

# INTERCOMPARAISON DE LA MESURE DE LA CONCENTRATION MASSIQUE DE SUIES GÉNÉRÉES AVEC LE MINI-CAST

A. Kort<sup>\*1</sup>, G. Pailloux<sup>1</sup>, B. Sagot<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN), PSN-RES/SCA/LPMA, F-91400, Saclay, France

<sup>2</sup> ESTACA, ESTACA'Lab - Paris Saclay, Montigny-Le-Bretonneux, F-78180, France

\*amel.kort@irsn.fr

## TITLE

**Intercomparison of the mass concentration measurement of soot generated with Mini-Cast**

## RESUME

Dans le cadre d'études d'aérodispersion (transferts de contamination, dépôts...) ou de caractérisation des suies émises par des moteurs diesel, il est important d'avoir une mesure robuste de la concentration massique des suies émises, respectivement pour des situations d'incendie ou pour de la métrologie sur des moteurs classiques.

Cette étude consiste à réaliser une intercomparaison de la mesure de la concentration massique de suies générées avec le Mini-Cast avec des instruments de mesure temps réel et avec des analyses ex-situ en considérant le *Tapered Element Oscillating Microbalances* (TEOM) comme instrument de référence. Dans cet article, seuls les résultats du MA300 sont comparés à ceux du TEOM.

## ABSTRACT

In the context of airborne dispersion studies (contamination transfer, deposition, etc.) or characterization of soot emitted by diesel engines, it is important to have a robust measurement of the mass concentration of soot emitted, respectively for fire situations or for metrology on conventional engines.

This study consists of an intercomparison of the mass concentration measurement of soot generated by the Mini-Cast with real-time measurement instruments and with ex-situ analyses, using the *Tapered Element Oscillating Microbalances* (TEOM) as the reference instrument. In this article, only the results of the MA300 are compared with those of the TEOM.

**MOTS-CLÉS:** concentration massique, TEOM, aéthalomètre/ **KEYWORDS:** Mass concentration, TEOM, aethalometer

## 1. INTRODUCTION

Dans le cadre d'études d'aérodispersion (transferts de contamination, dépôts...) en sûreté nucléaire et de caractérisation des émissions par des moteurs thermiques, il est important d'avoir une mesure robuste de la concentration massique des suies émises. Ces mesures sont nécessaires pour l'évaluation des conséquences dans des situations d'incendie dans les Installations Nucléaires de Base (Kort et al., 2022) car les suies sont responsables du colmatage de la dernière barrière de confinement, ou pour de la métrologie sur des moteurs classiques. En particulier, les mesures « Black Carbon » sur les navires (Aakko-Saksa et al., 2022) peuvent être réalisées par des appareils de mesure temps-réel de type aéthalomètres comme le MA300. D'autres appareils de mesure peuvent également être utilisés comme le *Tapered Element Oscillating Microbalances* (TEOM) ou l'analyseur PPS de Pegasor. Il est possible également de réaliser la mesure ex-situ avec un prélèvement sur filtre, puis des analyses de concentration massique en utilisant l'analyseur OC/EC de Sunset Laboratory. Toutes ces méthodes de mesure, utilisées dans différents contextes, doivent être qualifiées dans le cadre d'une intercomparaison afin de fournir des mesures fiables et robustes.

Pour ce faire, des suies sont générées par un brûleur CAST JING 5201C par combustion de propane. Les concentrations de suies générées sont ensuite soit prélevées sur filtre pour les mesures ex-situ, soit diluées à l'aide d'un diluteur Dekati E-diluteur qui délivre à sa sortie des concentrations compatibles avec les gammes de mesure des appareils mis en œuvre.

La réponse de ces appareils a été étudiée en fonction de la concentration massique mesurée par le TEOM et considérée comme la mesure de référence. Dans cet article, seuls les résultats du MA300 sont comparés à ceux du TEOM. L'ensemble des résultats de l'intercomparaison sera présenté lors du congrès.

## 2. MATERIEL ET METHODES

Afin de réaliser l'intercomparaison de la mesure de la concentration massique, le banc expérimental (Figure 1) développé à l'ESTACA est utilisé.

