

INTRODUCTION

Dans tous les locaux dans lesquels l'air doit, pour une raison quelconque, recevoir un traitement, la filtration de cet air joue - ou plutôt devrait jouer - un rôle primordial. De sa qualité dépendent :

- ▷ la salubrité des locaux (hôpitaux, cliniques, I.G.H., bureaux, établissements recevant du public, centres commerciaux, ateliers...);
- ▷ la longévité et l'efficacité des matériels de traitement de l'air : centrales, batteries, gaines, diffuseurs (salissure des plafonds);
- ▷ la qualité et la productivité des installations industrielles : fabrication de circuits intégrés, laboratoires de produits pharmaceutiques, industries de l'optique, du montage électronique, industries agro-alimentaires;
- ▷ la sécurité de l'environnement : air extrait de laboratoires à hauts risques, centrales nucléaires, etc.

Or, on constate dans la réalité quotidienne que l'intérêt porté à la filtration de l'air est directement fonction :

- ▷ de ce qu'on pense être une bonne évaluation du risque;
- ▷ du prix de la filtration d'air correspondant surtout à son coût relatif en regard de celui de l'installation générale de traitement de l'air.

En d'autres termes, l'attention apportée au problème par les parties concernées, et leurs efforts pour acquérir une meilleure connaissance de cette discipline, décroissent en fonction du degré d'importance des risques, tels qu'elles les évaluent alors que la justesse de cette évaluation dépend de la qualité de leurs connaissances. Cercle vicieux dont les conséquences pratiques se traduisent très souvent par des solutions inadaptées, inefficaces, trop coûteuses, etc., voire même dangereuses.

Les techniques de la filtration d'air sont à la fois plus complexes et plus simples qu'il n'y paraît :

● **Complexes** : parce que la filtration de l'air se rattache à des théories extrêmement complexes et diverses sur les forces d'attraction et la physique des aérosols et des fibres. La vérification expérimentale de ces théories n'est pas vraiment maîtrisée, et les recherches dans ce domaine sont bien loin de leur terme. Les lois physiques utilisées ont été établies sur des bases théoriques du comportement d'aérosols et de fibres prédéterminés, en quelque sorte « parfaits », ce qui n'est évidemment jamais le cas dans la réalité. Et, bien entendu, les règles de mesure d'efficacité mises au point pour autoriser choix et comparaisons se ressentent de cette complexité, et peuvent présenter pour l'utilisateur non spécialiste un aspect rebutant et confus.

On peut trouver là d'incontestables circonstances atténuantes aux auteurs de projets, toujours à court de temps, qui privilégient alors l'approfondissement de sujets qui leur paraissent plus importants, et pour lesquels la sanction de l'erreur, étant plus rapide, est plus facile à évaluer.

● **Simple** : parce que si les théories mises en œuvre sont d'une grande complexité, il suffit de faire l'effort d'en retenir quelques rudiments simplifiés pour être en mesure d'obtenir la résolution pratique des problèmes usuels de filtration, de choisir une bonne solution, en sachant s'appuyer sur des fournisseurs partenaires sérieux et compétents (principe valable pour toutes les branches de l'activité technique).

On éviterait ainsi des erreurs monumentales, dont les sanctions ne se font connaître, malheureusement, qu'après un temps plus ou moins long (colmatage des bouches, encrassement des gaines, des batteries, etc.), lorsqu'elles sont identifiables, ce qui est parfois difficile (épidémies, pollution particulaire des micro-circuits, pollution biologique en industrie pharmaceutique ou agro-alimentaire, etc.).

Pour illustrer les choses autrement, disons que des erreurs de même échelle commises dans un domaine connu et normalisé comme l'électricité, par exemple, entraîneraient des conséquences immédiates, graves, lourdement sanctionnées et... rarement répétées.

Mais, en filtration de l'air, par ignorance ou par sous-estimation du problème, on accepte souvent l'inacceptable. Et comme toujours, l'inacceptable, paré parfois de l'apparence du meilleur prix, trouve preneur malgré sa nullité technique.

