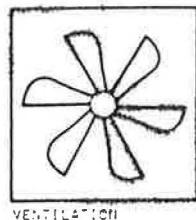


PROMOCLIM
Tome 20 n° 7
Décembre 1989

CETIAT
Plateau du Moulon - 91400 ORSAY
Tél. : (1) 69 41 18 64
Télex : 600 871 F
Télécopie : 60 19 12 80



NOUVELLE MÉTHODE D'ESSAI DES FILTRES À AIR DE VENTILATION GÉNÉRALE

par J. MICHEL (CETIAT - Orsay)

Depuis plusieurs années, des études menées au CETIAT pour caractériser les filtres de ventilation générale, ont permis de comparer les caractéristiques obtenues par la méthode EUROVENT 4/5 (basée sur la méthode ASHRAE 52-76) aux caractéristiques obtenues pour un fonctionnement normal des filtres avec un colmatage à la poussière naturelle. L'une de ces études réalisée pour différents niveaux d'efficacité et sur différentes technologies de filtres, a notamment montré que la méthode EUROVENT 4/5 avait tendance à masquer les différences entre les filtres ou le comportement de certains types de médium.

Par ailleurs, cette étude a montré que l'efficacité moyenne opacimétrique n'était pas suffisamment représentative des caractéristiques réelles des filtres et que la capacité de colmatage vis-à-vis de la poussière d'essai était, pour les filtres à haute efficacité, très inférieure à la capacité de colmatage à la poussière atmosphérique. Il a aussi été constaté que l'humidité de l'air pouvait être un facteur influent sur les caractéristiques des filtres.

Afin de répondre à un besoin de méthode plus rapide pour l'essai de filtre, le CETIAT a montré par ailleurs la faisabilité d'une expression des caractéristiques des filtres de ventilation en terme d'efficacité spectrale en utilisant un compteur optique de particules.

OBJET, DOMAINE D'APPLICATION

Le présent document a pour but de décrire une méthode d'essai des filtres à air de ventilation générale à moyenne et à haute efficacité. Précédemment, les caractéristiques de ces filtres étaient déterminées par la méthode dite ASHRAE 52/76 qui fait l'objet de différentes normes ou recommandations (EUROVENT 4/5...).

Cette nouvelle méthode qui permet d'accéder à une meilleure connaissance des caractéristiques des filtres, notamment en terme d'efficacité spectrale, doit permettre le remplacement de la méthode ASHRAE 52/76, sans toutefois conduire à une équivalence entre les caractéristiques mesurées par les deux méthodes.

Cette nouvelle méthode d'essai répond aux objectifs suivants :

- Caractériser les filtres en fonction des préoccupations sur les risques pour la santé de certains aérosols ;
- Caractériser les filtres en fonction des contraintes de propreté dans les process ;
- Mieux caractériser les filtres afin de transposer en utilisation réelle les caractéristiques obtenues au banc d'essai ;
- Fournir des éléments techniques pour approcher la durée de vie d'un filtre ;
- Contribuer à une méthode plus rapide et simple pour multiplier les contrôles au banc d'essai ;
- Transposer la méthode pour, en cas de besoin, un contrôle *in situ* des installations de filtration.

DESCRIPTION DU PROJET DE MÉTHODE D'ESSAIS

1. AÉROSOL D'ESSAI

L'évolution des techniques de mesure des aérosols par comptage optique des particules, permet de plus en plus d'utiliser cette technique pour la définition de l'efficacité spectrale des filtres de ventilation générale, pour les granulométries d'aérosol $\geq 0,2 \text{ } [\mu\text{m}]$ en utilisant les techniques de compteur à source laser.

Pour permettre une transposition au fonctionnement réel des filtres, on a recherché à utiliser un aérosol solide. Cet aérosol doit être de caractéristiques connues et reproductibles.

S'il peut être intéressant dans certains cas d'envisager l'utilisation de l'aérosol atmosphérique dans des études, l'utilisation de cet aérosol atmosphérique ne peut être envisagé pour des essais de routine ou de qualification compte tenu des points suivants :

- Problème de reproductibilité de l'aérosol d'un jour à l'autre, d'un site à l'autre ;
- Problème de stabilité des concentrations ;

- Concentrations insuffisantes vis-à-vis de la précision de mesure pour notamment les grosses particules ($> 3 \text{ } [\mu\text{m}]$) ;
- Influence de la nature des poussières sur la réponse des compteurs de particules et de comportement sur le filtre.

