

→ D. Bémer, service Thermique - ventilation, centre de recherche de l'INRS, Nancy et A. Ginestet, J.H. Salazar, D. Pugnet, département Energie et environnement dans l'industrie, CETIAT

Epurateurs de brouillards d'huile

Contribution à l'amélioration de la méthode d'essais

OIL MIST CLEANING DEVICES CONTRIBUTION TO THE IMPROVEMENT OF TEST METHOD VALIDATION

French standard NF X 44-060, published in May 1993, describes classification tests for whole oil mist cleaning devices. These tests serve to classify devices when new and also for different loading phases. We thought it would be useful, a few years on, to call attention once again to the existence and content of this standard and to consider how it might be improved. Inter alia the test method measures efficiency in relation to aerosol mass and particle size. A general ventilation air filter and an electrostatic air cleaner were tested using the method described in the standard. The results of the tests are reported and discussed, and comments and proposals are made. The measurements carried out show that it is not necessary to measure gravimetric efficiency and that this can usefully be replaced by optical counting in the 1-2 micron particle size range.

● cutting fluid ● oil mist ● air cleaning device ● filtration efficiency ● testing

La norme française NF X 44-060, publiée en mai 1993, décrit des essais de qualification des épurateurs de brouillards d'huile entière. Ces essais permettent de qualifier les épurateurs à l'état neuf et à l'issue d'étapes de colmatage. Après quelques années de pratique, il nous a semblé important de rappeler l'existence et le contenu de la norme, et de s'interroger sur les modifications qui pourraient la faire évoluer. La méthode d'essais inclut des mesures des efficacités gravimétrique et granulométrique (en fonction de la taille des particules). Un filtre à air de ventilation générale et un épurateur électrostatique ont donc été testés conformément à la méthode décrite par la norme. Les résultats des essais sont reportés et commentés puis, au cours de la discussion, des remarques et propositions sont faites. En particulier, les mesures effectuées montrent que la mesure de l'efficacité gravimétrique n'est pas nécessaire et peut être remplacée avantageusement par une détermination par comptage optique dans la tranche granulométrique 1-2 µm.

● fluide de coupe ● brouillard d'huile ● épurateur ● efficacité de filtration ● essai

Les fluides de coupe sont appliqués sur la partie mobile des outils afin d'augmenter leur durée de vie et aussi faciliter les opérations d'usinage. Ces fluides sont à l'origine de brouillards, communément appelés «brouillards d'huile», engendrés à la fois par la dispersion mécanique due aux pièces tournant à grande vitesse et par l'évaporation puis la recondensation du fluide lors des élévations locales de température.

Trois familles de fluides sont utilisées :

- les huiles de coupe entières,
- les fluides aqueux (émulsions d'huile dans de l'eau additionnée de différents constituants),
- les fluides «synthétiques» formés d'une solution aqueuse vraie [1].

Le problème posé par l'épuration de l'air pollué par les aérosols d'huile et son recyclage est traité par ailleurs dans un

guide [2], qui se limite au seul cas des brouillards d'huiles entières.

De même, la norme d'essai française NF X 44-060 [3] décrit une méthode d'essai applicable aux seuls épurateurs destinés au traitement de l'air capté sur des machines travaillant avec des huiles entières.

C'est la seule méthode permettant actuellement de déterminer l'ensemble des caractéristiques aérauliques et de séparation de ces épurateurs. Une telle méthode est nécessaire afin, par exemple, de s'assurer que les performances de l'appareil autorisent son utilisation pour le recyclage de l'air ou pour comparer les matériels entre eux.

Ce document a pour but de faire le point sur cette méthode qui a maintenant cinq années d'existence, et de préciser les modifications qu'il conviendrait d'apporter afin d'en améliorer la précision et réduire les coûts liés à sa mise en œuvre.

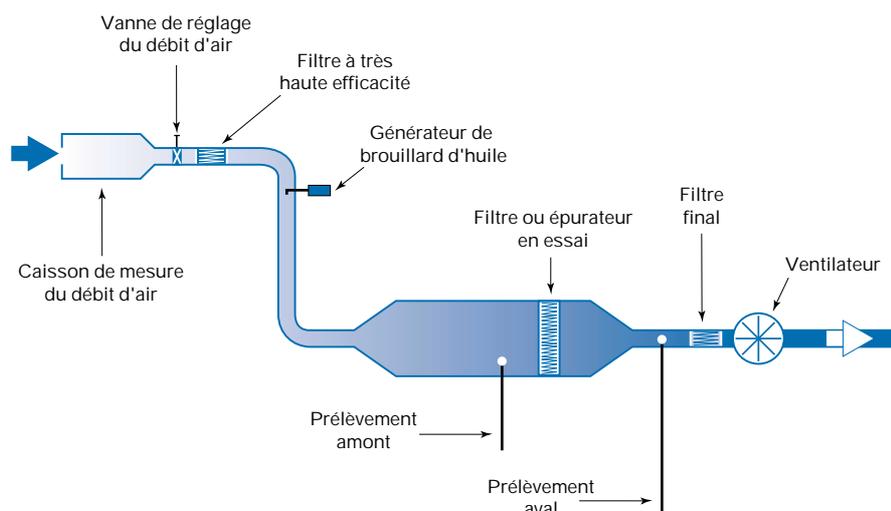


Fig. 1. Schéma de principe du banc d'essai des épurateurs de brouillard d'huile du CETIAT

Fig. 2. Organigramme descriptif du programme d'essais

1. Moyens expérimentaux

1.1. Banc d'essais

Le banc d'essai utilisé pour les mesures est décrit par le schéma de principe de la figure 1.

