# EVOLUTION DE LA PERTE DE CHARGE DE MEDIAS METALLIQUES COLMATES PAR UN AEROSOL LIQUIDE

M. Lecoq[1,2*], S. Bourrous[1], D. Thomas[2], J.-C. Appert-Collin[2], F. Floc'Hlay [3]

1 Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN), PSN-RES, SCA, LECEV, Gif-sur-Yvette, 91192, France
2 Université de Lorraine, CNRS, LRGP, F-54000 Nancy, France
3 Novintec, Z.A de la Pillardière, 45600 Sully sur Loire, France

*Courriel de l'orateur : marie.lecoq@irsn.fr

## TITLE

**Pressure drop evolution of metallic medias clogged by a liquid aerosol**

## RESUME

Dans les réseaux de ventilation, l'utilisation de pré-filtres métalliques est envisagée pour protéger les filtres THE d'un éventuel rejet d'aérosol liquide qui pourrait affecter les performances du système de filtration. Cette étude porte sur l'influence des caractéristiques du média (épaisseur, compacité et diamètre moyen des fibres métalliques) et de la vitesse de filtration sur l'évolution de la perte de charge de médias métalliques au cours de la filtration d'un aérosol liquide. Ce travail a mis en évidence que ces paramètres influent non seulement sur la perte de charge à saturation mais également sur la quantité de liquide accumulée dans le filtre.

## ABSTRACT

In ventilation systems, the use of metallic pre-filters is being considered to protect the HEPA filters from the possible release of liquid aerosol that could affect the performance of the filtration system. This study focuses on the influence of media characteristics (thickness, compactness and average diameter of the metal fibers) and filtration velocity on the evolution of the pressure drop of metallic media during the filtration of a liquid aerosol. This work has shown that these parameters influence not only the saturation pressure drop but also the amount of liquid accumulated in the filter.

**MOTS-CLÉS :** aérosol liquide, filtre métallique, perte de charge / **KEYWORDS:** liquid aerosol, metallic filter, pressure drop

## 1. INTRODUCTION

Dans les installations industrielles susceptibles de contenir des matières dangereuses, le confinement aéraulique est assuré par des filtres à très haute efficacité (THE), composés de fibres de verre. Certains scénarios accidentels peuvent conduire au dégagement, dans l'installation, de liquide sous forme de gouttelettes en suspension (aérosols liquides). Dans ce cas de figure, la présence d'aérosol liquide pourrait affecter les performances des filtres THE en réduisant significativement leur résistance mécanique et leur capacité à retenir les contaminants aéroportés.
Pour pallier ce problème, l'utilisation d'un pré-filtre métallique (plus résistant mécaniquement mais moins efficace pour la rétention des aérosols) reste une des solutions envisagées.
La filtration d'aérosol liquide a fait l'objet de nombreuses études notamment sur les filtres en fibres de verre, cellulose ou polymère (Frising, 2004 ; Mead-Hunter, 2014 ; Zhen Liu, 2016). Ces études ont mis en évidence différentes étapes de colmatage. Toutefois, peu d'études ont conduit à l'élaboration d'un modèle simple et prédictif de l'évolution des performances de ces équipements (perte de charge et efficacité) (Frising, 2004; Kampa, 2014). Ceci est dû aux nombreux paramètres influençant la filtration, notamment les caractéristiques du liquide (masse volumique, viscosité, tension superficielle), de l'aérosol liquide (taille des particules) et du filtre (diamètre des fibres, épaisseur, compacité), ainsi que les conditions opératoires (vitesse de filtration notamment).
Dans ce travail, on s'intéresse particulièrement à l'influence du diamètre des fibres, de l'épaisseur du média et de la vitesse de filtration, sur l'évolution de la perte de charge des filtres métalliques soumis à un aérosol liquide. Dans un premier temps, les filtres sont caractérisés par observation directe et analyse d'images automatisée. Ils sont ensuite exposés à un aérosol liquide dans des conditions de filtration maîtrisées.