Pour éviter ces différents problèmes, nous utilisons un aérosol dit de "latex" polydispersé. Il s'agit d'un aérosol obtenu à partir d'une solution de résine synthétique fabriquée industriellement et d'un coût faible. Les mélanges de solution actuellement utilisés permettent de couvrir une plage granulométrique de $0,1 \text{ à } > 5 \text{ } [\mu\text{m}]$.

Il faut préciser qu'avec ce type d'aérosol, le compteur de particules fournira directement la dimension géométrique de l'aérosol (diamètre géométrique) puisque les compteurs de particules sont étalonnés avec des latex calibrés de mêmes caractéristiques optiques.

L'aérosol d'essai mis en solution dans de l'eau désionisée, est pulvérisé dans la veine d'essai par un pulvérisateur pneumatique industriel.

La solution actuellement utilisée est dosée à 2 % (une solution jusqu'à 5 % peut aussi convenir). On constate une bonne reproductibilité du spectre granulométrique pour ces dosages ainsi que pour différentes pressions de pulvérisation comme présentées sur les figures 1 et 2.

2. APPAREILLAGE DE MESURE

2.1. Compteur optique de particules

La méthode nécessite l'utilisation d'un compteur optique à source laser concernant la gamme $0,2 \text{ } [\mu\text{m}] \text{ à } \approx 10 \text{ } [\mu\text{m}]$, et conçu pour une capacité de comptage importante de l'ordre de 25 000 [part/l] par canal.

Le compteur aura un débit de prélèvement important ($28,3 \text{ [l/mn]}$) et sera équipé au minimum de 6 canaux de comptage, choisis en fonction du type de filtre à tester.

L'utilisation d'un compteur à débit plus faible ($2,8 \text{ [l/mn]}$) est envisageable si l'on prend des précautions supplémentaires concernant la ligne de transfert des aérosols, de la sonde au compteur (cf paragraphe 2.3).

2.2. Etalonnage du compteur

Le compteur sera étalonné par rapport à des particules de latex de polystyrène monodispersés pour au moins 3 canaux de la gamme choisie.

Parallèlement, sera vérifié le niveau du laser ainsi que le débit de prélèvement du compteur selon les informations du fabricant.

