

SOMMAIRE

PRÉFACE.....	5
CHAPITRE 1 INTRODUCTION AU TRAITEMENT DE L'AIR EN SALLE PROPRE.....	10
1 La composition de l'air et ses différents contaminants.....	11
1.1 Contaminants particuliers de l'air.....	11
1.2 Contaminants microbiologiques de l'air.....	14
1.3 Contaminants chimiques de l'air.....	16
2 Un outil de protection : La salle propre.....	18
3 Produits et procédés sensibles à la contamination ; filières utilisatrices.....	19
CHAPITRE 2 NORMES ET TEXTES EN VIGUEUR SUR LA PROPRETÉ DE L'AIR.....	20
1 Historique de la normalisation sur les salles propres.....	21
2 La norme ISO 14644-1.....	21
3 Les autres référentiels de la propreté particulaire et microbiologique (BPF, NF S 90351).....	23
4 Les référentiels de la propreté chimique de l'air.....	24
4.1 Le cas de l'industrie micro-électronique (semiconducteurs).....	24
4.2 La norme ISO 14644-8.....	25
CHAPITRE 3 LA CONCEPTION D'UN SYSTÈME DE TRAITEMENT ET DE DIFFUSION D'AIR.....	26
1 Les questions à se poser.....	27
2 Rôle du système de traitement et de diffusion d'air.....	33
2.1 Maîtrise des contaminations issues de la génération de contaminants (process, personnel...).....	33
2.2 Principes de maîtrise.....	33
2.2.1 Gradients de pression entre locaux.....	34
2.2.2 Filtration pour les particules.....	34
2.2.3 Épuration pour les contaminants chimiques.....	34
2.2.4 Diffusion aéraulique.....	35
2.3 Détails donnés dans les solutions aérauliques disponibles.....	35
2.3.1 Installation en tout air neuf / en air recyclé.....	35
2.3.2 Flux d'air unidirectionnel et non unidirectionnel.....	36
2.3.3 Solutions complémentaires (comme les épurateurs d'air...).....	39
3 Les critères et outils de conception.....	40
3.1 Données sur l'air extérieur.....	40
3.2 Paramètres répondant à un besoin.....	40
3.2.1 Débits d'air soufflé (air neuf, air recirculé) et débits d'air extrait.....	40
3.2.2 Taux de brassage horaire.....	41
3.2.3 Gradients de pression.....	42
3.2.4 Température / Hygrométrie relative.....	42
3.2.5 Taux d'occupation de l'installation.....	43
3.2.6 Taux de fuites.....	43
3.2.7 Taux de turbulence.....	43
3.2.8 Niveau sonore.....	44
3.3 Les outils de conception.....	44
3.3.1 Simulation thermo aéraulique.....	44
3.3.2 L'intégration du BIM dans une installation de traitement d'air.....	51

4	Ouverture sur les dispositifs de protection rapprochée	52
4.1	Protection du produit manipulé	52
4.1.1	Enceinte à flux unidirectionnel	52
4.1.2	Autre exemple de protection rapprochée :	
	le plafond soufflant	54
4.1.3	Applications spécifiques	54
4.2	Protection de l'utilisateur et de l'environnement	55
4.2.1	Sorbonne à débit variable	55
4.2.2	Sorbonne à recirculation	56
4.3	Protection du produit, de l'utilisateur et de l'environnement	57
4.3.1	Postes de sécurité microbiologique (PSM)	57
4.3.2	Postes de sécurité cytotoxiques (PSC)	60
4.3.3	Les isolateurs	61
4.4	Tableau de synthèse	64
4.5	Arbre de décision	65

CHAPITRE 4 LES COMPOSANTS

AÉRAULIQUES DU TRAITEMENT DE L'AIR 66

1	Prise d'air neuf	68
2	Centrale de traitement d'air (CTA)	68
2.1	Caractéristiques normatives des CTA	68
2.1.1	Performances mécaniques	68
2.1.2	Classification et performances	71
2.2	Construction	72
2.3	Fonctions assurées dans le sens de l'air	73
2.3.1	Caissons d'aspiration ou de reprise	73
2.3.2	Caissons de filtration	74
2.3.3	Caissons échangeurs	74
2.3.4	Caissons moto-ventilateurs	76
2.3.5	Caissons récupérateurs	80

2.3.6	Caissons pièges à son	81
2.3.7	Registres de réglage	81
2.3.8	Caissons humidificateurs	82
2.3.9	Déshumidification	88
2.4	Exemples de configuration de centrale de traitement d'air	90
3	Filtres	92
3.1	Filtres à air de ventilation générale	92
3.1.1	Classification selon l'efficacité (norme NF EN ISO 16890)	92
3.1.2	Classification énergétique selon Eurovent 4/21	94
3.2	Filtres de très haute efficacité	95
3.3	Filtres moléculaires à charbon actif	98
3.4	Exemples de séquence de filtration	99
4	Caissons	103
4.1	Caissons gaines	103
4.2	Caissons de filtration terminale	103
4.3	Caissons filtres de reprise d'air	103
4.4	Caissons-filtres de sécurité sur réseau d'extraction d'air	104
4.5	Plans-filtrants	104
4.6	FFU	104
5	Installation et montage des filtres	106
5.1	Précautions d'usage	106
5.2	Montage des filtres	106