Matériels testés

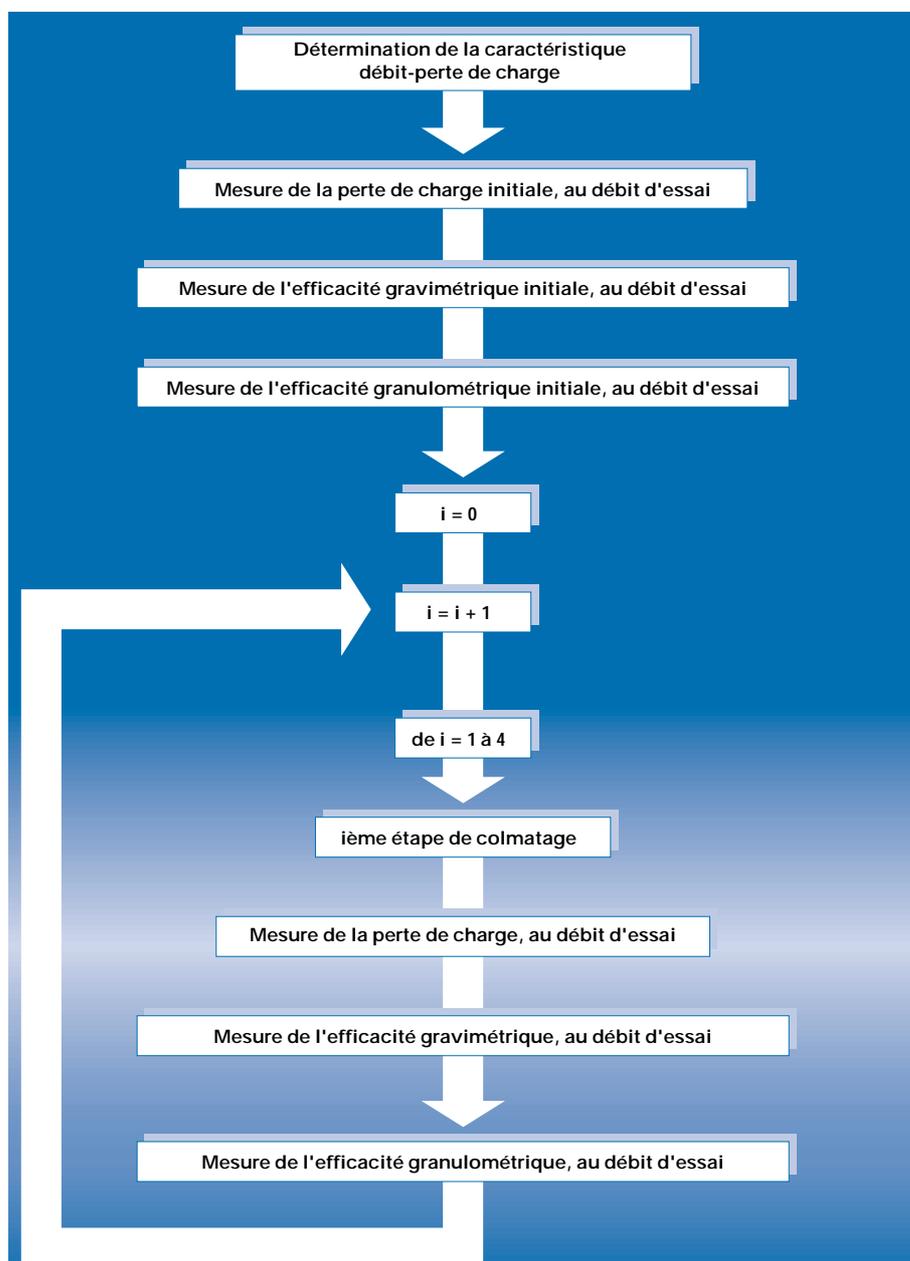
Un filtre à air de ventilation générale et un épurateur électrostatique ont été testés. Ces équipements ne sont pas munis de ventilateur :

- filtre à air : média papier en fibres de verre - dièdre petits plis - surface filtrante : 19 m² ;
- épurateur électrostatique : préfiltre à choc + cellule électrostatique + filtre diffuseur.