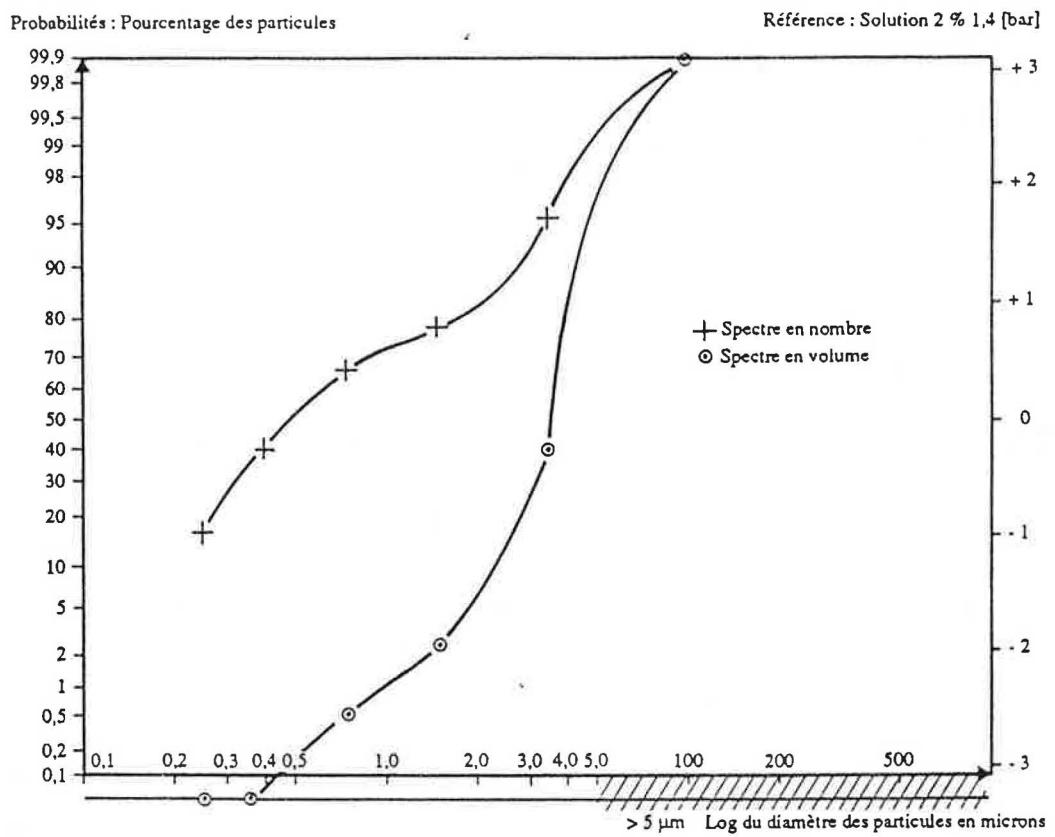


Figure 1 : L'analyse granulométrique de poussière.

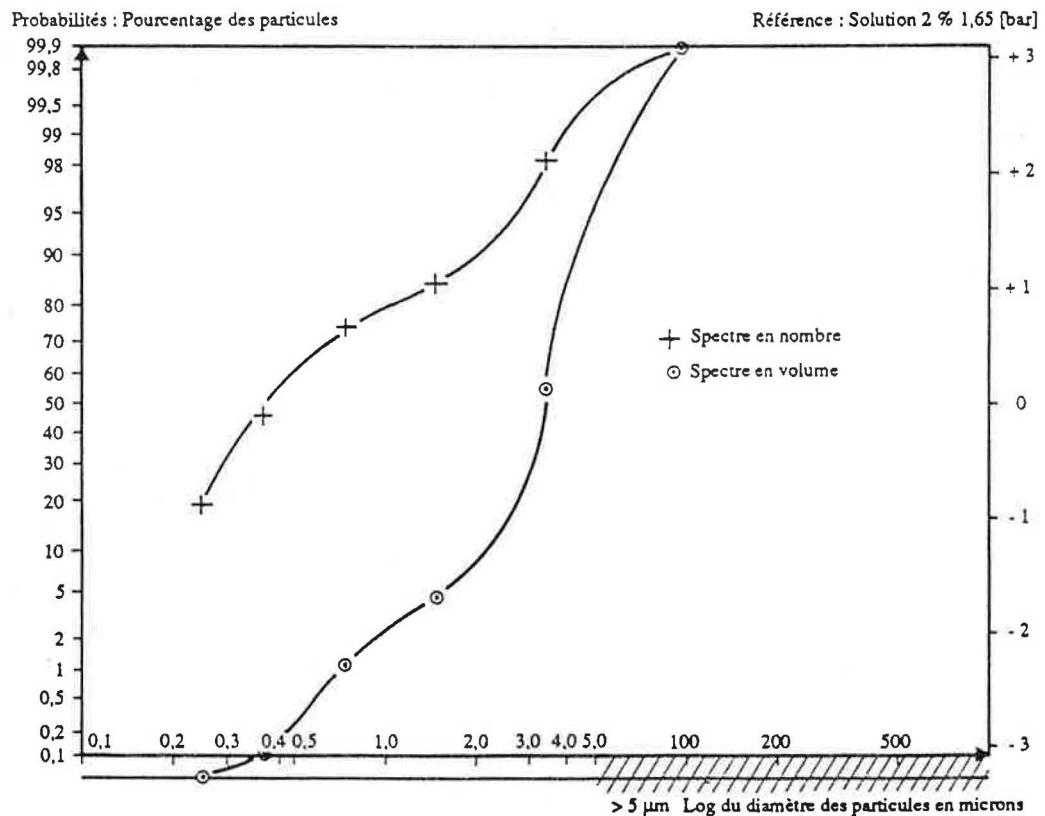


Figure 2 : L'analyse granulométrique de poussière.

2.3. Circuit de prélèvement

Le circuit de prélèvement d'aérosol sera conçu pour effectuer un prélèvement isocinétique au niveau de chaque sonde placée en amont et en aval du filtre à tester (figure 3). Les liaisons entre les sondes et le compteur seront les plus courtes possible afin de limiter les pertes d'aérosol dans les lignes de transfert.

