

- Dépoussiéreur
- Aérosol
- Filtration
- Colmatage
- Efficacité

► D. Bémer<sup>1</sup>, X. Simon<sup>1,2</sup>, S. Callé<sup>2</sup>,  
D. Thomas<sup>2</sup>, R. Régnier<sup>1</sup>, P. Contal<sup>2</sup>

<sup>1</sup> INRS, Département Ingénierie des procédés,  
Centre de Lorraine

<sup>2</sup> CNRS/LSGC, Nancy

#### PERFORMANCE OF BAGHOUSE DUST COLLECTORS - STUDY ON PLANE MEDIA AND ON A PILOT INSTALLATION

A method has been developed to test the filters used in industrial dust collectors, that allows monitoring of the pressure drop and the filtration efficiency during the loading and cleaning cycles. A plane filter ( $\phi$  130 mm) is loaded with a calibrated aluminium dust (mass median diameter 2.5  $\mu$ m) and cleaned by injection of a compressed air pulse-jet. The efficiency is continuously measured by optical counting. Two media, each composed of a non-woven polyester fibre sheet, were tested. They differed in the anti-adhesive surface treatment of the filtration surface. One benefited from a thermobonding surface treatment, the second had a single filament PTFE membrane.

The results obtained on the plane media were then compared to those obtained on a pilot dust collector equipped with bags made of the same media and operating in the same conditions.

The study showed that the performances established on the plane media were in close agreement with those measured on the pilot dust collector, however with a more pronounced drop in efficiency during loading on the pilot than on the media. It also highlighted the clear improvement in efficiency in the submicronic domain made by the PTFE membrane. In contrast, the long-term change in performance was not studied and possible deterioration of the media was not able to be taken into account.

- Dust collector
- Aerosol
- Filtration
- Dust loading
- Efficiency

# PERFORMANCE DES DÉPOUSSIÉREURS À MÉDIA FILTRANT

## Étude sur média plan et sur pilote

Une méthode d'essai des filtres utilisés en dépoussiérage industriel, permettant le suivi de la perte de charge et de l'efficacité de filtration au cours des cycles de colmatage et de décolmatage, a été élaborée. Un filtre plan ( $\phi$  130 mm) est colmaté à partir d'une poussière calibrée d'alumine (diamètre médian massique 2,5  $\mu$ m) et décolmaté par injection d'air comprimé à contre-courant. L'efficacité est mesurée en continu par comptage optique. Deux médias, constitués chacun d'un feutre de fibres de polyester non tissées, ont été testés. Ils diffèrent par le traitement de surface anti-adhésif de la surface filtrante. L'un bénéficie d'un traitement de surface par calandrage thermique, l'autre dispose d'une membrane en PTFE mono-filament.

Les résultats obtenus sur média plan ont ensuite été comparés à ceux obtenus sur une installation pilote de dépoussiérage équipée de poches fabriquées à partir des mêmes médias et fonctionnant dans les mêmes conditions.

L'étude a montré que les performances établies sur média plan sont en bon accord avec celles mesurées sur le pilote de dépoussiéreur avec, néanmoins, une baisse de l'efficacité lors du décolmatage plus marquée sur pilote que sur média. Elle a permis de mettre évidence la nette amélioration de l'efficacité dans le domaine submicronique apportée par la membrane PTFE. Par contre, l'évolution des performances à long terme n'a pas été étudiée et les possibles dégradations du média n'ont pu être prises en compte.

La filtration de l'air par les médias fibreux constitue le système de dépoussiérage le plus couramment utilisé dans l'industrie pour traiter l'air empoussiéré avec des rendements de filtration élevés. Après dépoussiérage, l'air peut être soit rejeté dans l'atmosphère, soit réintroduit, pour des raisons d'économie d'énergie, dans l'air des locaux de travail (recyclage). Les poussières filtrées entraînent un colmatage progressif du média se traduisant par une aug-

mentation de la perte de charge de l'installation. La perte de charge doit donc être périodiquement régénérée par suppression du gâteau de particules se formant à la surface du média (décolmatage). Différentes techniques de décolmatage sont mises en œuvre : secouage (choc mécanique, vibrations), balayage par un grand volume d'air à contre-courant sous faible pression, injection d'un faible volume d'air à haute pression (décolmatage pneumatique).

La technique du décolmatage par à-coup de pression à contre-courant reste la plus utilisée industriellement ; c'est la raison pour laquelle elle a été retenue dans la présente étude. Le décolmatage est généralement déclenché lorsque la perte de charge de l'installation atteint une valeur maximale prédéfinie. Ce type de décolmatage repose sur l'envoi d'un débit d'air comprimé à contre-courant du sens de filtration pendant un temps très bref d'une centaine de ms, permettant de maintenir en permanence l'arrivée du flux empoussiéré (système de décolmatage *on-line*). Le choc créé est à l'origine du décollement des particules de la surface du média. Ce procédé cyclique de colmatage et décolmatage conditionne les performances des dépoussiéreurs tant d'un point de vue efficacité de collection des particules que de la durée de vie des médias filtrants. De nombreux travaux ont permis de mieux comprendre les mécanismes du décolmatage et de modéliser l'évolution de la perte de charge [1] [2] [3] [4]. En revanche, relativement peu d'études ont été consacrées à l'impact du décolmatage sur l'efficacité de filtration.

L'étude proposée a pour but d'analyser les phénomènes liés au décolmatage en situation réelle sur un dépoussiéreur à poches industriel et de comparer les résultats à ceux obtenus sur médias plans dans les mêmes conditions opératoires.

## MOYENS D'ESSAIS

Le banc d'essais pour médias plans permet de suivre les paramètres de perte de charge et d'efficacité de filtration d'un échantillon de média de diamètre 130 mm soumis à des cycles de colmatage-décolmatage. Son schéma est représenté sur la *figure 1*.