Programme d'essais

Le filtre et l'épurateur ont été testés à l'état initial (état neuf) et à l'issue d'étapes de colmatage. Le programme d'essais est décrit par un organigramme (fig. 2).

Il consiste en fait à alterner des phases de mesures (efficacité, perte de charge) avec des phases de colmatage (4 phases). Le débit d'air est maintenu constant, égal à 2 000 m³.h⁻¹, au cours de l'essai, en agissant sur le ventilateur du banc d'essai au fur et à mesure du colmatage. Ce débit correspond au débit nominal de fonctionnement de ces matériels.



1.2. Paramètres mesurés et méthode

Caractéristique débit/perde de charge

La différence de pression totale est mesurée entre l'amont et l'aval du matériel en essai. La courbe débit/perde de charge peut alors être tracée en fonction du débit d'air.

Efficacité gravimétrique

L'efficacité gravimétrique est le rapport, en pourcentage, de la différence des concentrations massiques amont et aval à la concentration amont. Sa mesure nécessite la génération d'un aérosol de brouillard d'huile de diamètre médian aérodynamique en masse (d_{mae}) compris entre 1,5 μm et 2,0 μm , à une concentration voisine de 45 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$, conformément à la méthode d'essai normalisée NF X 44-060. Mais le réglage de la granulométrie de l'aérosol d'essai est une opération très délicate et les résultats sont assez aléatoires. Dans les essais effectués, l'aérosol d'huile généré présente en effet un d_{mae} voisin de 2,6 μm (écart-type géométrique = 1,5), mesuré à l'aide d'un impacteur en cascade Andersen de débit égal à 28,3 $\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$ (1 CFM). Les concentrations massiques en brouillard d'huile à l'amont et à l'aval du matériel en essai sont mesurées au moyen de prélèvements isocinétiques sur filtre plan (vitesse de l'air à l'entrée de la buse de prélèvement égale à la vitesse de l'air au point de prélèvement dans le banc d'essai). Chaque filtre plan (type Gelman A/E) est pesé dans des conditions strictement identiques avant et après chaque prélèvement (passage des filtres plans à l'étuve puis au dessiccateur).

L'huile utilisée est une huile entière, Motul Universel, type usinol 45.

Efficacité granulométrique

L'efficacité granulométrique est le rapport, en pourcentage, de la différence des concentrations (exprimées en nombre de particules par unité de volume d'air) amont et aval à la concentration amont mesurées pour chaque classe granulométrique.

Les concentrations en nombre de particules par unité de volume d'air sont mesurées à l'amont et à l'aval du matériel en essai à l'aide d'un compteur optique de particules à source laser (compteur Lasair 210 de la société PMS). Ce type d'appareil, qui utilise les propriétés de la lumière diffusée, permet la mesure de la répartition granulométrique de l'aérosol de brouillard d'huile entre 0,2 μm et 5 μm .

Le diamètre délivré par le compteur de particules est un «diamètre optique», égal au diamètre géométrique de la particule si celle-ci est de forme sphérique et son indice de réfraction égal à l'indice des particules utilisées pour la calibration du compteur (latex, $n_{ref} = 1,59$). Dans le cas présent, ces deux critères sont effectivement respectés puisque les particules sont des gouttelettes d'indice de réfraction $n = 1,49$ en lumière visible. L'erreur commise sur la mesure du diamètre particulaire, liée à la différence des indices $n_{ref} - n$, est faible, inférieure à 10 %.

Les prélèvements amont et aval sont réalisés en respectant les conditions d'isocinétisme. Lors d'une mesure, 10 comptages sont réalisés à l'amont et à l'aval du matériel en essai (5 à l'amont, puis 10 à l'aval, puis à nouveau 5 à l'amont).

L'erreur aléatoire sur la concentration moyenne (\bar{C}) est définie par l'intervalle de confiance bilatéral de la moyenne prenant en compte un niveau de confiance de 95 %. On peut ainsi calculer, à l'amont et à l'aval, une concentration minimale (C_{min}) et une concentration maximale (C_{max}) par application de la loi de Student :

$$C_{min} = \bar{C} - t_{1-\frac{\alpha}{2}} \frac{\delta}{\sqrt{n}}$$

et

$$C_{max} = \bar{C} + t_{1-\frac{\alpha}{2}} \frac{\delta}{\sqrt{n}}$$

$t_{1-\alpha/2}$: valeur qui dépend du nombre de degré de liberté v

$\alpha = 0,05$ pour un niveau de confiance de 95 %

$v = n - 1$

n : nombre de comptages = 10

$$\delta = \text{écart-type} = \sqrt{\frac{\sum (C_i - \bar{C})^2}{n - 1}}$$

Les valeurs d'efficacité moyenne (E_{moy}), minimale (E_{min}) et maximale (E_{max}), pour chaque tranche granulométrique, se calculent alors en fonction des concentrations aval minimale ($C_{av,min}$) et maximale ($C_{av,max}$), et amont minimale ($C_{am,min}$) et maximale ($C_{am,max}$) :

