Alain Guédel

CLIMA+CONFORT
Efficacité énergétique & confort intérieur des bâtiments

LES VENTILATEURS

Bruit et techniques de réduction

DUNOD

Illustration de couverture

© 3dmentat – fotolia.com

Le pictogramme qui figure ci-contre mérite une explication. Son objet est d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit, particulièrement dans le domaine de l'édition technique et universitaire, le développement massif du photocopillage.

Le Code de la propriété intellectuelle du 1er juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Or, cette pratique s'est généralisée dans les établissements d'enseignement supérieur, provoquant une baisse brutale des achats de livres et de revues, au point que la possibilité même pour les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée.



Nous rappelons donc que toute reproduction, partielle ou totale, de la présente publication est interdite sans autorisation de l'auteur, de son éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC, 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris).

© Dunod, 2015

5 rue Laromiguière, 75005 Paris
www.dunod.com

ISBN 978-2-10-072525-0

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2° et 3° a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

Préface

Centre technique industriel des fabricants français de systèmes thermiques et aérauliques, le CETIAT a depuis sa création en 1960 travaillé sans cesse à l'amélioration de la performance des ventilateurs et à leur bonne intégration dans les différents équipements qui les utilisent.

Il est donc naturel et parfaitement légitime que l'un de ses experts, Alain Guédel, spécialiste des ventilateurs et de l'acoustique, se soit attelé à la rédaction d'un ouvrage sur le bruit des ventilateurs et les moyens de le réduire.

Les différents travaux menés par le CETIAT (études, essais, normalisation, support technique à la réglementation) pour les fabricants et intégrateurs de ventilateurs trouvent ici l'occasion d'une synthèse, permettant de rassembler un grand nombre d'informations jusque-là assez absentes de la littérature technique.

Cette édition très largement révisée d'un précédent ouvrage paru en 1999 rend ainsi publics des éléments récents, notamment sur la compréhension des phénomènes de génération du bruit et la façon de les prédire par le calcul.

Les ventilateurs sont partout présents dans notre environnement. Ils équipent de très nombreux produits de tous secteurs industriels, les moyens de transports, les bâtiments et les infrastructures, ainsi qu'un très grand nombre de procédés. Outre leur fonction première de mise en mouvement de l'air, ils contribuent au confort, à la qualité de l'air intérieur, au refroidissement ou encore à la sécurité.

Le CETIAT est très heureux de contribuer par cet ouvrage à la diffusion de connaissances utiles à tous ceux qui devront choisir, intégrer ou faire fonctionner un ventilateur, tout en garantissant qu'à la fois son bruit et sa consommation d'énergie seront minimisés.

Bernard Brandon
Directeur général du CETIAT

© Dunod – Toute reproduction non autorisée est un délit.

Table des matières

Préface V

Avant-propos IX

Remerciements XI

Notations principales XIII

Chapitre 1 : Les types de ventilateurs 1

1.1 Définition d'un ventilateur 1
1.2 Courbes caractéristiques 2
1.3 Les ventilateurs hélicoïdes (ou axiaux) 5
1.4 Les ventilateurs centrifuges 9
1.5 Les ventilateurs hélico-centrifuges (ou mixtes) 18
1.6 Les ventilateurs tangentiels (ou transverses) 19
1.7 Caractéristiques aérauliques 20

Chapitre 2 : Généralités sur le bruit des ventilateurs 23

2.1 Sources de bruit d'un ventilateur 23
2.2 Bruit aérodynamique en fonction du type de ventilateur 26

Chapitre 3 : Mécanismes générateurs de bruit 37

3.1 Sources de bruit aérodynamique des turbomachines 37
3.2 Bruit de charge périodique (raies) 39
3.3 Bruit d'interaction avec la turbulence incidente (large bande) 46
3.4 Bruit propre des pales (large bande et bande étroite) 52
3.5 Bruit de jeu périphérique 71

© Dunod – Toute reproduction non autorisée est un délit.