Il est composé :

- d'un générateur de suie Mini-Cast 5201C qui produit des suies polydispersées par combustion de propane. Les suies sont produites en faisant varier le débit d'air d'oxydation de 0,9 L/min à 1,5 L/min. Le débit de propane est maintenu à 60 mL/min, le débit d'azote à 0 mL/min, le débit d'air de dilution à 20 L/min et le débit d'azote de quenching à 7 L/min ;
- d'une ligne de prélèvement alimentant deux voies. Une première dédiée à des prélèvements sur filtres en fibres de quartz, pour des mesures ex-situ gravimétriques et des analyses OC/EC. La deuxième ligne alimente, après dilution, les instruments de mesure temps réel. Le système de dilution Dekati E-diluteur permet une dilution à 2 étages, à chaud puis à froid, avec un facteur de dilution qui a été fixé à 100. Les concentrations en aval du système de dilution sont compatibles avec les gammes de mesure des instruments mis en œuvre : un TEOM pour la mesure de référence de la concentration massique, un granulomètre SMPS pour la mesure de la distribution granulométrique, un PPS-Pegasor et un micro Aéthalomètre temps réel MA300.

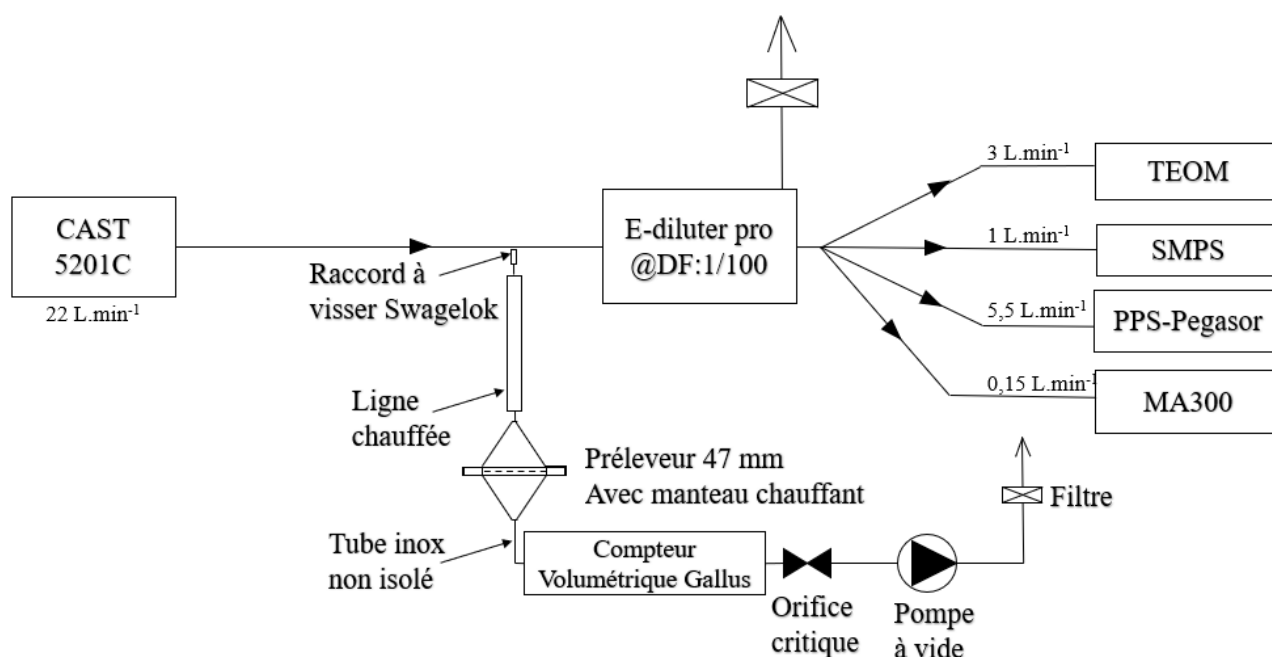


Figure 1 : Disposition du banc expérimental en configuration pour l'intercomparaison de la mesure de la concentration massique

## 3. RESULTATS EXPERIMENTAUX

La Figure 2 montre la variation du ratio OC/EC en fonction de l'air d'oxydation. Les analyses OC/EC ont été réalisées en appliquant le protocole Improve A (Chow et al., 2001). Pour un air d'oxydation de 0,9 L/min, les suies générées ayant un diamètre médian en nombre de 20 nm sont composées à 44 % de carbone organique. Ce pourcentage descend à environ 2 % pour celles générées avec un air d'oxydation de 1,5 L/min, ayant un diamètre médian en nombre proche de 100 nm.