$$E_{moy} = \frac{C_{am} - C_{av}}{C_{am}}$$

$$E_{min} = \frac{C_{am,min} - C_{av,max}}{C_{am,min}}$$

$$E_{max} = \frac{C_{am,max} - C_{av,min}}{C_{am,max}}$$

L'incertitude ainsi estimée sur l'efficacité moyenne (E_{moy}) est susceptible de varier de 2 à 20 % en moyenne pour les mesures effectuées. La part systématique de l'incertitude sur la détermination de la concentration n'est pas prise en compte du fait de la difficulté à étalonner les compteurs optiques. Néanmoins, différents travaux effectués en ce sens ont mis en évidence des erreurs sur les comptages au niveau du premier canal pouvant atteindre 50 % [4].

Caractéristiques en fonction du colmatage

Les caractéristiques initiales d'un filtre ou d'un épurateur sont susceptibles d'évoluer parfois de manière importante au cours de leur utilisation. Aussi, cet essai a pour but de réaliser une simulation du colmatage de l'épurateur en le soumettant à une certaine quantité d'huile. Pour cela, un aérosol d'huile est généré à plus forte concentration en amont du matériel en essai. Ensuite, le matériel est laissé au repos pendant environ 15 heures pour égouttage, puis sont à nouveau mesurées les pertes de charge, l'efficacité gravimétrique et l'efficacité granulométrique.

Pour chaque équipement, 32 kg d'huile ont été générés, ce qui équivaut à un fonctionnement de l'épurateur pendant environ 350 heures soumis à un brouillard à la concentration de 45 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$.

2. Résultats

2.1. Caractéristique débit/perte de charge initiale

La courbe caractéristique de l'évolution de la perte de charge du filtre neuf en fonction du débit d'air (fig. 3) et celle de l'épurateur (fig. 4) montrent des résultats classiques, la perte de charge étant reliée au débit d'air selon une loi de type parabolique.

2.2. Caractéristique débit/perte de charge après colmatage

L'évolution de la perte de charge du filtre en fonction du colmatage (fig. 5), défini par la masse cumulée d'huile générée, montre une perte de charge en fin d'essai égale à 730 Pa, soit environ 33 fois la perte de charge initiale.

La perte de charge de l'épurateur électrostatique est par contre restée constante pendant les opérations de colmatage. La valeur est de 78 Pa.

2.3. Efficacité gravimétrique

L'efficacité gravimétrique du filtre, à l'état initial et à l'issue de chaque étape de colmatage, est représentée sous forme de graphe (fig. 6). Les valeurs correspondantes sont données dans le tableau I. En ce qui concerne l'épurateur, les résultats sont reportés à la figure 7 et dans le tableau II.

A chaque étape de colmatage, au moins 2 mesures de l'efficacité gravimétrique sont effectuées. On constate que la reproductibilité des mesures est satisfaisante (écart-type 0,5 %, coefficient de variation 0,7 %).

L'efficacité gravimétrique initiale du filtre est égale à 60,2 %, celle de l'épurateur est égale à 92,8 %. Au fur et à mesure du colmatage, l'efficacité gravimétrique du filtre augmente et atteint 97,9 % en fin d'essai, alors que celle de l'épurateur ne varie pratiquement pas.

TABLEAU I
EFFICACITÉ GRAVIMÉTRIQUE DU FILTRE
EN FONCTION DU COLMATAGE

Etape initiale	Masse cumulée d'huile générée (kg)	Efficacité gravimétrique (%)						moyenne
		1	2	3	4	5	6	
initiale	0	62,0	59,5	-	-	-	-	60,2
1	11,7	75,1	76,2	75,0	75,5	74,8	74,9	75,2
2	23,3	95,0	95,8	-	-	-	-	95,4
3	27,7	96,9	97,2	-	-	-	-	97,1
4	32,6	97,9	98,0	-	-	-	-	97,9

