HAL
open science

Modélisation de l'évolution des performances de médias fibreux au cours de leur colmatage par des particules nanostructurées

Dominique Thomas, Stéphanie Pacault, Augustin Charvet, Nathalie Bardin-Monnier, Jean-Christophe Appert-Collin

To cite this version:

Dominique Thomas, Stéphanie Pacault, Augustin Charvet, Nathalie Bardin-Monnier, Jean-Christophe Appert-Collin. Modélisation de l'évolution des performances de médias fibreux au cours de leur colmatage par des particules nanostructurées. CFA 2019 - 32ème Congrès Français sur les Aérosols, ASFERA - Association française d'études et de recherches sur les aérosols, Jan 2019, Paris, France. 10.25576/ASFERA-CFA2019-16659 . hal-02497517

HAL Id: hal-02497517

https://hal.univ-lorraine.fr/hal-02497517v1

Submitted on 3 Mar 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

MODELISATION DE L'EVOLUTION DES PERFORMANCES DE MEDIAS FIBREUX AU COURS DE LEUR COLMATAGE PAR DES PARTICULES NANOSTRUCTUREES

D. Thomas[1], S Pacault[1], A. Charvet[1], N. Bardin-Monnier [1], J.-C. Appert-Collin[1]

[1] Université de Lorraine, Laboratoire Réactions et Génie des Procédés, UMR 7274, Nancy, F-54000, France
*Courriel de l'orateur : Dominique.Thomas@univ-lorraine.fr

TITLE

Modeling the performance evolution of fibrous media during their clogging by nanostructured particles

RESUME

Un modèle visant à prédire l'évolution de la perte de charge et de l'efficacité des filtres non tissés au cours de la filtration de particules nanostructurées (agglomérats de particules nanométriques) est présenté. Il prend en compte les caractéristiques du filtre (épaisseur, compacité, diamètre de Davies et diamètre moyen des fibres), la distribution granulométrique et les conditions opératoires (vitesse de filtration, viscosité du gaz ...). Un seul paramètre d'ajustement lié au diamètre des fibres est nécessaire. Une confrontation avec les données expérimentales montre que le modèle permet d'estimer de manière très satisfaisante les évolutions des performances (perte de charge et efficacité) au cours du colmatage de plusieurs filtres fibreux associés en série ou non.

ABSTRACT

A model was developed to predict the evolution of the pressure drop and the collection efficiency of non-woven filters clogged during the filtration of nanostructured particles (i.e. agglomerates of nanometric particles). It takes into account the filter characteristics (thickness, packing density, Davie' diameter and mean fibre diameter), but also the particle-size distribution and the operating conditions (filtration velocity, gas viscosity…). This model needs only one adjustable parameter linked to mean fibre diameter. In comparison with experimental data, the model allows predicting quite satisfactorily the performance (pressure drop and efficiency) of several mono or dual layer fibrous filters during particle loading.

MOTS-CLÉS : filtration, nanoparticules, perte de charge, efficacité / **KEYWORDS:** filtration, nanoparticles, pressure drop, efficiency

1. INTRODUCTION

Les médias fibreux restent les supports filtrants les plus couramment utilisés pour la protection individuelle ou collective. En particulier, dans le cas des nano-aérosols, ils peuvent présenter une très bonne efficacité. Cependant, la perte de charge du filtre augmente au cours de la filtration ce qui, à terme, limite leur utilisation. Pour une meilleure optimisation de leur structure ou pour estimer leur durée de vie pour des conditions opératoires données, il s'avère essentiel de prédire leur comportement au cours du colmatage.

2. PRÉSENTATION DU MODÈLE

Le média filtrant présumé homogène avec une compacité uniforme est discrétisé en plusieurs couches. Chacune d'entre elles est supposée être chargée de manière homogène par des particules nanostructurées. Pour calculer la perte de charge, une approche similaire à celle de Bergman et al. (1978) a été utilisée. Dans cette approche, les auteurs ont considéré la perte de charge comme la somme de la perte de charge du dépôt et de la perte de charge des fibres. Contrairement à l'approche de Bergman, nous considérons que les facteurs de correction pour tenir compte de l'interférence entre les fibres et les particules dépendent de la compacité des fibres et du dépôt. Pour chaque couche, le diamètre de Davies est évalué à partir de la valeur calculée de la perte de charge. Ce diamètre est pris en considération pour estimer l'efficacité de chacune des couches à partir de modèles de la littérature faisant intervenir des mécanismes de collecte liés à la diffusion brownienne, l'interception et l'impaction. Connaissant la distribution granulométrique en amont du média filtrant et l'efficacité de collecte de chacune des couches, il est possible de déterminer la distribution granulométrique en aval de chacune des couches ainsi que la masse de particules collectées. Lorsque la première couche est complètement saturée par le dépôt de particules nanostructurées, les particules collectées se déposent à la surface du filtre générant ainsi un gâteau de filtration dont la perte de charge est déterminée par un modèle préalablement développé (Thomas et al., 2014).