La vitesse de filtration ( $U_f$ ) est maintenue constante à  $2 \text{ cm.s}^{-1}$  par un système de by-pass à l'amont du média, muni d'une vanne de régulation électropneumatique asservie à un débitmètre massique. Le système de décolmatage par à-coup de pression est constitué d'une buse ( $\varnothing 3 \text{ mm}$ ) d'arrivée d'air comprimé (réservoir à 7 bars) placée à l'aval du média, reliée à une électrovanne temporisée (temps d'ouverture fixée à 1 s).

La génération de l'aérosol est effec-

tuée au moyen d'un générateur à brosse tournante de type Palas RGB 1000.

Le banc d'essais du dépoussiéreur est de conception identique à celui pour média plan, hormis l'absence de régulation du débit. Le dépoussiéreur comporte 12 poches filtrantes ( $0,5 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}$ ), développant une surface totale de filtration de  $18 \text{ m}^2$ . Le schéma de l'installation est représenté sur la *figure 2*. La vitesse de filtration moyenne est réglée à  $2 \text{ cm.s}^{-1}$  (soit un débit de  $1300 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$ ). Le débit n'est pas régulé et, par conséquent, varie avec la perte de charge. Cependant, la fluctuation de débit est très faible et n'affecte pas la vitesse de filtration, celle-ci étant comprise entre  $1,95$  et  $2,05 \text{ cm.s}^{-1}$ . Des tubes d'injection, percés de petits orifices permettant le passage de l'air de décolmatage, sont positionnés sur toute la longueur du côté propre des éléments filtrants. L'air comprimé est envoyé à chaque tube d'injection par l'intermédiaire d'une vanne à membrane, dont l'ouverture et la fermeture sont contrôlées par une électrovanne pilote. La durée d'impulsion de l'à-coup de pression est fixée à 110 ms et s'effectue avec de l'air comprimé à 7 bars. L'aérosol de colmatage est généré au moyen d'un générateur de type Palas BEG 1000 S.

Pour les deux bancs d'essai, la perte de charge est mesurée au moyen d'un capteur de pression différentielle (Keller 0-20 mbar) et l'efficacité de filtration au moyen de compteurs optiques (PMS Lasair 310 et 1001). Le suivi de la concentration aval est effectué avec un compteur optique (Grimm 1.108).

L'aérosol de colmatage est obtenu à partir d'une poudre d'alumine présentant un diamètre médian massique (DMM) de  $2,5 \mu\text{m}$  (écart type géométrique,  $\sigma_g = 1,5$ ). Le décolmatage est activé lorsque la perte de charge maximale ( $\Delta P_{\text{max}} = 350 \text{ Pa}$ ) est atteinte.

Deux médias filtrants, constitués chacun d'un feutre de fibres de polyester non tissées, ont été retenus.

TABLEAU I

Caractéristiques des médias C et T  
Characteristics of C and T media

Média	C	T
Caractéristiques	Polyester + Calandrage Thermique	Polyester + Membrane PTFE
Grammage ( $\text{g.M}^{-2}$ )	528	564
Épaisseur (mm)	1,7	1,9
Compacité	0,22	0,21
Diamètre des fibres (Davies) ( $\mu\text{m}$ )	20,4	10,5
Efficacité initiale à $0,4 \mu\text{m}$ ( $2 \text{ cm.s}^{-1}$ )	0,27	0,87
$\Delta P_0$ [Pa] à $2 \text{ cm.s}^{-1}$	25	130

Ils diffèrent par le traitement de surface anti-adhésif de la surface filtrante. Le premier média (noté C) a bénéficié d'un traitement de surface par calandrage thermique alors que le second (noté T), dispose d'une membrane en PTFE mono-filament sur sa face filtrante.

Les caractéristiques des deux médias sont regroupées dans le *tableau I*. La *figure 3* montre une vue prise en microscopie électronique à balayage de la surface filtrante des médias.

## MESURES EFFECTUÉES

On procède dans un premier temps à la mesure de l'efficacité de filtration initiale (filtre neuf). Celle-ci est déterminée par la mesure, par comptage optique, du nombre de particules d'un aérosol test, à l'amont et à l'aval du média. La méthode utilisée s'inspire de celle décrite dans la norme EN 779 [5]. Le domaine granulométrique couvert s'étend de  $0,1$  à  $10 \mu\text{m}$ . Un aérosol de KCl est généré par nébulisation d'une solution de KCl à  $0,1 \%$  (nébuliseur à effet venturi) puis neutralisé électriquement (électrode Elcowa ECO 8).

Les mesures consistent à suivre l'évolution de la perte de charge ( $\Delta P$ ) et de l'efficacité ( $E$ ) des éléments filtrants au cours de cinq cycles de colmatage-décolmatage.

La perte de charge est définie par la différence de pression statique aux bornes amont/aval de l'élément filtrant :

$$\Delta P = P_{\text{amont}} - P_{\text{aval}}$$

Une méthode a été mise au point afin de pouvoir suivre en continu l'efficacité de filtration. Elle comporte trois étapes :

1 - Mesure de l'efficacité initiale ( $E_{0i}$ ) par comptage optique ; l'indice  $i$  indiquant la classe granulométrique du compteur correspondant aux particules comprises entre les diamètres  $d_{pi}$  et  $d_{pi+1}$ .

2 - Détermination de la concentration en nombre des particules à l'amont ( $N_{ei}$ ), à partir de l'efficacité initiale et de la concentration en nombre à l'aval ( $N_{si}$ ), mesurée dans les tous premiers instants. Pour cela, on considère que l'efficacité initiale ne varie pas au début du colmatage lors de la mesure de  $N_{si}$  (formation du gâteau négligeable).  $N_{ei}$  est alors obtenue à partir de la relation suivante :

$$N_{ei} = \frac{N_{si}}{1 - E_{in}}$$

La concentration amont  $N_{ei}$  est constante (vérification par photométrie).