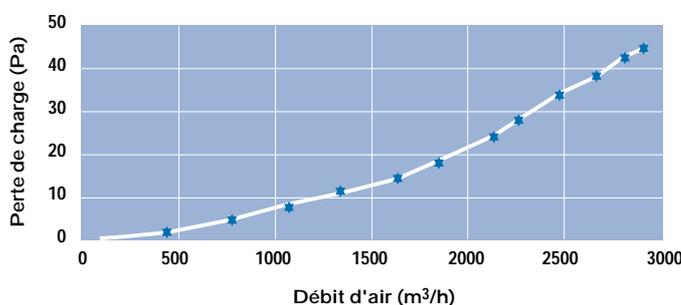


Fig. 3. Caractéristique « débit-perte de charge » du filtre à air neuf

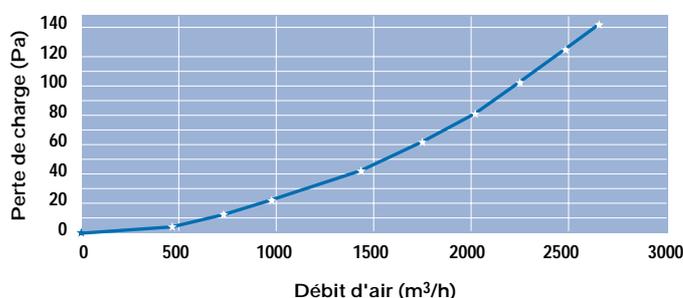


Fig. 4. Caractéristique « débit-perte de charge » de l'épurateur neuf

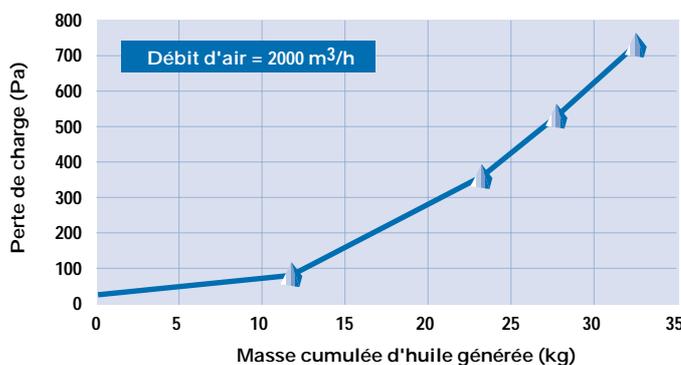


Fig. 5. Evolution de la perte de charge du filtre en fonction de la masse cumulée d'huile générée

TABLEAU II

EFFICACITÉ GRAVIMÉTRIQUE DE L'ÉPURATEUR EN FONCTION DU COLMATAGE

Étape	Masse cumulée d'huile générée (kg)	Efficacité gravimétrique (%)		
		1	2	moyenne
initiale	0	92,7	92,9	92,8
1	2,5	94,0	93,6	93,8
2	7,7	94,5	94,4	94,4
3	13,4	95,1	94,4	94,7
4	19,1	94,0	94,3	94,1

TABLEAU IV

EFFICACITÉ GRANULOMÉTRIQUE DE L'ÉPURATEUR ÉLECTROSTATIQUE EN FONCTION DU COLMATAGE

Diamètre particule (µm)	Efficacité granulométrique (%)				
	initial	étape 1	étape 2	étape 3	étape 4
0,2 - 0,3	61,4	56,3	67,6	68,7	68,0
0,3 - 0,5	69,1	73,5	72,7	74,1	73,3
0,5 - 0,7	76,2	80,1	78,7	79,6	79,1
0,7 - 1,0	82,8	85,5	84,5	85,1	84,6
1,0 - 2,0	88,6	90,3	89,7	90,1	89,8
2,0 - 3,0	94,7	95,5	94,9	95,0	94,6
3,0 - 5,0	95,9	96,2	96,6	96,1	96,5
> 5,0	90,9	100	100	98,0	93,2

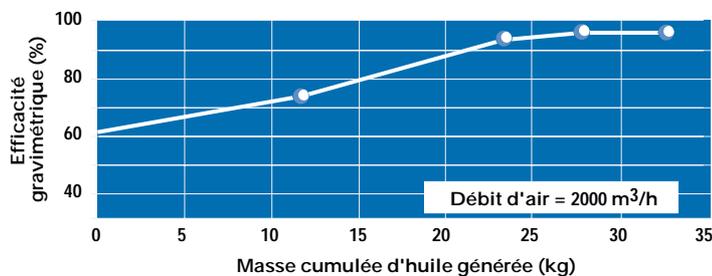


Fig. 6. Efficacité gravimétrique du filtre en fonction du colmatage

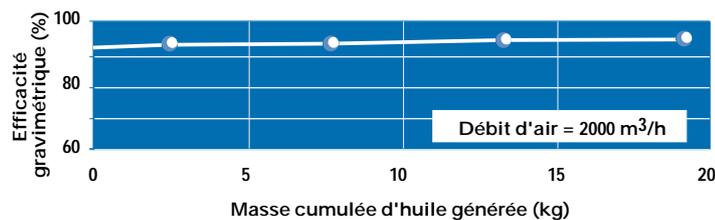


Fig. 7. Efficacité gravimétrique de l'épurateur en fonction du colmatage

TABLEAU III

EFFICACITÉ GRANULOMÉTRIQUE DU FILTRE EN FONCTION DU COLMATAGE

Diamètre particule (µm)	Efficacité granulométrique (%)				
	initial	étape 1	étape 2	étape 3	étape 4
0,2 - 0,3	6,4 - 2,2	14,4 - 16,7	- 7,3	- 7,3	- 3,2
0,3 - 0,5	9,8 1,1	17,8 3,0	11,8	19,1	31,3
0,5 - 0,7	13,4 5,3	20,8 9,6	42,0	54,2	67,2
0,7 - 1,0	19,8 12,1	26,8 19,3	72,2	80,2	87,5
1,0 - 2,0	30,7 24,3	36,5 42,8	91,7	94,4	99,6
2,0 - 3,0	52,2 47,6	56,4 81,7	99,1	99,3	100
3,0 - 5,0	71,0 68,6	73,1 94,8	99,4	100	100
> 5,0	84,7 82,2	87,2 96,8	96,6	91,7	100