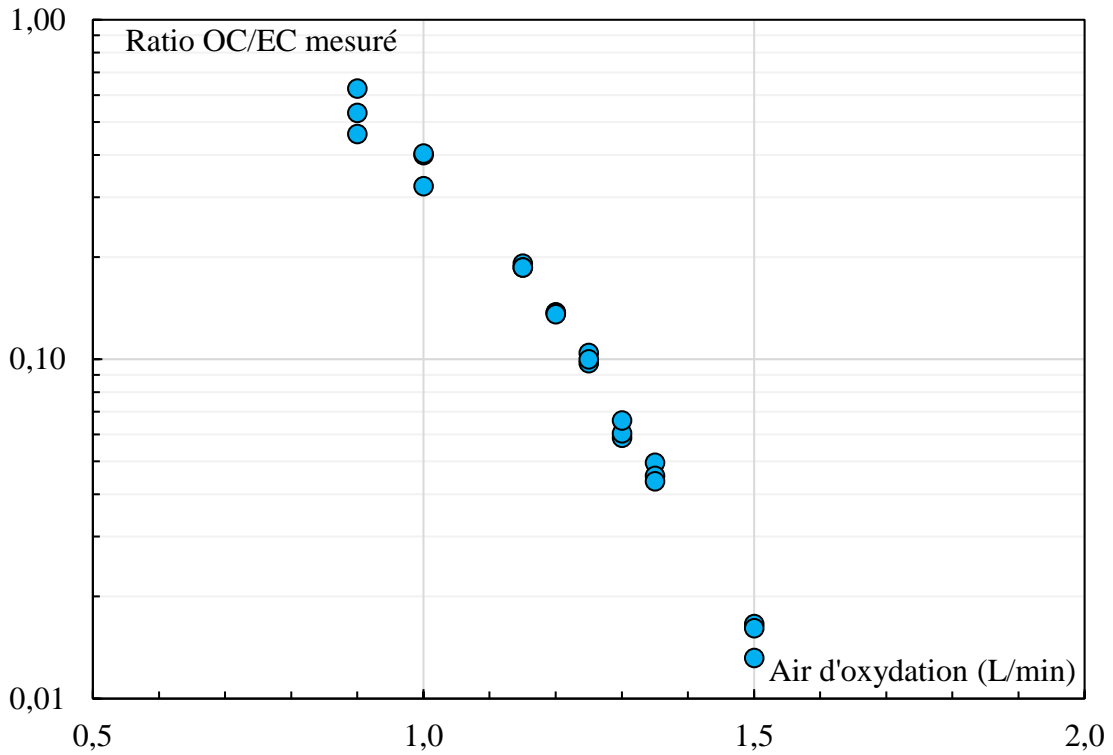


Figure 2 : Evolution du ratio OC/EC en fonction de l'air d'oxydation

La figure 3 montre les concentrations massiques mesurées par le MA 300 pour les longueurs d'onde de l'ultra-violet et de l'infrarouge, en fonction de celles mesurées par le TEOM pour des suies produites avec les différents débits d'air d'oxydation testés (valeur indiquée à côté de chaque point de mesure, en L/min).