3 - Suivi de la concentration totale aval  $N_{si}(t)$  toujours par comptage optique. L'efficacité de filtration au temps  $t$ , pour la classe  $i$ , est alors obtenue en appliquant la relation :

$$E_i(t) = 1 - \frac{N_{si}(t)}{N_{ei}} \quad (1)$$

À partir de l'efficacité fractionnelle  $E_i(t)$ , deux efficacités peuvent être définies :

- l'efficacité totale en nombre :

$$En(t) = 1 - \frac{\sum N_{si}(t)}{\sum N_{ei}(t)} \quad (2)$$

- l'efficacité totale en masse :

$$Em(t) = 1 - \frac{\sum N_{si}(t) \cdot \overline{dp_i^3}}{\sum N_{ei}(t) \cdot \overline{dp_i^3}} \quad (3)$$

avec :  $\overline{dp_i^3} = \frac{1}{2} \cdot (dp_i + dp_{i+1})$

L'évolution de l'efficacité et de la perte de charge est représentée en fonction de la masse surfacique de particules, générée au temps  $t$ , donnée par :

$$W(t) = \frac{q_p \times t}{S_f} \quad (4)$$

avec :  $W$ , la masse surfacique de particules ( $kg \cdot m^{-2}$ ),  $q_p$ , le débit massique ( $kg \cdot s^{-1}$ ),  $t$ , le temps (s) et  $S_f$ , la surface filtrante ( $m^2$ ).

Le débit massique ( $q_p$ ) est déterminé par prélèvement isocinétique sur filtre de l'aérosol dans le conduit à l'amont de l'élément filtrant (média et dépoussiéreur), puis détermination par pesée de la masse de particules collectée sur le filtre. Cinq cycles de colmatage/décolmatage sont réalisés sur média plan (médiás C et T) ainsi que sur le dépoussiéreur équipé des poches fabriquées à partir des mêmes médias.

FIGURE 1

Schéma du banc d'essais médias plans  
Schematic diagram of the test rig of plane media

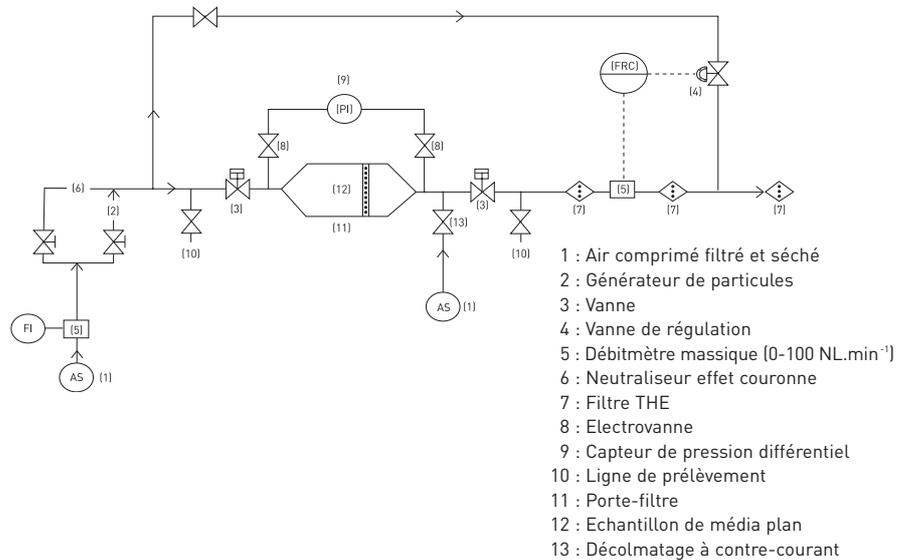


FIGURE 2

Schéma du banc d'essais dépoussiéreur  
Schematic diagram of the test rig of the pilot installation

- 1 : Diaphragme à l'aspiration
- 2 : Filtre THE
- 3 : Générateur de particules
- 4 : Ligne de prélèvement
- 5 : Vanne
- 6 : Dépoussiéreur à poches filtrantes
- 7 : Trémie
- 8 : Air comprimé de décolmatage
- 9 : Ventilateur
- 10 : Filtre THE

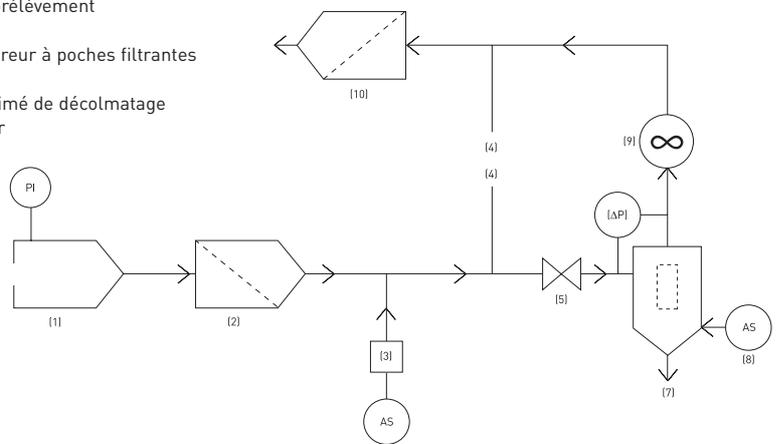
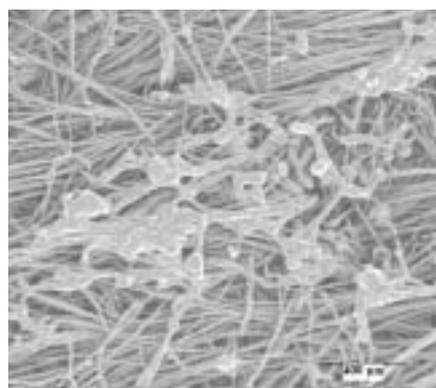
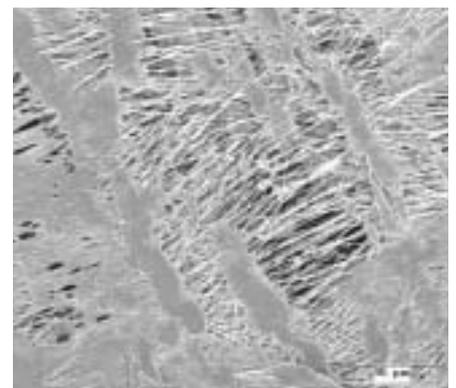


