un aérosol de référence monodispersé (cf. Figure 3b).

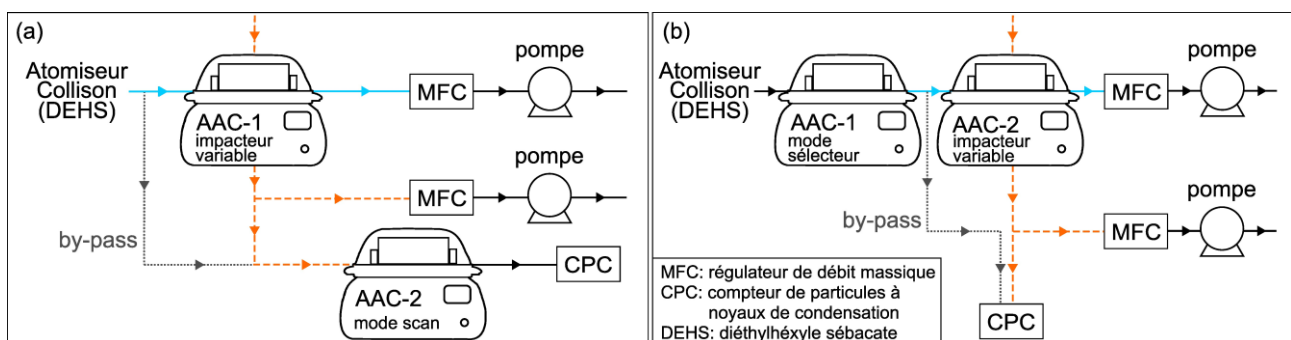


Figure 3. Bancs expérimentaux pour l'évaluation de la transmission de l'AAC en tant que impacteur variable

Différentes combinaisons de débit d'aérosol et de gainage ont été comparées de façon à identifier un set de réglages recommandés. Les aérosols utilisés pour ces tests ont été produits avec un atomiseur de type Collison à partir de diéthylhédyle sébacate (DEHS) pur.

3. RESULTATS EXPERIMENTAUX

3.1. Tests avec aérosols polydispersés

Comme illustré en Figure 3a, cette version du banc expérimental utilise le AAC-2 et un CPC pour mesurer la granulométrie de l'aérosol à la sortie de l'AAC-1 en configuration d'impacteur variable.

La Figure 4 présente la transmission de l'impacteur variable (au net de la dilution) pour différents débits d'aérosol. Quand un débit d'aérosol de 1,5 L/min et un débit de gainage de 4,0 L/min sont choisis, la transmission est excellente (> 90%) entre 200 nm et 2 µm. La réduction des deux débits à ratio approximativement constant n'apporte pas de différences significatives en termes de transmission, mais une légère amélioration de la netteté de coupure est visible en augmentant le ratio des débits de gainage : aérosol de 3 à 4.

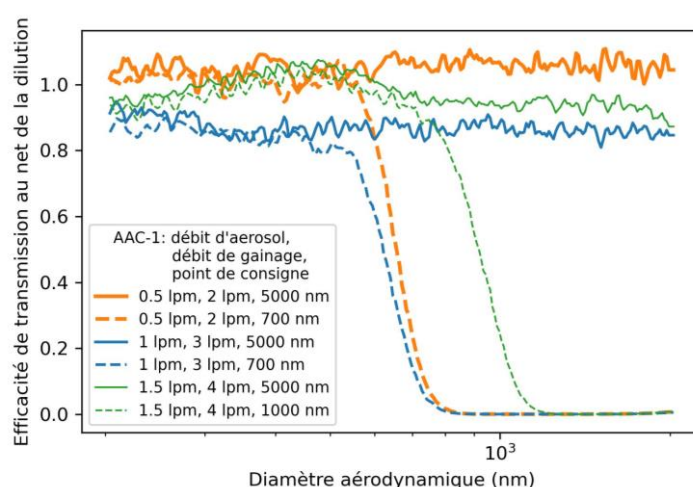


Figure 4. Efficacité de transmission en fonction de la taille des particules et netteté de coupure pour différentes combinaisons de débits à basse dilution

Au-dessus de 2 µm la transmissions des particules dans l'impacteur variable commence à diminuer, vraisemblablement à cause des pertes par impact sur les parois. Tandis que la sortie d'aérosol de l'AAC a été conçue pour assurer une transmission maximale à toutes tailles, l'écoulement de gainage était considéré jusqu'à présent comme un produit d'importance mineure et n'a pas été sujet à des considérations particulières en termes de transmission. La Figure 5 montre qu'une augmentation du débit de gainage (à débit d'aérosol constant) ne modifie pas la transmission aux plus petites tailles (i.e., il n'y a aucun effet sur les pertes par diffusion), mais cause des pertes par impact significatives à partir de tailles de moins en moins élevées.

