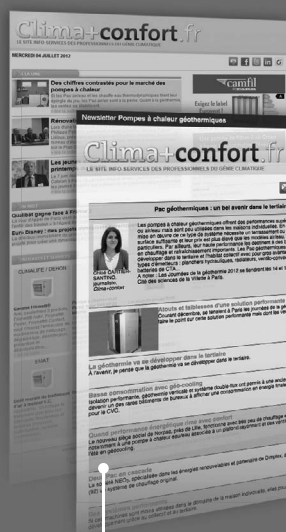


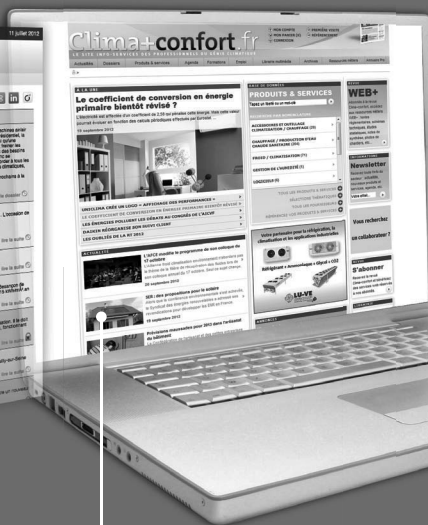
# LES VENTILATEURS

# CLIMA+CONFORT

## L'offre d'info des professionnels du génie climatique



44 newsletters  
par an



Accès à l'intégralité  
du site



8 numéros  
par an

Abonnez-vous sur [www.climaplusconfort.fr](http://www.climaplusconfort.fr) dès 82 € TTC  
Clima+confort, une marque d'information

PYC ÉDITION

Alain Guédel



# 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 1<sup>er</sup> juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Or, cette pratique

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](http://www.dunod.com)

ISBN 978-2-10-072022-4

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2<sup>o</sup> et 3<sup>o</sup> 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



# Table des matières

<b>Préface</b>	<b>V</b>
<b>Avant-propos</b>	<b>IX</b>
<b>Remerciements</b>	<b>XI</b>
<b>Notations principales</b>	<b>XIII</b>
<b>Chapitre 1 : Les types de ventilateurs</b>	<b>1</b>
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
<b>Chapitre 2 : Généralités sur le bruit des ventilateurs</b>	<b>23</b>
2.1 Sources de bruit d'un ventilateur	23
2.2 Bruit aérodynamique en fonction du type de ventilateur	26
<b>Chapitre 3 : Mécanismes générateurs de bruit</b>	<b>37</b>
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

<b>Chapitre 4 : Moyens de réduction du bruit</b>	<b>75</b>
4.1 Ventilateurs hélicoïdes et hélico-centrifuges	75
4.2 Ventilateurs centrifuges	87
4.3 Ventilateurs tangentiels	92
<b>Chapitre 5 : Lois de similitude et estimation du spectre acoustique</b>	<b>97</b>
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
<b>Chapitre 6 : Mesure du bruit par des méthodes normalisées</b>	<b>111</b>
6.1 Normalisation des méthodes de mesure	111
6.2 Bruit rayonné vers l'extérieur	113
6.3 Bruit rayonné en conduit	118
<b>Chapitre 7 : Effets d'installation acoustiques</b>	<b>121</b>
7.1 Définitions et exemples	121
7.2 Effet d'impédance acoustique	127
7.3 Effet d'écoulement	135
<b>Conclusion</b>	<b>141</b>
<b>Annexe A : Terminologie</b>	<b>147</b>
Géométrie	147
Aéraulique	149
Acoustique	151
<b>Annexe B : Géométrie des centrifuges à action</b>	<b>157</b>
<b>Références</b>	<b>161</b>
<b>Index</b>	<b>167</b>



# 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

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.