FIGURE 3

Vue en microscopie électronique à balayage de la surface filtrante des médias  
Scanning electron microscopic views of the filtering surface of the media



Média C - Calandrage thermique



Média T - Membrane PTFE

Enfin des expériences ont été conduites afin de mettre en évidence les mécanismes à l'origine du pic de la concentration aval observé lors du décolmatage. Pour cela, un suivi de la concentration a été effectué par comptage optique. Deux expériences ont été conduites pour chaque média afin de déterminer la masse de particules libérée par le dépoussiéreur ( $m_1$ ) ainsi que la masse générée par la baisse d'efficacité, consécutive à la suppression du gâteau de particules ( $m_2$ ). La masse  $m_1$  est indépendante de la concentration amont à la différence de la masse  $m_2$ .

- masse  $m_1$  : décolmatage déclenché alors que le dépoussiéreur est alimenté avec de l'air propre (arrêt de la génération de particules),
- masse  $m_2$  : reprise de la génération de particules (les filtres étant décolmatés).

Les masses  $m_1$  et  $m_2$  sont déterminées par intégration de la concentration aval mesurée sur la durée du pic (environ 100 s).

## RÉSULTATS

Les courbes d'efficacité fractionnelle initiale des médias sont présentées sur la *figure 4*. On constate que la membrane en PTFE recouvrant la surface du média T permet d'accroître très significativement l'efficacité de filtration de ce média. Les courbes montrent également un bon accord entre les efficacités mesurées sur média plan et le dépoussiéreur, avec néanmoins une efficacité sensiblement plus importante pour le dépoussiéreur avec poches en média C, dans le domaine des particules microniques.

L'évolution de la perte de charge et de l'efficacité totale en nombre (équation 2), sur cinq cycles et pour les quatre configurations étudiées, est représentée sur les *figures 5a, 5b* et *6a, 6b*.

La partie incurvée indiquée A (*figure 5b*) démontre que, pour le média C avec calandrage thermique, il existe une étape de colmatage en profondeur du filtre avant que le colmatage de surface n'apparaisse (zone quasi linéaire C). Cette évolution en deux phases est bien connue et a été largement étudiée [6], [7]. Au contraire, la partie incurvée indiquée B (*figure 6b*) indique l'absence de colmatage en profondeur avec la membrane PTFE, conduisant à un dépôt en surface dès le début de la filtration. La partie C (*figure 6b*) montre que, à partir d'un certain moment, l'épaisseur de cette couche croît proportionnellement

FIGURE 4

Efficacités fractionnelles initiales mesurées sur média plan et sur dépoussiéreur  
Fractional initial efficiencies measured on plane media and on dust collector