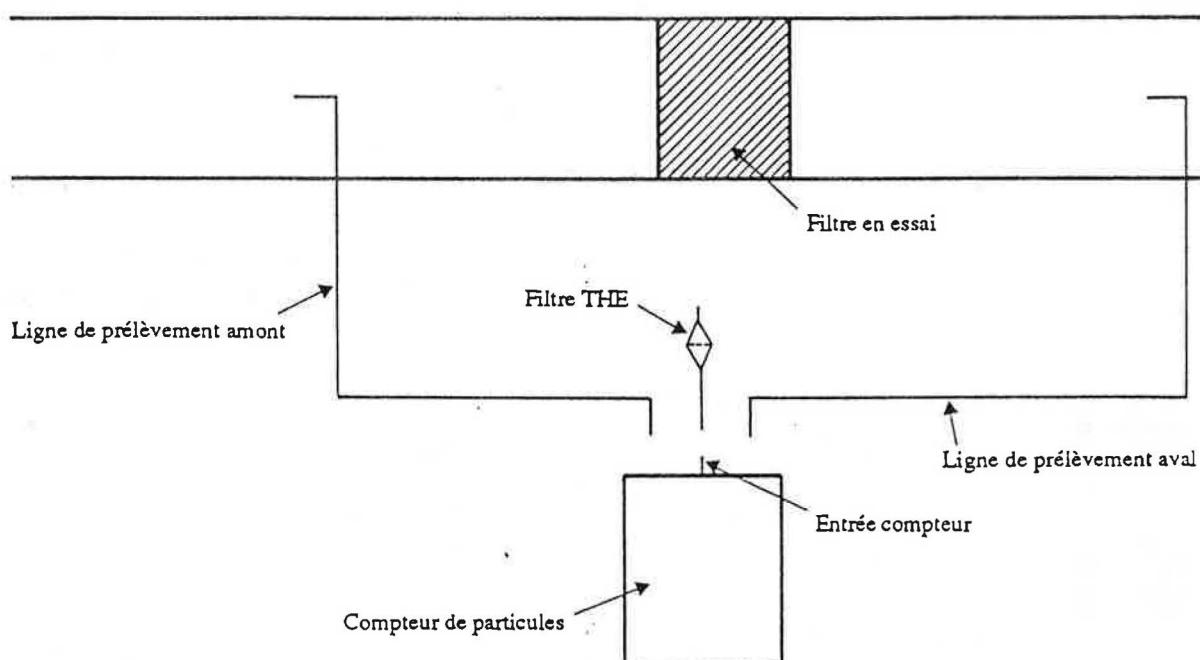


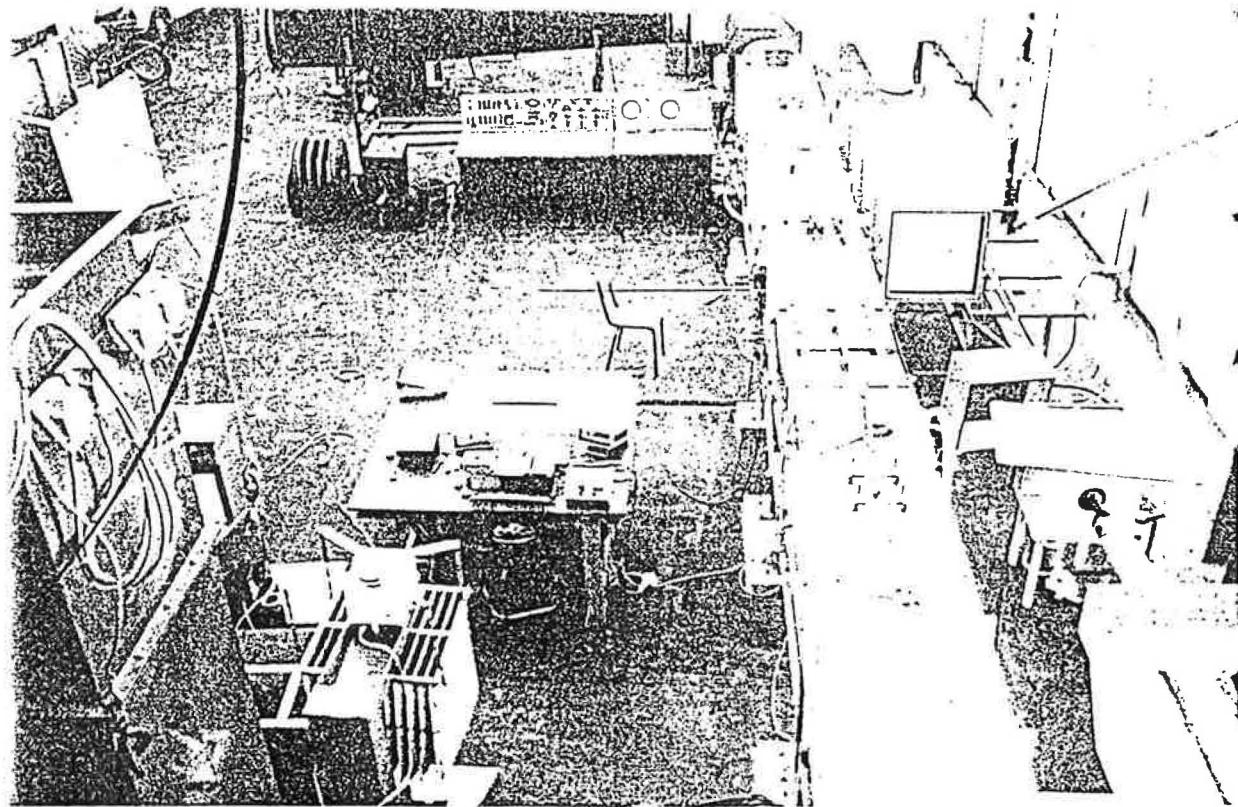
Figure 3 : Le schéma des lignes de prélèvement.