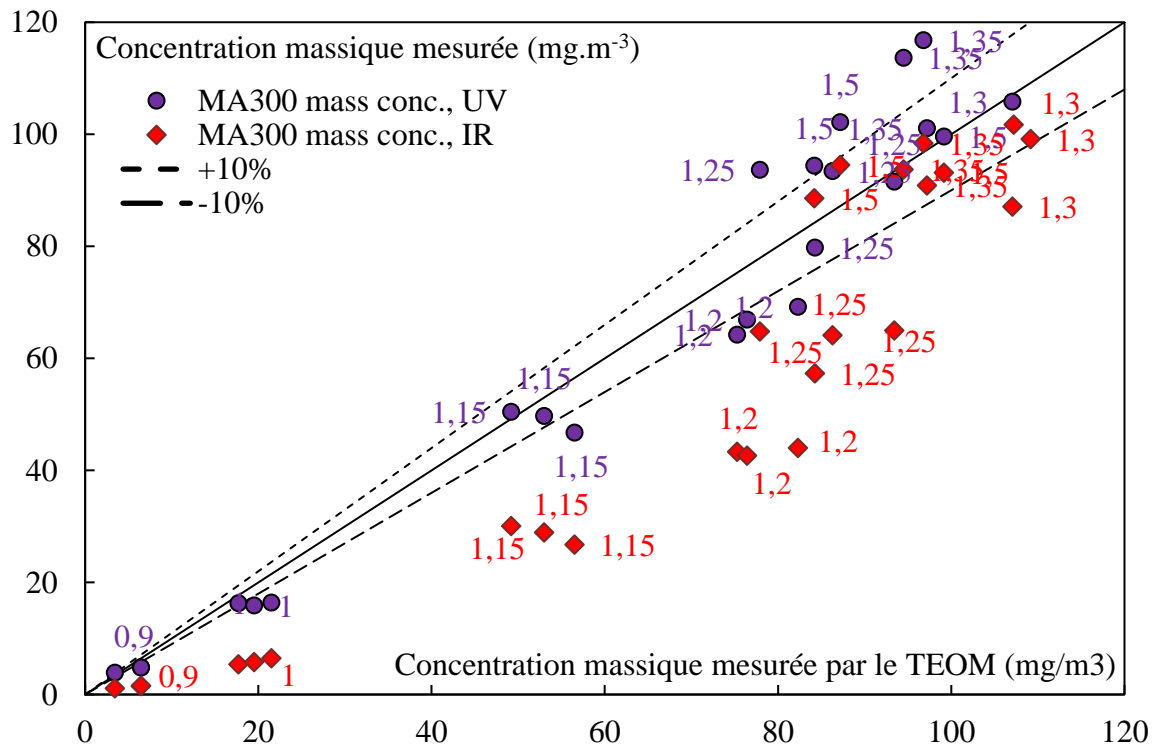


Figure 3 : Concentrations massiques mesurées par le MA300 en fonction des mesures de référence au TEOM

La mesure de concentration massique du MA300 est basée sur l'atténuation optique d'un faisceau lumineux traversant un gâteau de particules collectées sur un élément filtrant. Réalisée avec plusieurs sources lumineuses de différentes longueurs d'onde, elle donne des indications sur la composition des particules carbonées. En effet, la mesure MA 300 devient fiable sur les longueurs d'onde de l'infrarouge pour des suies générées avec un débit d'air d'oxydation compris entre 1,3 L/min et 1,5 L/min, qui sont des particules de suie majoritairement constituées de carbone élémentaire (de 94 à 98 %). Pour les longueurs d'onde de l'ultra-violet, les mesures sont fiables pour les suies générées avec des débits d'air d'oxydation inférieurs à 1,3 L/min, et donc avec des ratios de carbone organique élevés, pouvant atteindre les 44%.

#### 4. CONCLUSION

L'intercomparaison de la mesure de la concentration massique a été réalisée en utilisant des suies générées avec le Mini-CAST et en faisant varier le débit d'air d'oxydation. Les concentrations massiques ont été déterminées à partir de mesures temps réel et ex-situ (mesure du rapport OC/EC).

Les mesures de la concentration massique obtenues en utilisant le MA300 s'avèrent dépendantes du ratio OC/EC et de la longueur d'onde choisie.

#### REFERENCES

- Aakko-Saksa, P., Kuittinen, N., Murtonen, T., Koponen, P., Aurela, M., Järvinen, A., Teinilä, K., Saarikoski, S., Barreira, L. M. F., Salo, L., Karjalainen, P., Ortega, I. K., Delhaye, D., Lehtoranta, K., Vesala, H., Jalava, P., Rönkkö, T., & Timonen, H. (2022). Suitability of different methods for measuring black carbon emissions from marine engines. *Atmosphere*, 13(1). <https://doi.org/10.3390/atmos13010031>
- Chow, J. C., Watson, J. G. Crow, D., Lowenthal, D. H., Chow, J. C., Watson, J. G., & Merri, T. (2001). Comparison of IMPROVE and NIOSH Carbon Measurements. *Aerosol Science and Technology*, 34, 23–34.
- Kort, A., Ouf, F. X., Lakhmi, R., Gelain, T., Malet, J., Breuil, P., & Viricelle, J. P. (2022). An innovative method for soot deposit quantification using a CO2 sensor: Application to fire studies in research facilities. *Journal of Aerosol Science*, 164. <https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2022.106005>