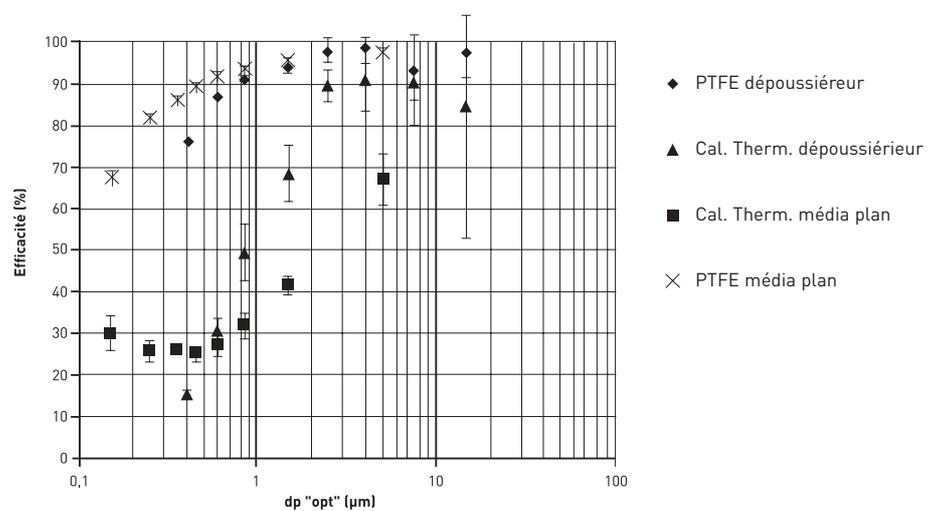


FIGURE 5a

Média plan C  
Plane media C

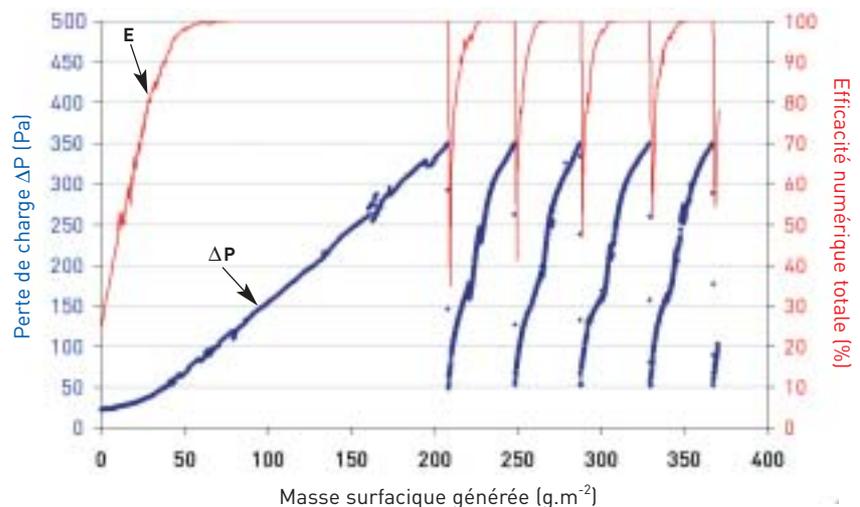


FIGURE 5b

Dépoussiéreur - média C  
Dust collector - Media C

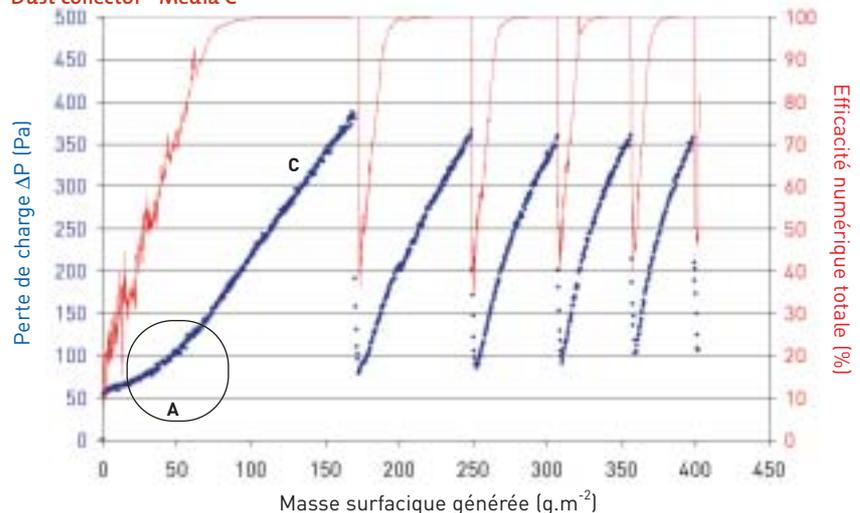


TABLEAU II

**Émission de particules lors du décolmatage – Masses m1, m2**  
**Particle emission during cleaning - Masses m1, m2**

Masses	Média C	Média T
m1 (mg)	14,6	10,4
m2 (mg)	97,0	5,2
m2/(m1+m2) (%)	87	33
$\overline{C}_{pic}$ (mg.m <sup>-3</sup> )	2,6	0,36

FIGURE 6a

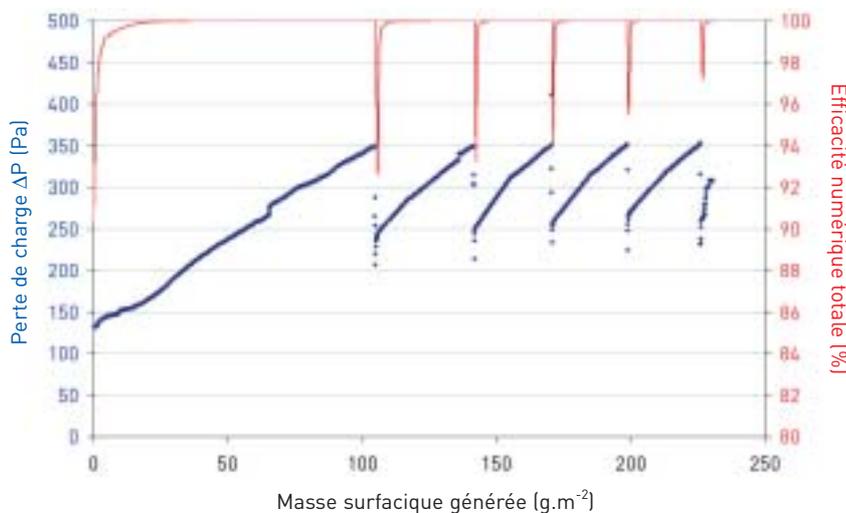
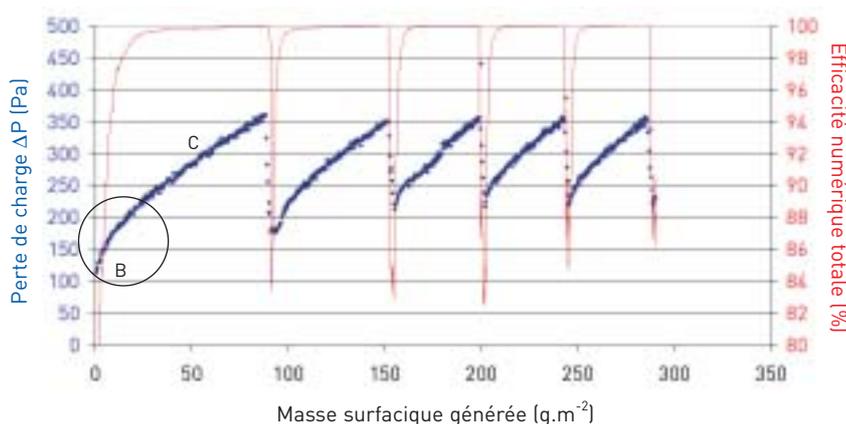
**Média plan T**  
**Plane media T**


FIGURE 6b

**Dépoussiéreur – média T**  
**Dust collector - Media T**


à la masse de particules collectées ; la perte de charge augmente alors linéairement avec la masse surfacique générée.