Chapitre 4 : Moyens de réduction du bruit **75**
4.1 Ventilateurs hélicoïdes et hélico-centrifuges 75
4.2 Ventilateurs centrifuges 87
4.3 Ventilateurs tangentiels 92

Chapitre 5 : Lois de similitude et estimation du spectre acoustique **97**
5.1 Lois de similitude aéraulique 98
5.2 Lois de similitude acoustique 101
5.3 Estimation du spectre de puissance acoustique d'un ventilateur 107

Chapitre 6 : Mesure du bruit par des méthodes normalisées **111**
6.1 Normalisation des méthodes de mesure 111
6.2 Bruit rayonné vers l'extérieur 113
6.3 Bruit rayonné en conduit 118

Chapitre 7 : Effets d'installation acoustiques **121**
7.1 Définitions et exemples 121
7.2 Effet d'impédance acoustique 127
7.3 Effet d'écoulement 135

Conclusion **141**

Annexe A : Terminologie **147**
Géométrie 147
Aéraulique 149
Acoustique 151

Annexe B : Géométrie des centrifuges à action **157**

Références **161**

Index **167**

Avant-propos

Les ventilateurs sont utilisés dans de nombreux domaines industriels : ventilation et distribution d'air, climatisation, électroménager, process industriels, refroidissement des moteurs électriques ou thermiques, informatique et nouvelles technologies, etc.

L'accroissement des exigences de confort et les différentes réglementations imposent de plus en plus aux industriels de réduire le bruit de leurs appareils ou installations, dont le ventilateur est souvent l'un des composants les plus bruyants.

Cet ouvrage a un double objectif :

- présenter un état de l'art sur les principaux domaines qui concernent le bruit des ventilateurs : mécanismes physiques à l'origine du bruit et modélisations associées, méthodes de mesure normalisées, effets d'intégration acoustiques des ventilateurs dans leurs circuits,

- donner aux concepteurs et intégrateurs de ventilateurs des pistes en vue de réduire le bruit.

Le livre traite essentiellement du bruit d'origine aérodynamique, lié à l'interaction de l'écoulement d'air avec les pales et les parties fixes du ventilateur, car c'est de loin la première source de bruit pour la majorité des ventilateurs en comparaison du bruit de moteur ou des bruits d'origine mécanique.

Cette édition révisée de l'ouvrage «*Acoustique des ventilateurs – Génération du bruit et moyens de réduction*», initialement publié en 1999, reprend en les actualisant, parfois en les structurant différemment, un certain nombre d'éléments de la première édition. Elle apporte aussi des informations nouvelles qui résultent des avancées effectuées depuis un peu plus d'une dizaine d'années dans la compréhension, la modélisation et la réduction des sources de bruit aérodynamique des ventilateurs, mais également dans l'élaboration de normes d'essais

© Dunod – Toute reproduction non autorisée est un délit.

internationales qui ont progressivement remplacé les normes nationales existantes.

Des progrès importants ont été réalisés également depuis la première édition dans le développement et la mise à disposition de méthodes de simulation numérique d'écoulement qui peuvent aider à localiser et modéliser les sources de bruit. Il reste cependant encore des obstacles importants pour accéder, avec les moyens de calcul existant classiquement dans l'industrie, aux fluctuations de vitesse et de pression de l'écoulement autour des pales et des parties fixes du ventilateur, qui sont à l'origine du bruit.

Les éléments nouveaux apportés dans cette édition résultent d'études menées au CETIAT ou dans d'autres institutions, en particulier à l'École Centrale de Lyon par le biais, notamment, de plusieurs thèses. Des congrès internationaux coorganisés par le CETIAT et spécifiquement dédiés aux ventilateurs (Fan Noise 2003, Fan Noise 2007, Fan 2012) ont permis de suivre régulièrement les avancées obtenues dans le domaine.

Cet ouvrage se veut avant tout didactique et compréhensible en grande partie par des non-spécialistes du domaine. Il insiste sur les mécanismes physiques et n'entre pas dans le détail des développements théoriques mis en œuvre pour modéliser les phénomènes, en renvoyant les lecteurs intéressés à des références bibliographiques leur permettant d'approfondir le sujet.

Après un bref descriptif des différents types de ventilateurs existants et leurs caractéristiques aérauliques principales, l'ouvrage aborde successivement les mécanismes à l'origine du bruit des ventilateurs et les modèles prévisionnels associés, les moyens de réduction du bruit en fonction du type de ventilateur, les lois de similitude et les méthodes d'essais acoustiques normalisées et enfin l'impact des effets d'installation acoustiques et les moyens de les prévoir et les minimiser.

Remerciements

L'auteur tient à remercier chaleureusement Michel Roger, professeur à l'École Centrale de Lyon, ainsi que ses collègues du CETIAT François Bessac et François Durier, pour leurs corrections, remarques et suggestions lors de la relecture du manuscrit, qui ont permis d'en améliorer le contenu de manière significative.

L'auteur exprime également sa reconnaissance aux sociétés Airap, Fabresse, FEVI International, Howden France, Howden Solyvent-Ventec, SEAT Ventilation et Ziehl-Abegg France qui lui ont procuré les photographies des ventilateurs qui illustrent l'ouvrage.

© Dunod – Toute reproduction non autorisée est un délit.