DOI : 10.25576/ASFERA-CFA2019-16659

3. RÉSULTATS

Ce modèle a été confronté à l'évolution expérimentale de la perte de charge et de l'efficacité au cours du colmatage de différents médias fibreux (Tableau 1). L'aérosol d'essai est produit par un générateur GFG1000 (Palas) produisant des particules nanostructurées de graphite avec une distribution granulométrique en nombre log-normale de diamètre géométrique en mobilité électrique égal à 60 nm et un écart type géométrique de 1,6 (Charvet et al.,2018).

Table 1 : Caractéristiques des filtres testés

Filtre	A	B	C	D	E
Diamètre moyen des fibres (µm)	1,6	5,1	2,2	26,8	16,9
Matériau	Verre	Verre	PP	PET	PET
Compacité	0,076	0,074	0,050	0,241	0,217
Epaisseur (µm)	411	373	387	606	422

PP : Polypropylène – PET : Polyéthylène téréphtalate

A titre d'illustration, les figures 1 et 2 représentent respectivement les évolutions expérimentale et théorique de la perte de charge et de l'efficacité du filtre E et de deux filtres D et A associés en série.

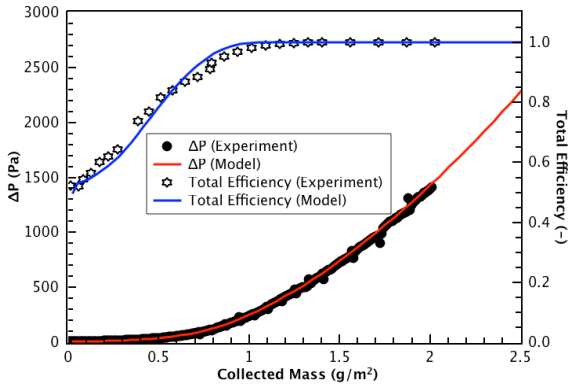

Figure 1. Evolution de la perte de charge et de l'efficacité du filtre E au cours du colmatage– Vitesse de filtration = 2,5 cm/s

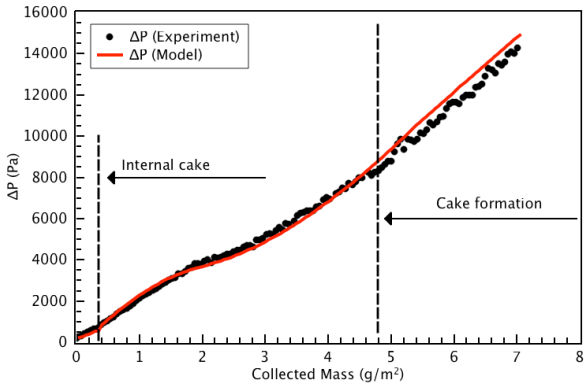

Figure 2. Evolution de la perte de charge des deux filtres D et A associé en série au cours du colmatage –Vitesse de filtration = 2,5 cm/s

Ce modèle dédié à la filtration des particules nanostructurées montre un bon accord pour l'ensemble des médias fibreux testés. Confronté aux valeurs expérimentales de médias couplés (i.e. média moyenne efficacité associé en série avec média fibreux à très haute efficacité), il révèle un très bon accord avec la formation d'un gâteau interne au contact des deux médias filtrants. A noter que les valeurs de l'efficacité tant expérimentale que théorique ne sont pas représentées sur la figure 2 puisque proches de 100% dès le début de la filtration.

4. CONCLUSION

Ce modèle, développé pour prédire le colmatage des milieux fibreux avec des nano-aérosols, décrit avec un bon accord les évolutions de la perte de charge et de l'efficacité au cours de la filtration. Il ne fait intervenir qu'un seul paramètre d'ajustement lié au calcul du diamètre de fibre intervenant dans les modèles d'efficacité unitaire de fibre.

5. REFERENCES

Bergman W., Taylor R.D., Miller H.H., Biermann A.H., Hebard H.D., Da Roz R.A., Lum B.Y. (1978) Enhanced filtration program at LLL - A progress report, 15th DOE Nuclear Air Cleaning Conference.

Thomas D., Ouf F. X., Gensdarmes F., Bourrous S., Bouilloux L. (2014) Pressure drop model for nanostructured deposits, Separation and Purification Technology, 138, 144—152

Charvet A., Pacault S., Bourrous S., Thomas D. (2018) Association of fibrous filter for aerosol in predominant Brownian diffusion conditions, Separation and Purification Technology, 207, 420-426

6. REMERCIEMENT

Ce travail est issu du programme de recherche LIMA entre l'Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN) et le Laboratoire Réactions et Génie des Procédés (LRGP).

DOI : 10.25576/ASFERA-CFA2019-16659