La plupart des problèmes qui surgissent en filtration de l'air (efficacité insuffisante, coûts d'exploitation trop élevés, etc.), ont pour origine, outre l'ignorance des techniques de base, un mauvais examen du problème d'ensemble. Ainsi on peut rencontrer des solutions techniques pointues (diffusion par filtres absolus - flux laminaires), soigneusement mises en œuvre par des spécialistes qualifiés, en aval d'installations très insuffisantes conçues et réalisées séparément, sans coordination. La première conséquence constatée est un colmatage rapide des filtres absolus, que l'on doit changer trop souvent. Mais, tous les dépôts particuliers accumulés en amont, dans les centrales, gaines, etc, resteront et s'aggraveront malgré le changement des filtres finisseurs, sauf nettoyage coûteux de l'ensemble de l'installation. Tous inconvénients qui auraient été évités par une préfiltration réellement efficace, à peine plus coûteuse que celle qui est déjà en place et ne sert pratiquement à rien. De même, les installations de climatisation regorgent de « préfiltres » sur l'entrée d'air neuf, dont l'efficacité est plus souvent psychologique que réelle, mais dont l'appétit énergétique (les mm d'eau coûtent cher en kWh), est bien réel. L'utilité de tels préfiltres est contestable, même si par leur noircissement, ils laissent croire à une certaine efficacité.

Quant au gaspillage d'énergie qu'ils entraînent, il est, lui, absolument indiscutable, comme nous le verrons.

L'objectif de l'auteur, dans cette profession depuis de nombreuses années (1), est de rendre les choses plus claires et de contribuer, si possible à :

- a) bien poser le problème à résoudre,
- b) permettre la recherche d'une solution technique optimale pour le meilleur prix (non seulement investissement mais surtout coût d'exploitation).

(1) Jean-Yves RAULT fut directeur général de la filiale française du groupe suédois CAMFIL qui a accepté de fournir, entre autres firmes spécialisées, une bonne partie de la documentation photographique de cet ouvrage ; il est maintenant conseiller de direction auprès du groupe SOFILTRA CAMFIL.

SOMMAIRE

PREMIÈRE PARTIE : AIR ET TECHNIQUE DE FILTRATION

Chapitre 1

LA FILTRATION DE L'AIR	13
1 Qu'est-ce que la filtration d'air	13
1.1 Définition	
2 Procédés et principes de filtration de l'air	13
2.1 Séparateurs à lavage	
2.2 Séparateurs électrostatiques-électrofiltres	
2.3 Filtres combinés : effet électrostatique + voie humide	
2.4 Filtres à effet électrostatique	
2.5 Filtres à combinaison : champ électrique + média fibreux	
3 Filtration sur média fibreux	16
3.1 Mécanisme de filtration sur média fibreux	
3.1.1. Effet de tamisage	
3.1.2. Effet d'inertie	
3.1.3. Effet d'interception	
3.1.4. Effet de diffusion	
4 Adhésion des particules aux fibres. Forces de VAN DER WAALS	18
5 Données de base de la construction des filtres à air	21
6 L'air à filtrer	21

Chapitre 2

LA POLLUTION PARTICULAIRE DE L'AIR	23
1 Les particules en suspension dans l'air atmosphérique	23
2 Nature des particules	23
3 Grosseur des particules	25
3.1 Exemples de vitesse de chute en air calme	
4 Répartition granulométrique et population particulaire	27
4.1 Expression pondérale de la quantité de particules	

Chapitre 3

LES FILTRES A AIR	33
1 Fonctionnement théorique des filtres à média fibreux	33
2 Efficacités initiale, moyenne et finale	34
3 Evolutions de la perte de charge	35
3.1 Perte de charge initiale et évolution	
3.2 Perte de charge finale	
4 Construction et architecture des filtres	38
5 Dimensions des filtres	42
6 Mesures et expression chiffrée de l'efficacité	42

Chapitre 4

ESSAIS ET MESURES D'EFFICACITÉ DES FILTRES A AIR	43
1 Caractéristiques et performances des filtres	43
1.1 Perte de charge initiale du filtre neuf	
1.2 Efficacité du filtre	
1.3 Capacité de rétention	