## 2. MATERIEL ET METHODE

Un média fibreux se caractérise principalement par sa distribution granulométrique de fibres, son épaisseur et sa compacité. Ces différentes grandeurs ont été déterminées à partir d'une analyse d'images MEB de la

DOI : 10.25576/ASFERA-CFA2021-24825 Cet article est publié sous la seule responsabilité de ses auteurs

tranche des échantillons initialement enrobés dans une résine pour ne pas être déformés lors de la découpe (Bourrous et al. 2014). L'image de microscopie de la tranche du filtre est analysée à l'aide d'un programme MATLAB, spécifiquement développé pour cette étude. Le programme détecte et sélectionne les objets, en l'occurrence les fibres, pour en déduire la distribution granulométrique, ainsi que l'épaisseur et la compacité du média.
Les caractéristiques obtenues par cette méthode sur deux médias considérés (nommés 29 et 30 par la suite) dans ce travail sont : une épaisseur de 227 µm et de 292 µm, une compacité de 0,47et de 0,31, pour les médias 29 et 30 respectivement. Le média 29 a un diamètre moyen des fibres plus élevé que le média 30, sachant que le diamètre moyen des fibres de ces deux medias est compris entre 1 et 3 µm.
Les essais de colmatage ont été réalisés sur le banc expérimental présenté figure 1. L'aérosol liquide de diéthylhexylsébaçate (DEHS) (masse volumique 0,91 g/cm$^3$, viscosité dynamique 0,023 Pa.s à 20°C) est généré à partir d'un atomiseur de type PALAS (AGF 2.0). Il est ensuite injecté sur le media à tester. Au cours de l'expérience, la vitesse de filtration est régulée à l'aide d'une électrovanne (Brooks 5280s) et la perte de charge du filtre métallique est périodiquement enregistrée à l'aide d'un capteur de pression différentielle (Furness Contols) (figure 1).

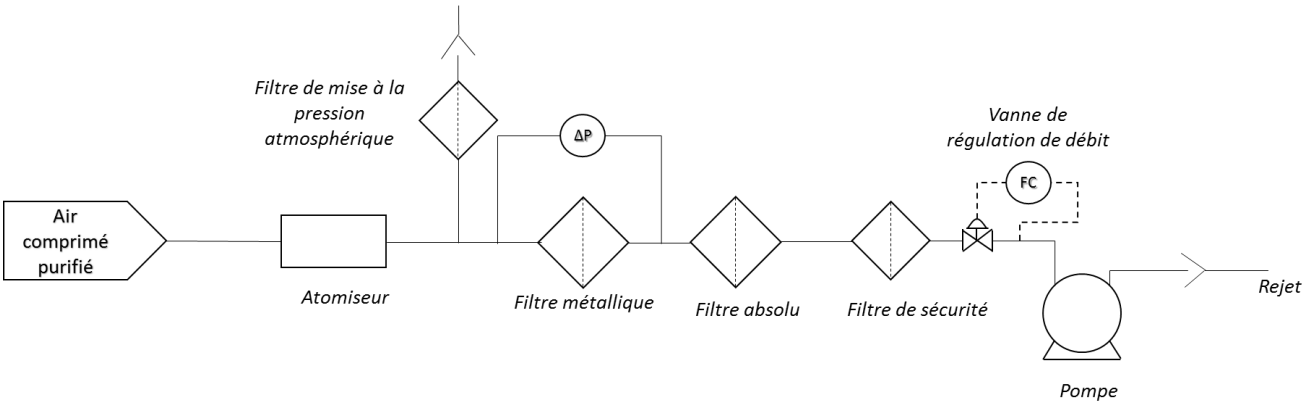


Figure 1 : banc expérimental

L'influence de la vitesse de filtration (0,5 ; 1 ; 2 et 4 cm/s) et celle de l'épaisseur du média sur l'évolution de la perte de charge des médias métalliques ont été étudiés. L'impact de l'épaisseur a été mesuré en superposant deux médias identiques. Tous les essais ont été répétés trois fois. La masse de particules accumulée dans le filtre est évaluée par pesée du filtre avant et après l'essai. En supposant une efficacité de filtration constante au cours du temps, la masse de liquide collectée est alors proportionnelle au temps de filtration.

## 3. RESULTATS

Les médias métalliques testés présentent une évolution de la perte de charge (figure 2), pour un aérosol de DEHS, caractéristique de celle d'un filtre mouillable au liquide comme mis en évidence dans de nombreux travaux (Frising, 2004 ; Thomas, 2018 ; Kampa, 2014). La perte de charge évolue de façon quasi-linéaire, avant de croître exponentiellement et de se stabiliser à la saturation du média métallique. Dans ses travaux, Frising (Frising, 2004) a montré que l'évolution quasi-linéaire de la perte de charge correspondait au moment où les gouttelettes sont capturées et coalescent sur les fibres. Il explique également que l'évolution exponentielle de la perte de charge traduit la formation de ponts liquides entre les fibres. Il montre également que la stabilisation de la perte de charge correspond à la formation d'un film liquide et au drainage du liquide en aval du filtre (création d'un équilibre entre la quantité de liquide envoyée dans le filtre et celle drainée). Dans le présent travail, la valeur de la masse accumulée à ce point « de drainage » ainsi que la perte de charge atteinte sont les principales grandeurs considérées.