3. CIRCUIT D'ESSAI

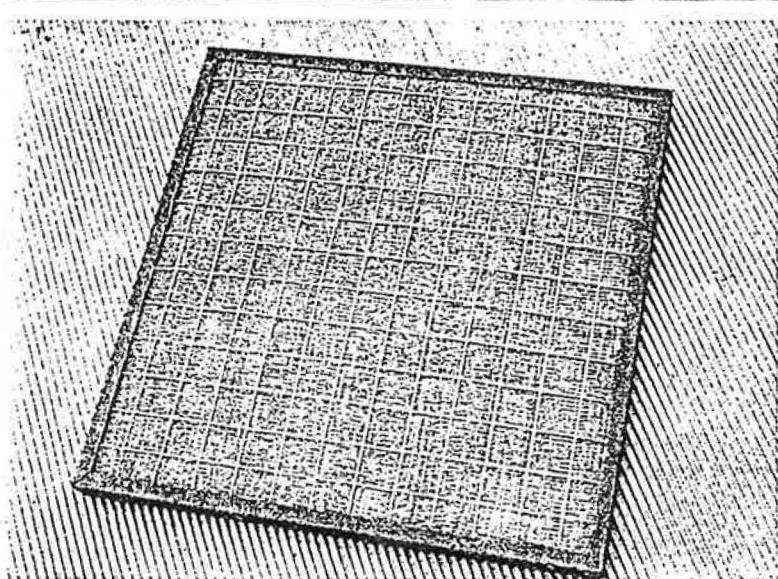
Le circuit d'essai doit être conçu pour permettre une évaporation correcte de la solution afin d'obtenir un aérosol sec.

Un temps de séchage de l'ordre d'une seconde pour des conditions d'humidité de l'air ambiant de 50 % donne actuellement satisfaction.

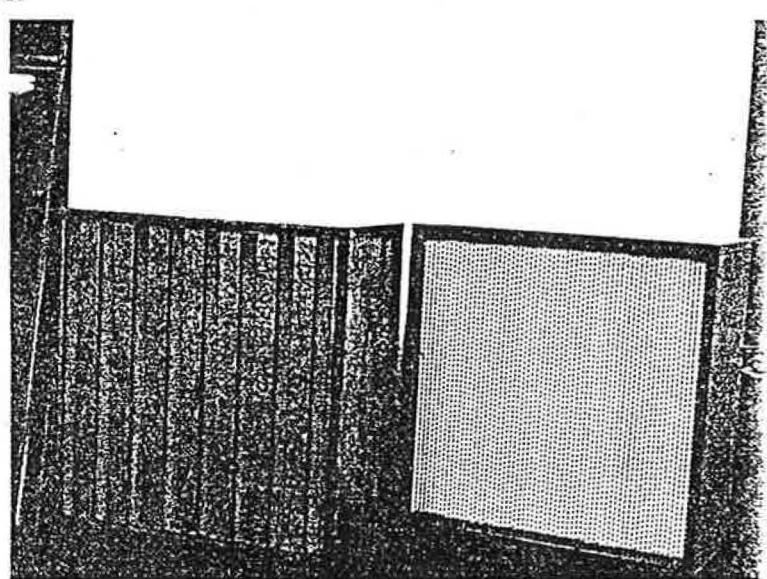
Le circuit d'essai décrit dans la recommandation EUROVENT 4/5 peut être utilisé avec quelques modifications ; principalement une augmentation de la longueur du circuit et l'installation en amont du circuit d'un caisson de filtration à très haute efficacité (figure 4).