Les valeurs minimale et maximale ont été indiquées pour l'efficacité initiale

2.4. Efficacité granulométrique

Les efficacités granulométriques du filtre, à l'état initial et à l'issue de chaque étape de colmatage, sont représentées sous forme de graphe à la figure 8. Les valeurs correspondantes sont données dans le tableau III (les valeurs minimum et maximum de l'efficacité initiale ont été indiquées à titre d'exemple). En ce qui concerne l'épurateur, les résultats sont reportés à la figure 9 et dans le tableau IV.

L'efficacité granulométrique du filtre (fig. 8, tableau III) évolue de manière différente suivant la taille des particules. En effet, au début du colmatage, on remarque qu'elle diminue vis-à-vis des plus fines particules, alors qu'elle augmente pour les plus grosses. Pour les particules de diamètre compris entre 0,2 et 0,3 µm, des valeurs négatives ont même été obtenues. Une explication possible de ce résultat est un phénomène de relargage de fines particules, qui a été confirmé en ventilant le filtre colmaté avec de l'air propre. L'efficacité dépend alors de la concentration du brouillard d'huile présenté au filtre et donc des conditions d'essai.

L'efficacité granulométrique correspondant aux plus grosses particules (> 0,5 - 1 µm) augmente dès le début du colmatage. Aux stades de colmatage plus élevés (étapes 3 et 4, fig. 8), l'efficacité augmente avec le colmatage pour l'ensemble du domaine granulométrique analysé.

L'efficacité granulométrique de l'épurateur électrostatique est, par contre, restée pratiquement constante au cours des essais de colmatage.

2.5. Comparaison des efficacités gravimétrique et granulométrique

Le tableau V reprend les données d'efficacité gravimétriques du filtre du tableau I, et celles de l'efficacité pour les classes granulométriques 1 à 2 μm et 2 à 3 μm obtenues par comptage optique.

Une bonne concordance est observée entre les efficacités mesurées par gravimétrie, pour un aérosol de d_{mae} égal à 2,6 μm , et celles correspondant à la tranche granulométrique 2 à 3 μm .

Le tableau V présente également les résultats du calcul de l'efficacité par interpolation linéaire effectué pour le diamètre de 1,8 μm à partir des courbes d'efficacité granulométrique. Ce diamètre correspond au d_{mae} de l'aérosol d'huile de référence utilisé pour les mesures d'efficacité gravimétrique conformément à la norme NF X 44-060 (écart-type géométrique de l'ordre de 2,3). On constate que les efficacités ainsi calculées à 1,8 μm diffèrent de manière importante, du moins aux premières phases de colmatage, des efficacités mesurées par gravimétrie à 2,6 μm , la méthode gravimétrique surestimant dans ce cas l'efficacité du filtre.

La mesure par gravimétrie, toujours délicate et contraignante, pourrait être ainsi avantageusement remplacée par une détermination de l'efficacité par comptage optique, à partir de la classe granulométrique se rapprochant le plus des caractéristiques dimensionnelles de l'aérosol de référence ($d_{\text{mae}} = 1,8 \mu\text{m}$ dans ce cas); c'est-à-dire la classe 1 à 2 μm pour le type de compteur utilisé pour les mesures. Cette solution offre l'intérêt d'éliminer l'erreur sur la mesure de l'efficacité en raison de la variabilité de la granulométrie de l'aérosol d'essai.