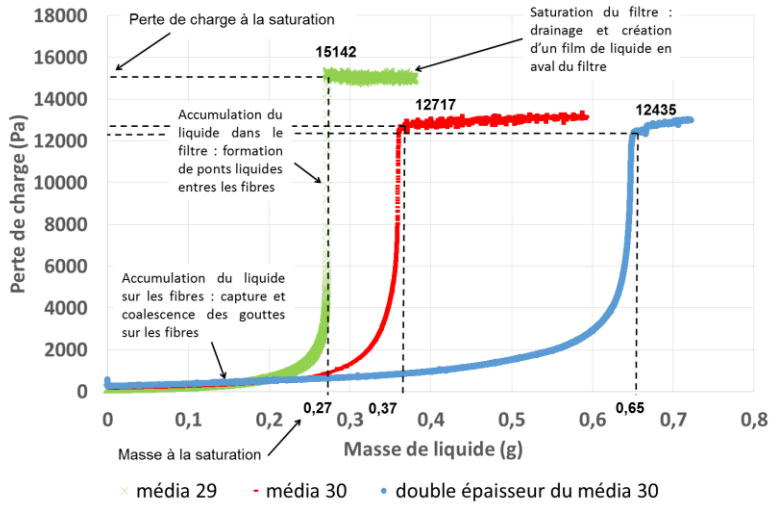


Figure 2 : évolution de la perte de charge en fonction de la masse de liquide pour différents médias métalliques et différentes épaisseurs, à une vitesse de 1 cm/s.

Pour les mêmes conditions opératoires, le média 29 présente une perte de charge à la saturation plus élevée que le média 30 et la masse de liquide accumulée à la saturation est plus importante pour le média 30 que pour le media 29. Cela peut s'expliquer par la structure différente des médias : le média 29 présente un diamètre de fibres et une compacité plus grande et une épaisseur plus faible que le média 30.
En doublant l'épaisseur du média 30, la perte de charge à la saturation reste quasi-identique à celle obtenue avec le média monocouche. En revanche, la masse de liquide accumulée à saturation dans le média bicouche augmente (figure 2).
Si on s'intéresse à l'influence de la vitesse de filtration, on remarque que la résistance à l'écoulement (figure 3) diminue avec l'augmentation de la vitesse de filtration, sans doute due à une répartition plus homogène du liquide dans le média, et que pour un même média, la pression à saturation et la masse de liquide à saturation augmentent (figure 4) avec l'augmentation de la vitesse de filtration.

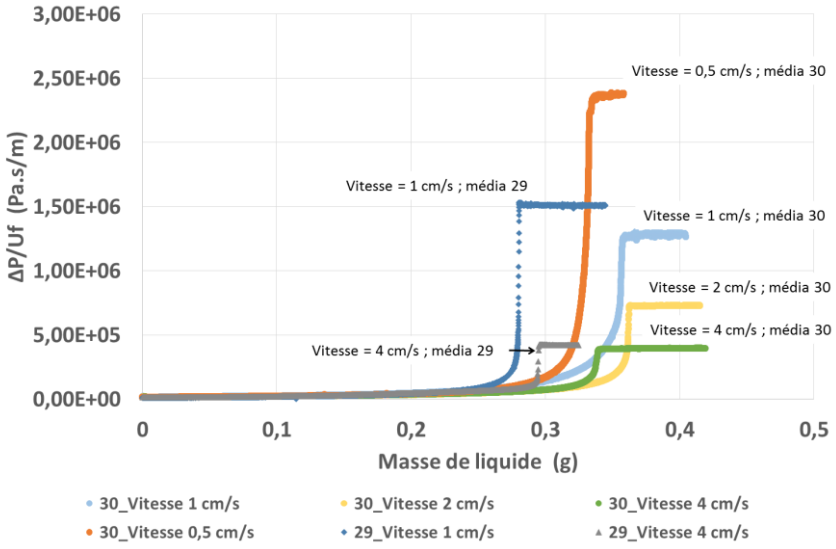


Figure 3 : évolution de la résistance aéraulique en fonction de la masse accumulée dans les médias métalliques 30 et 29, à différentes vitesses de filtration.