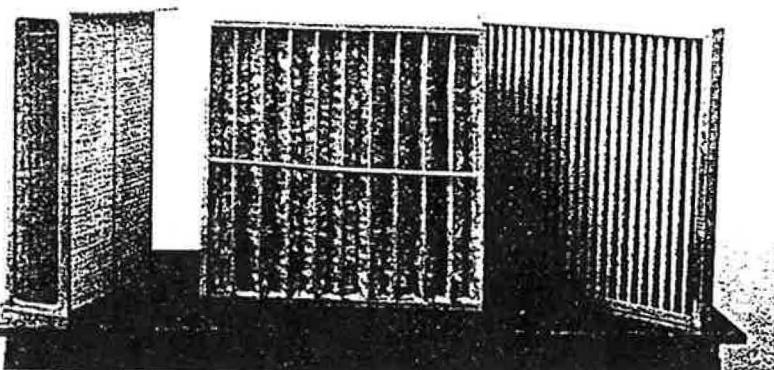
Banc d'essai de filtre du CETIAT dans son laboratoire d'Orsay.



Filtre à mailles d'acier.

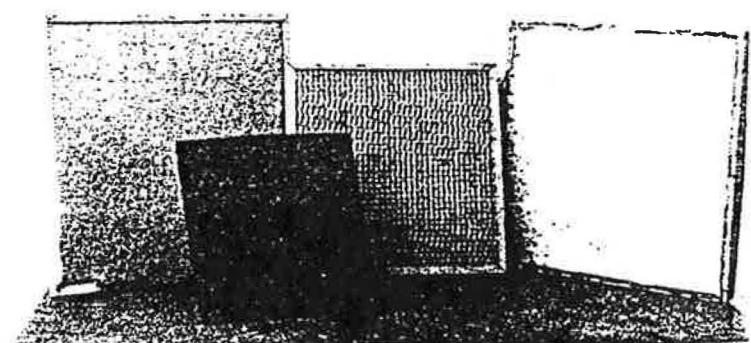


Filtre à média plissé en fibre de verre. (à droite).
Filtre rigide à "petits plis". (à gauche).



Filtre à poche. (à gauche).

Filtres mous en feutre. (au centre et à droite).



Filtres mous en fibre synthétique.

4. PROCÉDURE D'ESSAI

4.1. - Conditionnement des filtres

Pour des essais de qualification, il serait nécessaire de conditionner les filtres pour s'affranchir des variations de comportement de certains filtres au début de leur fonctionnement tel que :

- Relargage de résidu de fabrication ;
- Stabilisation de la structure du médium ;
- Influence de l'humidité sur les propriétés du médium.

Préalablement à l'essai de qualification, les filtres sont donc installés dans un circuit d'air traité afin de faire subir aux filtres, pour le débit nominal, un cycle de fonctionnement de 150 heures.

Ce cycle de conditionnement est réalisé pour des conditions de température ambiante (14 à 20 [°C]) et pour des niveaux d'humidité relative évoluant cycliquement entre 30 % et 85 %.