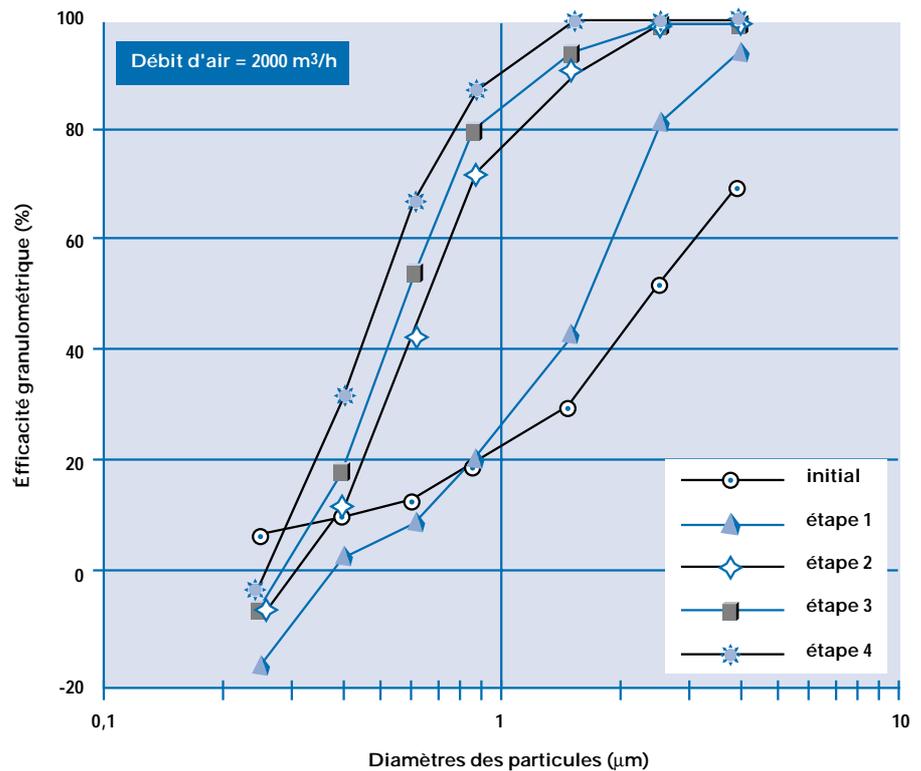


Fig. 8. Efficacité granulométrique du filtre en fonction du colmatage

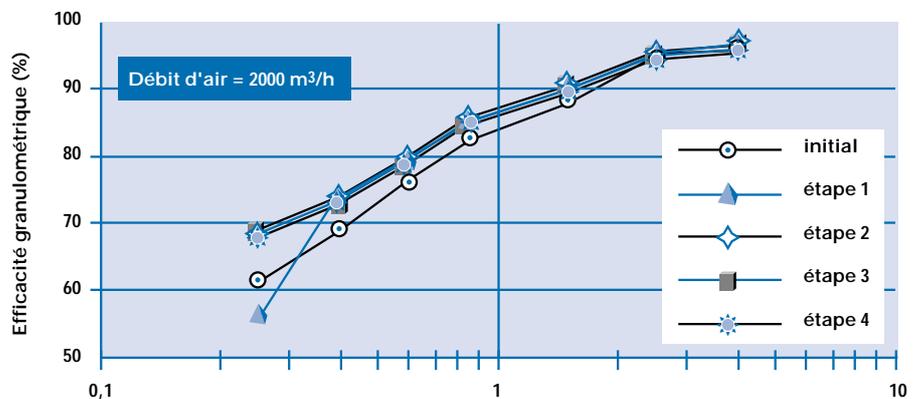


Fig. 9. Efficacité granulométrique de l'épurateur électrostatique en fonction du colmatage

TABLEAU V

EFFICACITÉ DU FILTRE DÉTERMINÉE AU MOYEN DE QUATRE MÉTHODES AUX DIFFÉRENTES PHASES DE COLMATAGE

Mesure effectuée	initial	étape 1	étape 2	étape 3	étape 4
1 - 2 μm	30,7	42,8	91,7	94,4	99,6
2 - 3 μm	52,2	81,7	99,1	99,3	99,9
gravimétrie ($d_{\text{mae}} = 2,6 \mu\text{m}$)	60,2	75,2	95,4	97,1	97,9
calcul pour $d_p = 1,8 \mu\text{m}$	37,1	54,5	93,9	95,9	99,7

3. Discussion et conclusion

La norme d'essai des épurateurs de brouillard d'huile NF X 44-060 a été appliquée à deux techniques de séparation fréquemment rencontrées dans l'industrie : un filtre à média et un épurateur électrostatique.

La perte de charge et l'efficacité gravimétrique du filtre ont augmenté de manière continue au cours du colmatage. Les mesures d'efficacité granulométrique ont par contre mis en évidence un phénomène de relargage des particules en début de colmatage, qui s'est traduit par une diminution de l'efficacité vis-à-vis des particules les plus fines, allant jusqu'à l'obtention de valeurs négatives. Pour les particules hyper-microniques, l'efficacité granulométrique a par contre augmenté dès les premières phases du colmatage.

En ce qui concerne l'épurateur électrostatique, les caractéristiques aérauliques - perte de charge, efficacité gravimétrique et efficacité granulométrique - n'ont quasiment pas varié au cours du colmatage. Ces essais montrent l'intérêt que présentent les épurateurs électrostatiques pour la séparation des aérosols liquides par rapport aux médias, en raison de la quasi absence de colmatage de ces matériels dans les conditions de l'essai. En fait, la pollution réelle est caractérisée par un brouillard, auquel sont adjointes des particules solides provenant des matériaux usinés, qui contribuent à l'encrassement des plaques collectrices et donc à la diminution de l'efficacité. De plus, les très hautes efficacités sont difficilement atteintes avec des épurateurs électrostatiques à la différence de certains médias (non testés dans cette étude).