L'efficacité, quant à elle, augmente au cours du colmatage, jusqu'à atteindre des valeurs proches de 100 % lorsque le gâteau se constitue. La dynamique du phénomène est relativement rapide comme on peut le constater sur les figures 5a, 5b et 6a, 6b. Rapidement, on constate que le média fibreux ne joue

plus qu'un rôle de support à un gâteau de filtration devenant le principal collecteur de particules et contrôlant majoritairement l'efficacité et la perte de charge.

Des expériences de suivi de la concentration à l'aval du dépoussiéreur, dans deux configurations d'essai (avec et sans génération de particules), ont permis de quantifier les deux principaux mécanismes à l'origine du pic de

la concentration aval lors du décolmatage [8,9]. Le tableau II présente les masses m1 et m2 mesurées. m1 représente la masse de particules libérées par le média par l'à-coup de pression, et m2 la masse des particules non filtrées consécutive à la baisse d'efficacité due à la suppression momentanée du gâteau.  $\overline{C}_{pic}$  représente la concentration moyenne établie sur la durée du pic de décolmatage (de l'ordre de 2 min).

Pour le média C à faible efficacité, 87 % de l'émission est attribuée à la baisse de l'efficacité, et seulement 33 % pour le média T plus efficace, pour lequel le mécanisme dominant semble être la libération de particules. La concentration moyenne relevée pour le média C est également plus importante que celle correspondant au média T.

L'efficacité d'un média soumis à un décolmatage séquentiel est donc largement contrôlée par le gâteau de particules, et ce d'autant plus que son efficacité est faible. D'autres auteurs [10,11,12] considèrent cependant que l'efficacité serait plutôt liée à l'action d'un mécanisme de migration des particules collectées à l'intérieur du média et à leur libération progressive dans le flux aval. Dans les deux approches, le décolmatage jouerait un rôle prépondérant.

On constate que les cycles mesurés sur média plan sont très voisins de ceux enregistrés pour le dépoussiéreur, avec néanmoins des cycles un peu plus courts dans le cas des médias (voir tableau III).

La diminution de l'efficacité lors du décolmatage est également plus marquée sur dépoussiéreur que sur média plan. Les résultats montrent une efficacité nettement plus élevée pour le média T (efficacité moyenne établie sur les quatre derniers cycles et efficacité après décolmatage) mais qui en contrepartie, se traduit par une perte de charge plus élevée.

La baisse d'efficacité observée lors du décolmatage varie selon que l'efficacité est définie par rapport à la masse ou au nombre de particules (figure 7). L'efficacité en nombre est plus affectée par le décolmatage que l'efficacité massique à cause de la diminution de l'efficacité plus marquée pour les particules dans le domaine submicronique (figure 8). Ce phénomène peut s'expliquer par l'ac-

tion simultanée de la baisse d'efficacité du média, causée par la suppression partielle du gâteau, et l'augmentation momentanée, à la fois de la concentration amont, due à la remise en suspension de fines particules par l'à-coup de pression, et de la vitesse de filtration. L'efficacité, telle que définie par l'équation 1, repose sur l'hypothèse d'une concentration amont constante, ce qui n'est pas le cas au moment du décolmatage. Au cours de cette phase, il faudrait plutôt parler d'efficacité apparente, juxtaposition de l'efficacité réelle du média et de l'augmentation de la concentration amont.

De même, la remontée de l'efficacité en masse est nettement plus rapide que celle de l'efficacité en nombre. L'efficacité massique traduit en effet l'arrêt des plus grosses particules pour lesquelles l'efficacité est aussi la plus élevée.

Les cycles présentés sur les figures 5 et 6 ont été établis sur média plan à partir d'une poussière test calibrée d'alumine. L'annexe décrit une méthode permettant d'extrapoler les cycles lorsque le filtre est soumis à une poussière possédant d'autres caractéristiques physiques.

## CONCLUSIONS

Les performances établies sur média plan sont en bon accord avec celles mesurées sur le pilote de dépoussiéreur avec, néanmoins, une baisse de l'efficacité lors du décolmatage plus marquée sur pilote que sur média.

L'efficacité élevée des membranes en téflon, sur l'ensemble du domaine granulométrique, permet de limiter la chute d'efficacité au moment du décolmatage, améliorant ainsi la protection vis-à-vis des fines particules (diamètre < 5 µm). Pour les poussières présentant un DMM > 5 µm la protection apportée par un média classique sans membrane téflon semblerait suffisante au regard de l'efficacité massique.

Deux mécanismes sont à l'origine du pic de la concentration aval lors du décolmatage : émission de particules initialement piégées par le média et augmentation de la concentration aval due à la suppression du gâteau de particules. La contribution de ces deux mécanismes varie avec l'efficacité du média.

L'évolution des performances à long terme n'a pas été étudiée. Après un nom-

TABLEAU III

### Résultats Results

		$\bar{W}^{(1)}$ (g.m <sup>-2</sup> /cycle)	$\bar{E}_n^{(2)}$	$E_n^{(3)}$	$\Delta P_0^{(4)}$ (Pa)	$\Delta P_r^{(5)}$ (Pa)
Média C	Plane filter	40,3	0,953	0,70	23	50
	Dust collector	57,0	0,864	0,55	50	100
Média T	Plane filter	30,7	0,996	0,98	132	230
	Dust collector	49,4	0,986	0,87	120	218

(1) Masse surfacique moyenne générée par cycle, déterminée à partir des quatre derniers cycles

(2) Efficacité totale en nombre moyennée sur les quatre derniers cycles

(3) Efficacité totale en nombre déterminée après décolmatage au cinquième cycle

(4) Perte de charge initiale (état neuf)

(5) Perte de charge résiduelle (après décolmatage) au cinquième cycle

FIGURE 7

### Efficacité du dépoussiéreur avec média C exprimée en masse et en nombre (2<sup>e</sup> cycle) Dust collector efficiency (media C - 2<sup>nd</sup> cycle) - Mass and number efficiencies

