

Sources Techniques

Sources Techniques

Table des matières

Guide de raccordement	G2
Matériaux de construction	G4
Logiciel de sélection	G5
La valeur des normes	G6
Sélection du bassin séparé	G7
Options de filtration	G13
Options d'atténuation acoustique	G15
Principes de base du bruit	G24
Commandes de moteurs	G50
Diminution du panache	G52
Formules	G54
Pièces de rechange	G55
Conseils d'utilisation	G56
Glossaire	G65



Guide de raccordement

Introduction

Ci-après, voici un aperçu des types de raccordements utilisés par BAC. Le type de raccordement spécifique à un modèle BAC particulier est repris sur le plan de l'appareil ou peut être fourni par le représentant BAC Balticare local.

Biseauté pour soudage

Ce type de raccord présente des bords « biseautés ». Le biseau facilite le soudage sur site et assure la solidité de la soudure. Les matériaux de soudure remplissent l'espace ébarbé entre deux bords biseautés, comme illustré ici.

Cannelé pour s'adapter à un couplage mécanique

Ce type de raccord est cannelé pour le couplage mécanique de la tuyauterie.

Bride plate

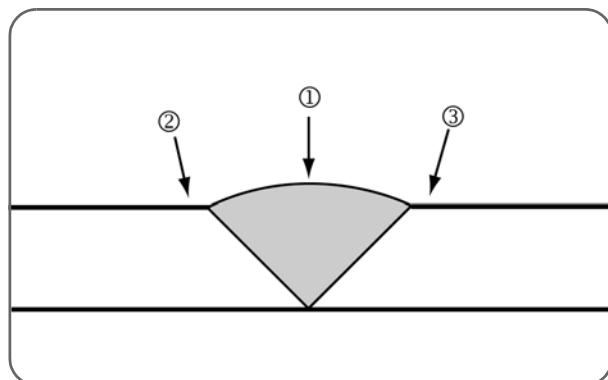
Ce type de raccordement est constitué d'un boulon et d'une découpe standard au point de raccordement afin de s'accoupler à une bride plate EN 1092. Lorsque BAC fournit ce type de raccordement pour un bassin d'eau chaude, les boulons de fixation sont insérés d'origine sur la plaque de raccordement. Sauf spécification contraire, tous les autres composants (tuyauterie, écrous, boulons, rondelles plates, etc.) sont fournis par des tiers.

Raccord fileté mâle

Ce type de raccord est fileté et conçu pour s'accoupler à un raccord fileté femelle.

Boîte d'écoulement gravitaire latéral

Cette option est proposée pour faciliter la pose de la tuyauterie horizontale en dessous du bassin d'eau froide d'un appareil et représente une alternative compacte à l'utilisation d'un coude dans la tuyauterie, permettant d'économiser sur le temps et le coût d'installation.



Détails de soudure

1. Matériau de soudure, 2. Bord biseauté de la tuyauterie installée sur site, 3. Bord biseauté du raccordement BAC.



Raccordement cannelé

1. Cannelé pour couplage mécanique



Sources Techniques



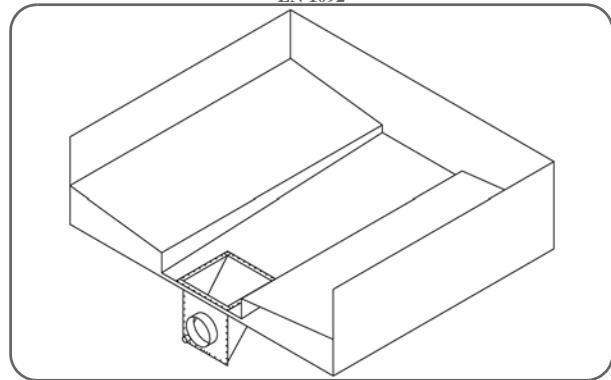
La découpe de la bride plate est illustrée sur ce panneau de bassin d'eau froide pour s'adapter à une bride EN 1092



La découpe de la bride plate avec boulons de fixation est illustrée sur ce panneau de bassin d'eau chaude pour s'adapter à une bride EN 1092



Raccord fileté mâle



Boîte d'écoulement gravitaire latéral

Matériaux de construction

Introduction

L'environnement d'utilisation, la durée de vie voulue et le budget influencent tous la sélection des matériaux de construction d'un appareil de refroidissement évaporatif. Une grande variété de matériaux sont disponibles pour les produits BAC, conçus pour une longue durée de vie et une maintenance aisée. Ainsi, les propriétaires peuvent maximiser leurs objectifs d'utilisation.