On remarque enfin, compte tenu de la richesse des informations fournies par l'efficacité granulométrique, que la mesure de l'efficacité gravimétrique prévue dans la norme n'est plus nécessaire. Sa valeur pourrait en effet être déterminée simplement à partir des comptages effectués dans la tranche granulométrique 1 à 2 μm du compteur optique. La norme demande en outre que l'efficacité granulométrique soit mesurée à l'aide d'un impacteur en cascade si l'efficacité totale gravimétrique est inférieure à 95 %, et à l'aide d'un compteur optique de particules si l'efficacité totale est supérieure. Quelle attitude doit-on alors adopter lorsque l'efficacité gravimétrique initiale est inférieure à 95 % puis devient supérieure à 95 % au cours du colmatage ? Il n'y a en fait pas lieu de

lier l'utilisation de l'un ou l'autre moyen de mesure à l'efficacité gravimétrique du filtre, et l'utilisation du compteur de particules pourrait être systématique, dès lors que sa capacité de comptage n'est pas dépassée. En outre, l'utilisation des impacteurs est plus contraignante, les mesures peu fiables dans le cas de faibles concentrations (à l'aval de l'épurateur), et les résultats sont différés dans le temps.

Un autre élément intéressant, mis en évidence par cette étude, est le phénomène de relargage de particules sub-microniques observé sur le média neuf et partiellement colmaté. La valeur de l'efficacité mesurée est dans ce cas sujet à controverse, car elle dépend alors de la concentration amont de l'aérosol d'huile et donc des conditions d'essai. Ce phénomène de relargage est mal connu ; il dépend vraisemblablement de nombreux paramètres dont la nature du média et les conditions de simulation du colmatage. Il mériterait par conséquent d'être étudié de manière plus approfondie.

Les mesures effectuées avec le média ont de plus montré que l'efficacité granulométrique pouvait présenter des valeurs particulièrement faibles pour les particules de diamètre inférieur à 0,5 μm , avec cependant une valeur de l'efficacité gravimétrique élevée, déterminée au moyen d'un aérosol de granulométrie plus grossière : par exemple après deux étapes de colmatage, l'efficacité gravimétrique du filtre à média est égale à 95,4 % alors que l'efficacité granulométrique de la tranche 0,3 - 0,5 μm est égale à seulement 11,8 %. L'efficacité de ce type de filtre est donc particulièrement sensible à de faibles variations de la granulométrie de l'aérosol traité. Ce problème peut se poser par exemple dans le cas des fluides de coupe à base d'émulsions aqueuses susceptibles de générer des brouillards d'huile encore plus fins que ceux provenant de l'utilisation d'huiles entières. Cet exemple montre par conséquent l'intérêt à déterminer l'efficacité sur un domaine granulométrique plus large que celui du polluant.

La comparaison des épurateurs entre eux doit alors s'effectuer sur la base de critères bien définis.

Plusieurs solutions sont possibles : on peut par exemple calculer l'efficacité moyenne de l'épurateur sur l'ensemble de l'opération de colmatage, pour une tranche granulométrique donnée (1 à 2 μm), comme cela se pratique pour les filtres à air de ventilation générale [5]. Une autre solution pourrait consister à prendre en compte l'efficacité minimale mesurée pendant l'essai [6], moyennée sur plusieurs tranches granulométriques. Mais quelle que soit la

solution retenue, il est important de définir un critère de fin d'essai (perte de charge, différence d'efficacité, etc.).

La méthode d'essai normalisée NF X 44-060 des épurateurs de brouillards d'huile permet la détermination des caractéristiques aérauliques de ces matériels : perte de charge et efficacité de séparation pour les aérosols en fonction du colmatage. Néanmoins, des modifications permettraient de simplifier cette méthode et d'abaisser le coût des tests favorisant ainsi la généralisation des essais à l'ensemble des matériels. ■

BIBLIOGRAPHIE

1. Guide d'emploi des fluides de coupe, 2^e éd. Senlis, CETIM, 1989.
2. Guide pratique de ventilation. 6 - Captage et traitement des brouillards d'huile, 3^e éd. Paris, INRS, 1990, ED 680, 24 p.
3. NF X 44-060 - Séparateurs aérauliques. Épurateurs de brouillard d'huile avec ventilateur intégré pour l'industrie du décolletage. Méthode d'essai. Paris - La Défense, AFNOR, mai 1993, 20 p.
4. LIU B.Y.H., SZYMANSKI W.W. - Counting efficiency-lower detection limit and noise level of optical particle counters. *Proceedings of the 2nd International Aerosol Conference, Berlin, 1996*, pp. 603-606.
5. Méthodes d'essais de filtres à air utilisés en ventilation générale pour la détermination de l'efficacité spectrale. *Recommandation EUROVENT 4/9, 1997*.
6. Method of testing general ventilation air-cleaning devices for removal efficiency by particle size. *BSR/ASHRAE Standard 52.2P, avril 1997*.