DOI : 10.25576/ASFERA-CFA2021-24825
Cet article est publié sous la seule responsabilité de ses auteurs

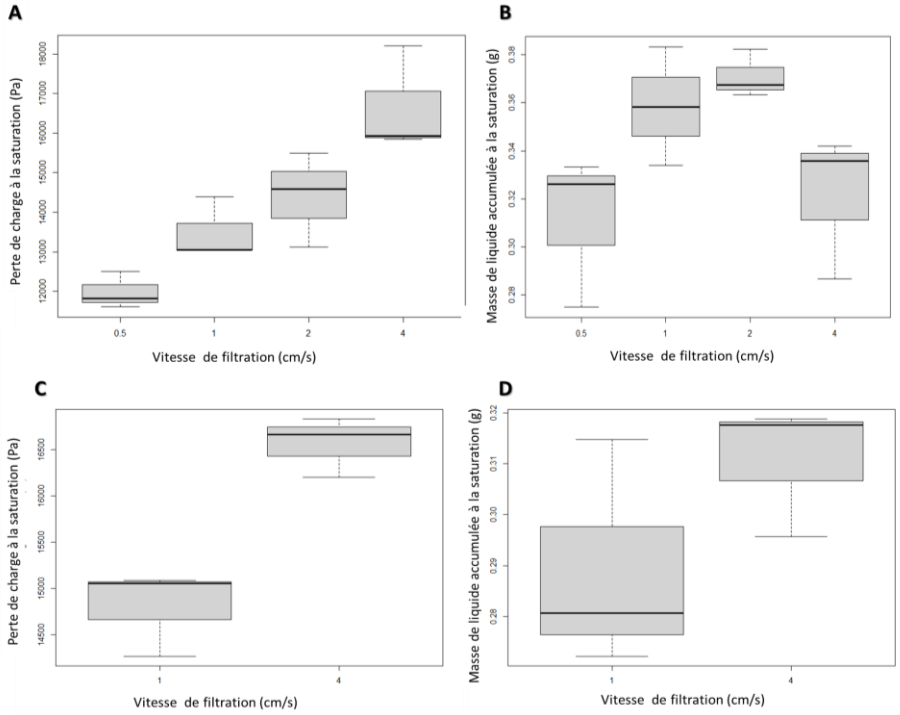


Figure 4 : perte de charge à saturation et masse accumulée dans les médias 29 (respectivement C et D) et 30 (respectivement A et B) en fonction de la vitesse de filtration (graphiques sous forme de “boites à moustache” : rectangle allant du premier au troisième quartile et comprenant la médiane, et qui est relié aux valeurs extrêmes (maximum et minimum) par des segments).

## 4. CONCLUSION

L’impact des caractéristiques des médias métalliques (épaisseur, compacité, diamètre moyen des fibres) et de la vitesse de filtration sur l’évolution de la perte de charge et de la masse accumulée au cours de leur colmatage par un aérosol liquide de DEHS a été étudié pour deux pré-filtres métalliques différents. Il a été observé, comme pour les médias fibreux THE en fibres de verre, une évolution de la perte de charge quasi-linéaire avant une croissance exponentielle et une stabilisation. Ce comportement est typique d’un média mouillable au DEHS (les médias métalliques au vu de ces résultats peuvent être qualifiés d’oléophiles). Ce travail nous a également permis de constater que les caractéristiques du média (compacité et diamètre de fibres) influent sur la perte de charge et la masse de liquide accumulée à la saturation dans le filtre. L’épaisseur des médias influence la masse de liquide accumulée à saturation dans le média. La vitesse de filtration influence la perte de charge à saturation et la masse de liquide accumulé dans les médias.
Ce travail devra être complété avec l’étude d’autres médias métalliques ayant des caractéristiques différentes des deux médias étudiés (en termes de diamètre de fibres, d’épaisseur et de compacité), En parallèle, une étude spécifique portant sur l’influence des propriétés physico-chimiques du liquide (tel que la viscosité) complétera ce travail.

## REFERENCES

Bourrous S., Bouilloux L., Ouf, F.-X., Appert-Collin J.-C., Thomas, D., Tampère L., Morele Y. (2014) Measurement of the nanoparticles distribution in flat and pleated filters during clogging. Aerosol Science and Technology, Volume 48, Issue 4, Pages 392-400
Thomas D., Charvet A., Bardin-Monnier N., Appert-Collin J-C (2018). La filtration des aérosols. ISTE editions.
Frising, T. (2004). Étude de la filtration des aérosols liquides et de mélanges d'aérosols liquides et solides. Thèse INP Lorraine.
Kampa, D. W. (2014). Pressure drop and liquid transport through coalescence filter media used for oil mist filtration. International Journal of Multiphase Flow, 313-324.
Mead-Hunter, R. K. (2014). Aerosol-mist coalescing filter - A review. Separation and Purification Technology, 484-506.
Zhen Liu, Z. J. (2016). Experimental investigation on liquid distribution of filter cartridge during gas-liquid filtration. Separation and Purification Technology, 146–154.