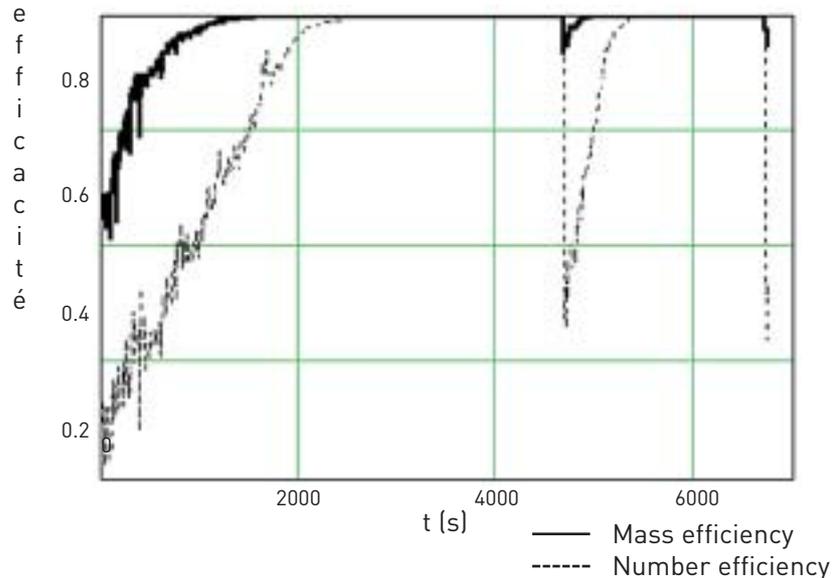
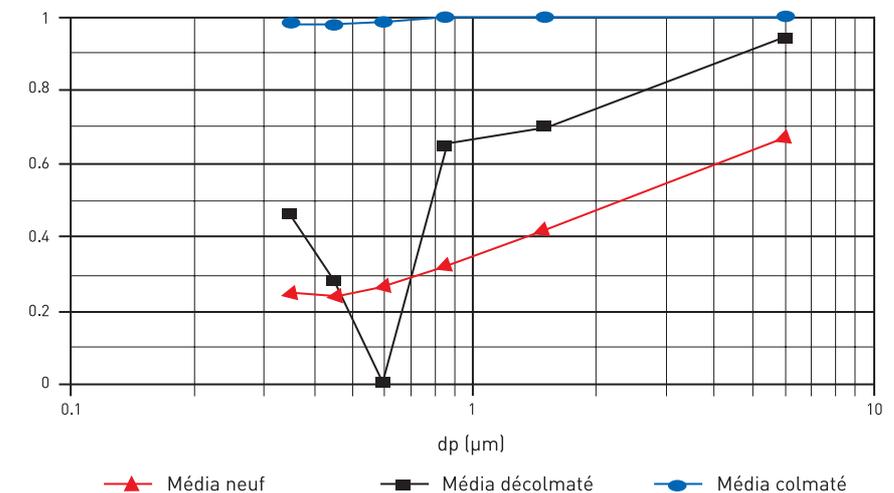


FIGURE 8

### Evolution de l'efficacité fractionnelle au cours d'un cycle – Dépoussiéreur avec média C Change in fractional efficiency during one cycle - Dust collector with media C



bre élevé de cycles, de possibles modifications sont susceptibles d'apparaître : une dégradation des propriétés physiques de la membrane téflon ou l'apparition de phénomènes de migration des particules à l'intérieur du média, mis en évidence par différents auteurs. L'influence de certains paramètres, tel que l'humidité, n'a également pas été étudiée.

■ À partir des mesures effectuées sur média plan et de la connaissance de certaines caractéristiques physiques de la poussière traitée, on peut envisager la reconstitution des cycles de colmatage/décolmatage d'une installation de dépeussierage industrielle.

Reçu le : 11/06/03

Accepté le : 05/09/03

>>

## ANNEXE

### EXTRAPOLATION À LA FILTRATION D'UNE POUSSIÈRE INDUSTRIELLE

#### Extrapolation to the filtration of an industrial dust

Est-il possible, à partir des cycles de la perte de charge établis sur média plan, au moyen d'une poussière calibrée d'alumine, de prévoir les performances d'une installation de dépeussierage traitant une poussière industrielle dont certaines caractéristiques seraient connues ?

L'évolution de la perte de charge en fonction de la masse surfacique de particules, en supposant que le régime de filtration en surface soit instantanément établi, est donnée par la relation :

$$\Delta P(t) = \Delta P_0 + k_2 \cdot \mu \cdot U_f \cdot W(t) \quad (A1)$$

avec :  $k_2$  le coefficient de résistance spécifique du gâteau de particules ( $\text{m} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) et  $\mu$  la viscosité dynamique de l'air ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ). Le coefficient  $k_2$  peut être déterminé à partir de la relation de Kozeny-Carman :

$$k_2 = \frac{36 \cdot K \cdot \alpha_p}{(1 - \alpha_p)^3 \cdot \rho_p \cdot d_p^2} \quad (A2)$$

où  $K$  est la constante de Kozeny ( $\approx 5$ ),  $\alpha_p$  est la compacité du gâteau de particules

TABLEAU A1

Caractéristiques des poussières et coefficient  $k_2$   
Characteristics of the dust and  $k_2$  coefficient

Dust	DMM <sup>(1)</sup> ( $\mu\text{m}$ )	$\rho_p$ <sup>(2)</sup> ( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )	$k_2$ ( $\text{m} \cdot \text{kg}^{-1}$ )
			exper.
Alumina	2,5	4,0	$8,1 \cdot 10^9$
Wood	10,0	0,8	$3,0 \cdot 10^9$

(1) mesuré en phase liquide au moyen d'un compteur Coulter (Multisizer)

(2) mesurée par pycnométrie en phase liquide.

et  $\rho_p$  la masse volumique des particules ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ).

