

TRAITEMENT DE L'AIR

**SALLES PROPRES,
ENVIRONNEMENTS MAÎTRISÉS
& ZONES DE CONFINEMENT**

" Toute reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement 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" (loi du 11 mars 1957 - article 40 - alinéas 1 et 2)

" Est également un délit de contre-façon toute reproduction ou diffusion, par quelque moyen que ce soit, d'une œuvre de l'esprit en violation des droits de l'auteur, tels qu'ils sont définis et réglementés par la loi" (loi du 11 mars 1957- article 71 / article 426 du Code Pénal).

" Seules les copies ou reproductions réservées à l'usage privé et non destinées à une utilisation collective sont autorisées ainsi que les courtes citations à caractères d'informations; sous réserve que soient indiqués clairement le nom de l'auteur et la source" (extraits de loi du 11 mars 1957 - article 41 - alinéas 2 et3).

REMERCIEMENTS

Ce guide est une refonte complète des deux premières éditions.

L'édition de ce guide a été coordonnée par Sylvie Vandriessche, responsable S&T, ASPEC

MEMBRES DU COMITÉ DE RÉDACTION

Vincent Barbier, *NNE*
Christophe Bedaine, *CLAUGER*
Mourad Ben Othmane, *CLAUGER*
Pierre Bombardier, *FAURE QEI*
Jean-Jacques Cathelineaud, *FläktGroup*
Thierry Collignon, *STA2i*
David Deneuve, *HEX Expertise*
Frédéric Guillot, *FRANCE AIR*
David Huffschtmidt, *CLAUGER*
Christophe Lestrez, *ASPEC*
Denis Lopez, *CHU Bordeaux*
Julien Nortier, *AIR CONSULT ENGINEERING*
Edith Patissier, *CLAUGER*
Richard Vallin, *ENGIE*
Jean-Michel Vanhée, *CAMFIL*

COMITÉ DE RELECTURE

Vincent Barbier, *NNE*
Alix Goossens, *AIR CONSULT ENGINEERING*
Christophe Lestrez, *ASPEC*

ONT APPORTÉ LEUR SOUTIEN À LA RÉDACTION DE CE GUIDE :

Agnès Roche, *FAURE QEI*
Michel Thibaudon, *ASPEC et RNSA*
Georges SIMON, *CONDAIR*

CRÉDIT PHOTO

AAF, AIR CONSULT ENGINEERING, ANALYZAIR, ATC, CAMFIL, CONDAIR, ERMA FLUX, FläktGroup, France Air, PMT France, STA2i

Illustrations (schémas)

AIR CONSULT ENGINEERING, ENGIE, JCE BIOTECHNOLOGY

INDEX ANNONCEURS

AIR CONSULT.....	203
BIOQUELL.....	208
CIAT.....	202
FAURE QEI.....	3 ^e de couverture
HEX.....	2 ^e de couverture
IGIENAIR.....	204
M+W.....	206
PYC MÉDIA.....	201
ROBATHERM.....	205
TROX.....	207

PRÉFACE

Depuis son apparition dans les années 1950, la technologie des « salles propres » s'est progressivement développée et offre des applications très variées dans tous les domaines et secteurs d'activités.

Le traitement d'air, dont les principes de base sont établis depuis plusieurs décennies, est indispensable pour assurer les performances d'une salle propre. Les évolutions techniques des centrales de traitement d'air ou de régulation pour viser des exigences plus draconiennes l'attestent.

Parmi les évolutions notables depuis la première publication de ce guide en 2002, on peut noter :

- L'abandon du surdimensionnement des installations de traitement d'air, comme gage de performances au profit d'une installation répondant à un réel besoin, sur la base d'une bonne connaissance des procédés mis en œuvre ;
- La conception de la ventilation s'appuie désormais sur une analyse de risques propre à chaque activité, et tend à favoriser les dispositifs de protection rapprochée, pour la maîtrise de l'environnement du produit mais également pour des raisons à la fois économiques et énergétiques, en faveur des sites utilisateurs ;
- Dans un but de performance énergétique, et tout en maintenant un objectif de maîtrise des contaminations, de nouvelles solutions sont disponibles pour recourir à des équipements plus performants, combinés à des récupérateurs d'énergie ou encore prévoir le changement de filtres au moyen de logiciels capables de suivre leur perte de charge ;
- Comme pour d'autres univers, les outils évoluent comme l'introduction du BIM dans les projets de salles propres, la simulation thermo-aéroulque ou encore les objets connectés adaptés à une maintenance prédictive. Ils sont mis au service des spécificités des environnements maîtrisés et de leurs performances.

Une installation de traitement et de diffusion d'air bien conçue, répondant au besoin formalisé, optimisée en termes d'exploitation et rendue pérenne dans le temps, par une surveillance appropriée, est la demande de tout utilisateur de salles propres et d'environnements maîtrisés.

Le présent ouvrage fait partie des documents de base qui doivent être disponibles pour tout acteur concerné par le traitement, l'utilisation, la surveillance et le maintien de la propreté de l'air des salles propres.

Vincent Barbier, Christophe Lestrez
& Sylvie Vandriessche



Pour la prévention
et l'étude de la contamination

ASPEC © Avril 2018

64 rue nationale - 75013 PARIS

ISBN 978-2-910218-22-5 / EAN 9782910218225

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 THE	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