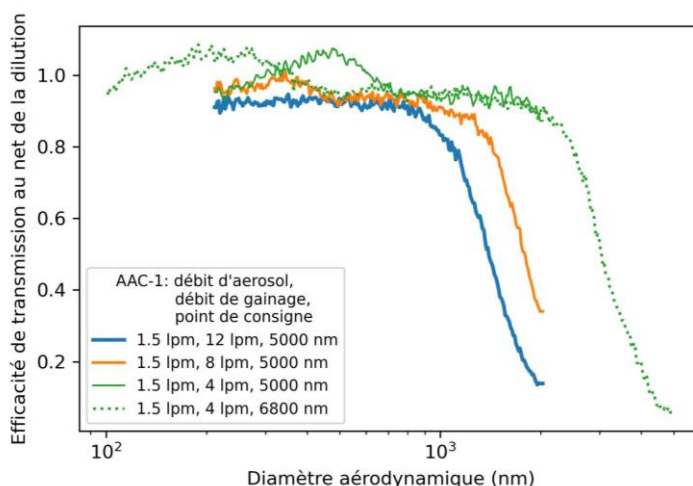


Figure 5. Efficacité de transmission en fonction de la taille des particules pour différents débits de gainage

3.1. Tests avec aérosols monodispersés

La deuxième configuration du banc expérimental (cf. Figure 3b) utilise le AAC-1 pour générer un aérosol monodispersé et un CPC pour compter les particules à la sortie de l'AAC-2 (impacteur variable) au fur et à mesure que le point de consigne est varié en gardant les débits d'aérosol et de gainage constants (1,5 L/min et 4,0 L/min, respectivement).

La Figure 6 montre que la netteté de coupure est constante pour les aérosols monodispersés jusqu'à un minimum de 200 nm. La concentration maximale indiquée par le CPC lorsque le point de consigne de l'impacteur variable est supérieur à la taille de l'aérosol approche également (~90%) de la concentration totale de particules indiquée par le CPC en by-pass.

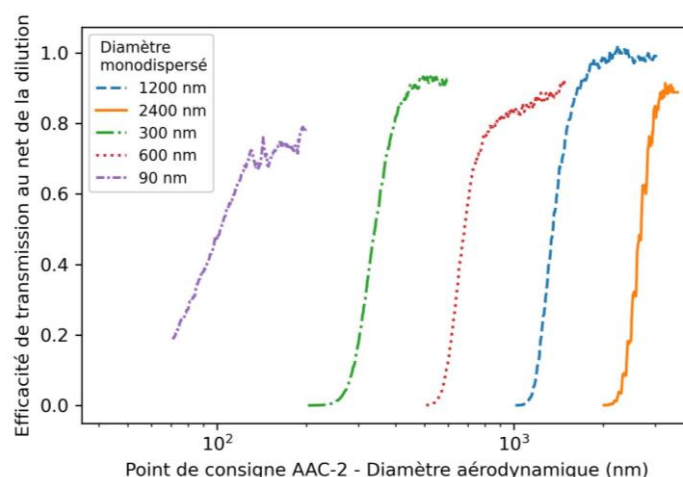


Figure 6. Efficacité de transmission d'aérosols monodispersés

En dessous de 100 nm, on note des effets diffusifs plus prononcés : une fraction des particules reste présente dans l'écoulement de gainage même quand le point de consigne de l'impacteur variable est inférieur à la taille de l'aérosol, et l'efficacité de transmission maximale est moins élevée (~80% à 90 nm). Ces deux limitations deviennent plus prononcées quand la taille de l'aérosol est réduite ultérieurement.

4. CONCLUSION

L'AAC peut être facilement converti en impacteur variable en déconnectant un tuyau situé à l'arrière de l'instrument de façon à récupérer l'écoulement de gainage qui contient toutes les particules de taille inférieure au point de consigne.

La performance de l'AAC dans cette nouvelle configuration a été évaluée en utilisant des aérosols mono- et polydispersés. Au net de la dilution, il a été démontré que l'efficacité de transmission approche 100% indépendamment de la taille des particules entre 200 nm et 2 μ m. La granulométrie de l'aérosol à la sortie de l'impacteur variable peut donc être contrôlée à travers le point de consigne de l'AAC.

La dilution est déterminée par le ratio du débit de gainage : aérosol, qui contrôle également la netteté de coupure. Pour une sélection correcte des particules, le débit de gainage doit être significativement plus élevé que le débit d'aérosol, en toutes les configurations de l'AAC ; ceci implique une dilution minimale d'un facteur ~3 pour cette application.

Ainsi, une plage de performance adéquate a été identifiée pour un débit d'aérosol de 1.5 L/min et un débit de gainage de 4.0 L/min. Sous ces conditions, une faible dilution, une efficacité de transmission uniforme, et une netteté de coupure satisfaisante ont été observées.

Ce travail a été soutenu par Cambustion Ltd.

Tavakoli, F. and Olfert, J. S. (2013) *Aerosol Science and Technology* 47, 916-926.