En supposant que la compacité du gâteau varie peu avec le diamètre  $d_p$  et les conditions opératoires (notamment la vitesse  $U_f$ ), on définit le ratio  $R$  à partir duquel il est alors possible de déterminer le coefficient  $k_2$  de la poussière industrielle :

$$R = \frac{(k_2)_{\text{Alumine}}}{(k_2)_{\text{industr.}}} = \frac{(\rho_p \cdot d_p^2)_{\text{industr.}}}{(\rho_p \cdot d_p^2)_{\text{Alumine}}} \quad (A3)$$

Une poussière de bois a été prise comme exemple de poussière industrielle. Les caractéristiques des poussières sont répertoriées dans le *tableau A1*. Le ratio  $R$  calculé à partir de ces valeurs est égal à 3,2.

Parallèlement, on a procédé à la détermination du coefficient  $k_2$  pour les poussières de bois et d'alumine à partir de la relation A1. Pour cela, on a suivi l'évolution de la perte de charge d'un filtre à très haute efficacité en cours de colmatage ( $U_f = 2 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ ) pour les deux

types de poussière. Les résultats sont donnés dans le *tableau A1* ; le ratio  $R$  correspondant est égal à 2,7. Compte tenu des simplifications apportées pour le calcul du ratio théorique  $R$ , les résultats sont plutôt satisfaisants. Ils permettent d'envisager l'extrapolation des résultats obtenus sur médias plans à une installation de dépeussierage, à partir de la connaissance de la distribution granulométrique en masse et de la masse volumique de la poussière traitée.

En ce qui concerne l'efficacité, le problème est de savoir si, à  $\Delta P$  égales, un filtre colmaté à partir de deux poussières de caractéristiques différentes, aura la même efficacité de filtration. Des essais réalisés par S. Callé [14] à partir de deux poudres d'alumine de DMM 2.6 et 14  $\mu\text{m}$ , sembleraient indiquer qu'une fois le gâteau constitué, les efficacités seraient identiques à pertes de charge égales, et cela indépendamment de la granulométrie. Des essais plus systématiques seraient néanmoins nécessaires afin de pouvoir répondre définitivement à cette question.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] LEITH D., ELLENBECKER J. – Theory for pressure drop in a pulse-jet cleaned fabric filter. *Atmospheric Environment*, **14**, 1980, p. 845-852.
- [2] ALLEN R.W.K., GOYDER H.G.D., MORRIS K. – Modelling media movement during cleaning of pulse-jet fabric filters. *Trans IChemE*, **77**, 1999, p. 223-230.
- [3] DENNIS R., WILDER J. E., HARMON D.L. – Predicting pressure loss for pulse-jet filters. *Journal of the Air Pollution Control Association*, **31**, 1981, p. 987-992.
- [4] SIEVERT J., LOEFFLER F. – Dust cake release from non-woven fabrics. *Filtration and Separation*, November/December 1987, p. 424-427.
- [5] Standard EN 779 – Particulate air filters for general ventilation – Determination of the filtration performance. CEN, 2002.
- [6] STENHOUSE J.I.T, TROTTIER R. – The loading of fibrous filters with submicron particles. *Journal of Aerosol Science*, **22**, Suppl. 11, 1991, p. S777-S780.
- [7] WALSH D.C. – Recent advances in the understanding of fibrous filter behaviour under solid particle load. *Filtration and Separation*, juin 1996, p. 501-506.
- [8] DENNIS R., WILDER J. – Fabric Filter Cleaning Studies. *Distributed by NTIS. US Department of Commerce*, 1975, p.120-130.
- [9] HAKAMATA T., USHIROEBISU F. et al. – Performance of pulse-jet type bag filter. *6th World Filtration Congress, Nagoya*, 1993, p. 483-486.
- [10] LEITH D., ALLEN R.W.K. – Dust filtration by fabric filters. *R.J. Wakeman Ed., Progress in filtration and Separation. Elsevier*, **4**, 1986, p. 43-45.
- [11] BARNETT T. – Improving the performance of fabric filter dry dust collection equipment. *Filtration & Separation*. March 2000, p. 28-32.
- [12] LEITH D., ELLENBECKER M.J. – Dust emission from a pulse-jet fabric filter. *Filtration & Separation. Elsevier*, 1983, p. 311-314.
- [13] CALLÉ S., THOMAS D. et al. – Effect of particle size on filter pressure drop and its modeling. *International Workshop at University of Karlsruhe (Germany)*, Edited by M.J. Lehmann and G. Kasper, June 2002, p.37-48.
- [14] CALLÉ S. – Influence des cycles de colmatage et décolmatage sur l'évolution des performances des médias filtrants utilisés en dépolluissage industriel. *Thèse INPL*, Nancy, France, 2000.

© INRS 2004

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'INRS, de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite.

Il en est de même pour la traduction, l'adaptation ou la transformation, l'arrangement ou la reproduction, par un art ou un procédé quelconque (article L. 122-4 du Code de la propriété intellectuelle). La violation des droits d'auteur constitue une contrefaçon punie d'un emprisonnement de deux ans et d'une amende de 150 000 euros (article L. 335-2 et suivants du code de la propriété intellectuelle).

**INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE ET DE SÉCURITÉ – 30, rue Olivier-Noyer, 75680 Paris cedex 14**

Tiré à part des Cahiers de notes documentaires – Hygiène et sécurité du travail, 1er trimestre 2004, n° 194 – ND 2202 – 2 000 ex.  
N° CPPAP 804/AD/PC/DC du 14-03-85. Directeur de la publication : J.-L. MARIÉ. ISSN 0007-9952

Imprimerie de Montligeon – 61400 La Chapelle-Montligeon