2 La norme ASHRAE/AFNOR/EUROVENT	44
2.1 Définitions	
2.1.1. Degré de noircissement	
2.1.2. Degré de noircissement moyen	
2.1.3. Degré de séparation pesé (efficacité gravimétrique)	
2.1.4. Degré de séparation moyen pesé	
2.1.5. Aptitude à retenir la poussière. Capacité de rétention ou de colmatage	
2.2 Les essais	
2.3 Présentation des résultats d'essais	
2.4 Comparaisons avec d'autres méthodes d'essais	
2.5 Le banc d'essais ASHRAE et les mesures	
2.5.1. Air extérieur	
2.5.2. Perte de charge sur filtre propre	
2.5.3. Détermination du degré de noircissement du filtre	
2.5.4. Notion de surface projetée des particules	
2.5.5. Détermination du degré de séparation avec de la poussière synthétique selon la méthode de pesage.	
2.6 Inconvénients de la méthode ASHRAE	
3 Mesure de l'efficacité en fonction du nombre	52
3.1 La méthode DOP	
3.1.1. Mesure de la pénétration de fumée	
3.1.2. Fuites	
3.2 Mesure d'efficacité des filtres absolus, autres méthodes	
4 Autres méthodes de mesure d'efficacité des filtres : Comptage particulaire	57
4.1 Comptage particulaire	
4.2 Composition du banc d'essais	
4.2.1. Le compteur de particules	
4.3 Essai des filtres moyenne et haute efficacités	
4.4 Fiabilité et reproductibilité des mesures	

Chapitre 5

CAPTATION DES GAZ ET ODEURS. ADSORPTION	65
1 Définitions	65
1.1 Adsorption	
1.2 Absorption	
2 Les charbons actifs	66
2.1 Grandeurs caractéristiques des charbons actifs	
2.1.1 Surface spécifique	
2.1.2 Granulométrie	
2.1.3 Densité apparente ou densité tassée	
2.1.4 Indice de dureté ou résistance à l'usure	
2.1.5 Taux d'adsorption	
2.1.6 Efficacité	
3 Autres adsorbants	70
4 Indices d'adsorption des gaz	70
5 Pollution gazeuse de l'air	70
6 Mise en œuvre des adsorbants à charbon actif	72

DEUXIÈME PARTIE : **MISE EN ŒUVRE DES FILTRES À AIR**

Chapitre 1

MISE EN ŒUVRE DES FILTRES À AIR	75
1 Mise en œuvre des filtres à air. Flux turbulent	77
1.1 Généralités	
1.2 Concentrations particulières en régime turbulent	
1.3 Immeubles de bureaux ; ERP/IGH ; locaux de travail ; locaux hospitaliers généraux	
1.4 Cas de l'aéro-bio-contamination	

2 Contrôle de la contamination particulaire totale	
Locaux à empoussièrément contrôlé. Classes d'empoussièrément	83
2.1 Généralités	
2.2 Classement des salles propres ou blanches	
2.2.1 Aux Etats-Unis	
2.2.2 En France	
2.2.3 En Grande Bretagne	
2.2.4 Nouveaux classements	
2.3 Essais de filtres «absolus» installés	
2.4 Exemple	
3 Mise en œuvre des filtres à air. Flux laminaire	88
3.1 Principes théoriques élémentaires	
3.2 Locaux ou enceintes de classes 100 et moins	
3.3 Flux laminaires, types de réalisation	
3.3.1 Traitement d'ensemble d'un local	
3.3.2 Traitement ponctuel de la zone sensible	
3.4 Filtres absolus et flux laminaires. Performances. Efficacités particulières. Classes.	
3.5 Efficacités biologiques	
4 Aspects économiques	97
4.1 Longévité des filtres à air	
4.2 Coût d'exploitation des filtres	
4.3 Préfiltration et coût d'exploitation	
4.4 Périodicité de changement des filtres moyenne et haute efficacités	
4.4.1 Perte de charge finale	
4.4.2 Risque de contamination bactérienne	
4.4.3 Radioactivité	
4.5 Périodicité de changement des filtres absolus	
4.6 Cas des sites à pollution particulaire exceptionnellement élevée	
4.6.1 Cas des régions à vents de sable	

Chapitre 2

RÉGLEMENTATION ET COMMENTAIRES	113
1 Locaux de travail	113
1.1 Décret n° 84-1093 du 7 décembre 1984	
2 Locaux hospitaliers	119
3 Réglementation relative au danger d'incendie	120
4 Commentaires	121

ANNEXE

Spécification-type simplifiée pour filtre à air	122
--	------------