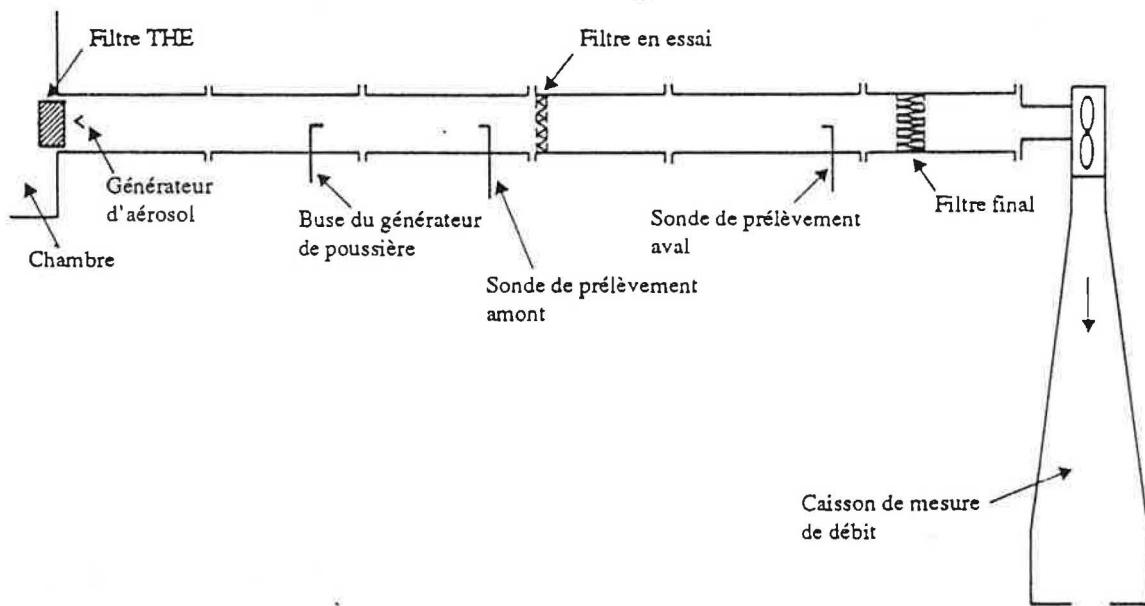


Figure 4 : Le schéma du banc d'essais.

4.2. Déroulement de l'essai

Le filtre étant monté conformément aux recommandations du constructeur sur le circuit d'essai, on procède aux différentes phases d'essai.

4.2.1 Perte de charge initiale

La mesure de la perte de charge initiale en fonction du débit est réalisée conformément à la recommandation EUROVENT 4/5.

4.2.2 Efficacité initiale

La détermination de l'efficacité spectrale initiale est mesurée au débit nominal. Le générateur de latex est réglé pour fournir $7 \cdot 10^6$ à $8 \cdot 10^6$ particules par mètre cube d'un diamètre $> 0,2 \text{ } [\mu\text{m}]$.

La mesure de l'efficacité est réalisée par une série de comptages de particules successivement en amont et en aval du filtre, en utilisant un compteur de particules à source laser à grand débit permettant de couvrir au moins la gamme granulométrique de $0,3$ à $5 \text{ } [\mu\text{m}]$ pour l'essai des filtres à haute efficacité.

La génération d'aérosol de latex étant constante, les concentrations moyennes en aval puis en amont sont déterminées pour un temps de prélèvement de 5 à 10 [mn] . Le prélèvement est réalisé par une sonde profilée placée au centre de la section de mesure amont et aval, les dimensions des sondes sont calculées pour réaliser un prélèvement isocinétique.

La concentration amont et aval par tranche granulométrique permet à l'aide d'un microcalculateur de déterminer l'efficacité (cf figure 5).

4.2.3 Colmatage

Afin de déterminer l'évolution de la perte de charge et de l'efficacité, le filtre est colmaté avec une poussière d'essai.

Provisoirement, on utilisera la poussière normalisée type ASHRAE en attendant la mise au point d'une poussière plus représentative du colmatage naturel et du fonctionnement des filtres. La poussière est générée à la concentration de $70 \text{ [mg/m}^3]$ jusqu'à atteindre une première perte de charge conventionnelle du filtre (150 [Pa] pour un filtre à haute efficacité).

4.2.4 Différentes phases de l'essai

A la suite de ces deux phases d'essais, sont réalisées successivement des phases de mesure d'efficacité spectrale à l'aérosol de latex et des phases de colmatage à la poussière d'essai, chaque phase correspondant à des pertes de charge conventionnelles (200 , 300 , 400 [Pa] pour un filtre à haute efficacité).

TABLEAU DES RÉSULTATS EN NOMBRE					TABLEAU DES EFFICACITÉS		
Canaux Microm	Amont filtre Nombre s cumulés : non cumulés 3 3 10/m	Aval filtre Nombres cumulés : non cumulés 3 3 10/m		Canaux Microm	Efficacité filtre cumulés : non cumulés %		
> 0,20	7713,10		2670,00		> 0,20	65,3	
0,25		997,54		943,57	0,25		05,4
> 0,30	6715,56		1726,43		> 0,30	74,2	
0,40		1850,54		1106,46	0,40		40,2
> 0,50	4865,02		619,96		> 0,50	87,2	
0,75		2480,18		581,62	0,75		76,5
> 1,00	2384,84		38,34		> 1,00	98,3	
1,50		1185,05		35,88	1,50		96,9
> 2,00	1199,78		2,45		> 2,00	99,7	
3,50		1170,83		2,43	3,50		99,7
> 5,00	28,95		0,02		> 5,00	99,9	
> 5,00		28,95		0,02	> 5,00		99,9

Figure 5 : Essai : CTS - Méthode d'essai des filtres.