CHAPITRE 5 LES COMPOSANTS AÉRAULIQUES DE LA DISTRIBUTION ET DE LA DIFFUSION D'AIR 108

1	Réseaux aérauliques	109
1.1	Aspects théoriques et principes	109
1.2	Matériaux et bonnes pratiques de mise en œuvre	110
1.3	Énergie et perte de charge des réseaux	110

1.4	Étanchéité des réseaux aérauliques.....	110
1.5	Isolation thermique des réseaux aérauliques.....	111
2	Diffuseurs terminaux	111
2.1	Rôle de la diffusion.....	111
2.1.1	Deux types de diffusion.....	111
2.1.2	Équipement pour diffusion unidirectionnelle au soufflage.....	112
2.1.3	Équipement pour diffusion unidirectionnelle en reprise.....	114
2.1.4	Équipement pour diffusion non unidirectionnelle (diffusion par mélange) au soufflage.....	115
2.1.5	Équipement pour diffusion non-unidirectionnelle en reprise.....	118
2.2	Synthèse sur l'usage des diffuseurs.....	118
3	Gaines textiles : conduites et diffuseurs	119
3.1	Introduction.....	119
3.2	Les différents types de diffusion.....	119
3.2.1	Diffusion par déplacement d'air.....	120
3.2.2	Diffusion par induction d'air.....	120
3.3	Montage des gaines textiles.....	121
3.4	Les critères de conception.....	121
3.5	Les avantages d'une solution gaines textiles.....	122
3.6	Les applications en industries.....	122
3.6.1	Une application historique : l'industrie agroalimentaire.....	122
3.6.2	Les salles propres.....	123

**CHAPITRE 6 PILOTAGE D'UNE
INSTALLATION DE TRAITEMENT D'AIR :
RÉGULATION ET SUPERVISION**..... 124

1	Régulation	125
1.1	Capteurs.....	126
1.1.1	Capteur analogique.....	126
1.1.2	Capteur Tout ou Rien (TOR).....	129

1.2	Actionneur.....	130
1.2.1	Moteurs de registre.....	130
1.2.2	Vannes.....	131
1.2.3	Variateurs de vitesse.....	131
1.3	Rappel des procédés.....	132
1.3.1	Régulation de température.....	132
1.3.2	Régulation d'hygrométrie.....	134
1.3.3	Régulation de pression dans la salle.....	134
2	Supervision	136
2.1	Description générale du système et architecture.....	136
2.2	Le système de supervision.....	137

**CHAPITRE 7 TRAVAUX ET RÉCEPTION D'UNE
INSTALLATION DE TRAITEMENT D'AIR**..... 144

1	Les acteurs d'un projet	145
2	La planification	145
3	La synthèse des lots techniques	146
4	La gestion électronique de documents	147
5	Le Plan d'Assurance Qualité (PAQ)	147
6	Les tests et autocontrôles	148
7	La mise en service	149
8	Les qualifications	150
9	Transfert et livraison des installations	152
10	Spécificités des travaux portant sur les installations de traitement d'air pour salles propres	153
10.1	Chez le fabricant.....	153
10.2	Pendant le transport.....	153
10.3	Stockage sur le chantier.....	153
10.4	Montage.....	153

**CHAPITRE 8 ESSAIS ET SURVEILLANCE
D'UNE INSTALLATION AÉRAULIQUE**..... 154

1	Généralités	155
1.1	Référentiel normatif.....	155
1.2	Mesurage des paramètres.....	156

1.3	Le cahier des charges relatif aux essais et à la surveillance.....	156
2	Assurance qualité des résultats	157
3	Objectifs des mesurages et parties d'installations concernées	158
4	Déroulement des essais et des étapes de surveillance	158
4.1	Un préalable : L'analyse des risques.....	158
4.2	Déroulement / Séquençage / Ordonnancement.....	159
4.3	Étapes de réception et de qualification : QC/QI/QO/QP.....	164
4.4	Fréquence/Périodicité des essais et des mesurages.....	164
4.5	Seuils et niveaux (cible/alerte/action).....	165
4.6	Expression des résultats et introduction aux incertitudes de mesure.....	166
4.7	Rapport d'essais, traçabilité et enregistrements.....	167
5	Principaux essais liés aux installations de traitement d'air	168

CHAPITRE 9 MAINTENANCE.....172

1	Cadre général	173
2	Le bien « Salle propre »	173
3	Expression de l'état des installations	173
3.1	Descriptif.....	173
3.2	Paramètres d'environnement.....	174
3.3	Qualité.....	174
3.4	Actions.....	175
4	Organisation de la maintenance préventive	175
4.1	Mise en place des actions.....	175
4.2	Maintenabilité des installations « salles propres ».....	176

4.3	Disponibilité et fiabilité des installations « salles propres ».....	176
4.4	Personnel.....	177
4.5	Liste des opérations de maintenance préventive sur une CTA de salle propre.....	179
4.5.1	« Prise en main » de la CTA.....	179
4.5.2	Maintenance : équipements de la CTA.....	180
4.5.3	Conduits aérauliques.....	183
4.5.4	L'armoire électrique.....	183
4.5.5	Les batteries chaudes et froides.....	183
4.5.6	La structure de l'enveloppe.....	184
5	Politique et rentabilité	184

CHAPITRE 10 GLOSSAIRE

ET ABRÉVIATIONS	186	
1	Glossaire	187
2	Abréviations	188
3	Organismes et instituts	189

CHAPITRE 11 BIBLIOGRAPHIE.....190

1	Textes réglementaires	191
2	Normes	191
3	Ouvrages, guides et recommandations	194
4	Revue Salles Propres	194