DATE ET HEURE DE PRÉLÈVEMENT :

Conditions du jour :

PO = 999954 [Pa]

Temps de prélèvement amont filtre : 10 [mn]

TO = 20 [°C]

Temps de prélèvement aval filtre : 10 [mn]

Hr = 70 %

Débit de prélèvement : 27,7 [l/mn]

EXPRESSION DES RÉSULTATS

A partir de l'efficacité spectrale calculée après chaque phase de colmatage, on détermine l'efficacité spectrale moyenne pour des pertes de charge finale conventionnelle.

$$E_{di} = \frac{1}{M} \left[\left(\frac{E_1 d_i + E_2 d_i}{2} \right) m_1 + \left(\frac{E_2 d_i + E_3 d_i}{2} \right) m_2 + \dots \right]$$

$$M = m_1 + m_2 + \dots + m_i + \dots$$

M : masse de poussière générée pour atteindre la perte de charge finale conventionnelle.
 E_{di} : Efficacité spectrale pour la taille d'aérosol de diamètre d_i et un colmatage m_i .

L'ensemble des résultats est représenté sur un graphique à échelle logarithmique (cf figure 6) et dans une fiche de résultats (figure 7).

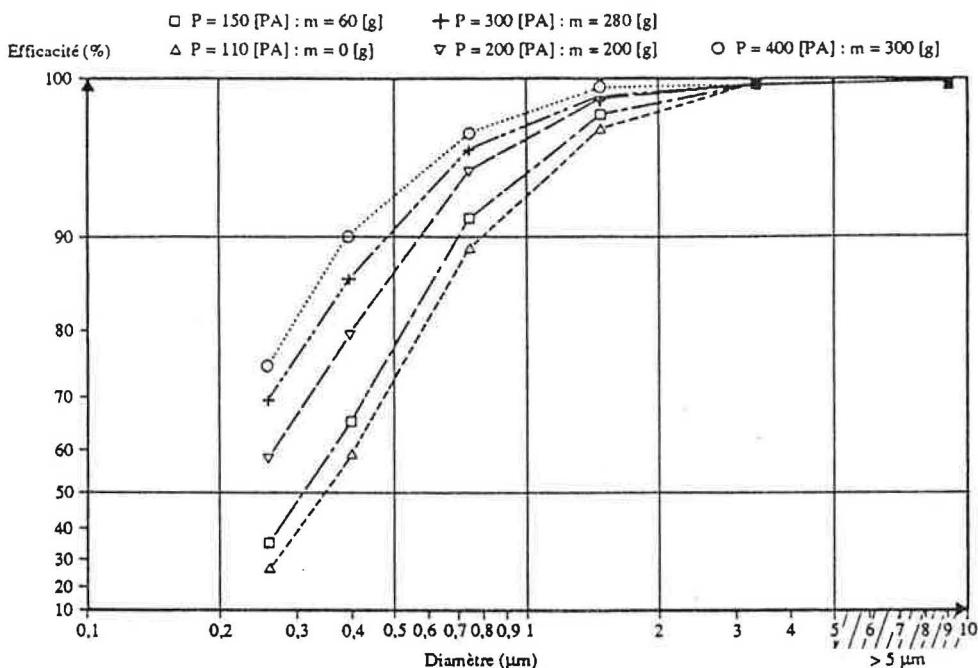


Figure 6 : L'efficacité spectrale.

$Q_v : 4250 \text{ [m}^3/\text{h]}$
Filtre : X

$P_i : 120 \text{ [Pa]}$

Pour $P_f = 200 \text{ [Pa]}$

$M = 200 \text{ [g]}$

$d \mu\text{m}$	0,3	0,5	0,8	1,5	5
E %	65	87	95	99	99,5

Pour $P_f = 300 \text{ [Pa]}$

$M = 280 \text{ [g]}$

$d \mu\text{m}$	0,3	0,5	0,8	1,5	5
E %	75	91	96,5	99,5	99,5

Figure 7 : La fiche de résultat.

EXTENSION DE LA MÉTHODE

Cette méthode surtout mise au point, dans un premier temps, pour être substituée à la méthode opacimétrique selon EUROVENT 4/5, doit pour les filtres à haute efficacité dans l'avenir être appliquée aux filtres à moyenne efficacité.

Dès à présent, cette méthode permet d'être transposée pour l'essai *in situ* des filtres et ainsi de déterminer l'efficacité spectrale des systèmes complets de filtration.