Cette section décrit les matériaux de construction disponibles pour les produits BAC. Afin de déterminer les meilleures options de matériaux pour un projet spécifique, consulter le représentant BAC Balticare local.

Acier galvanisé

L'acier galvanisé en plein bain Z600 est l'acier galvanisé avec la plus forte épaisseur de zinc du marché ; il est universellement reconnu pour sa robustesse et sa résistance à la corrosion. Afin d'assurer une longue durée de vie, l'acier galvanisé en plein bain Z600 est utilisé comme matériau de base pour tous les produits et pièces en acier, et toutes les arêtes exposées sont protégées d'un revêtement à forte teneur en zinc après fabrication. Avec une maintenance ad hoc et un traitement approprié de l'eau, les produits en acier galvanisé Z600 auront une excellente durée de vie dans les conditions de fonctionnement habituelles pour le refroidissement de confort et les applications industrielles.

Protection Baltiplus

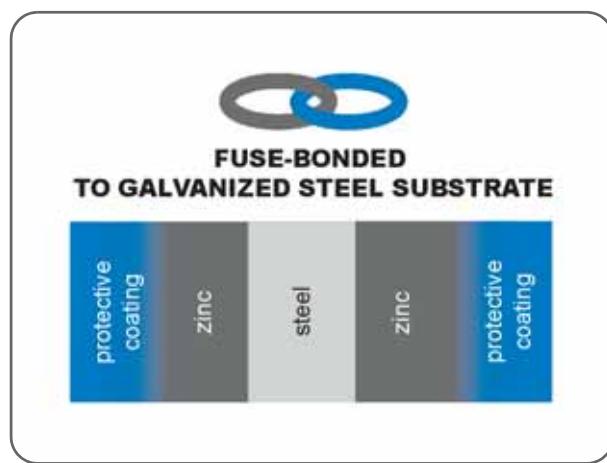
Acier galvanisé en plein bain Z600 protégé à l'extérieur après fabrication par une peinture de finition polymérique.

Système de protection anticorrosion

Baltibond®

Le système de protection anticorrosion BALTIBOND® est une approche unique pour protéger l'équipement de refroidissement évaporatif. Un polymère hybride spécial, formulé pour son adhérence, sa ténacité et son imperméabilité aux fluides, est appliqué par pulvérisation électrostatique sur les surfaces en acier galvanisé en plein bain Z600. Le polymère est soumis à une cuisson à chaud thermodurcissante, au cours de laquelle il fusionne au substrat de l'acier galvanisé.

Le système de protection anticorrosion BALTIBOND® est à même de prolonger la durée de vie de l'équipement et supprime les problèmes potentiels de rouille blanche en éliminant virtuellement le besoin de passivation périodique des composants en acier galvanisé.



Acier inoxydable

Dans certaines applications critiques, l'utilisation d'acier inoxydable est préférable. BAC propose l'acier inoxydable comme matériau en option sur la plupart de ses gammes de produits. Deux types d'acier inoxydable sont disponibles, l'AISI 304 (DIN Werkst. Nr. 1.4301) ou l'AISI 316 (DIN Werkst. Nr. 1.4401 ou 1.4404). L'acier inoxydable AISI 316 est recommandé pour les applications ayant des concentrations de chlorures de plus de 250 ppm dans l'eau de circulation.

Construction des composants

Outre les divers matériaux disponibles pour la structure de ses appareils, BAC sélectionne soigneusement les matériaux utilisés pour tous les composants de ses produits. D'autres matériaux résistants à la corrosion tels que le polyester renforcé à la fibre de verre (FRP), le polychlorure de vinyle (PVC), l'aluminium et le cuivre, sont utilisés pour certains composants si nécessaire pour garantir la résistance à la corrosion requise pour un équipement de refroidissement évaporatif.

Quelle option de matériaux est adaptée à mon projet ?

Les sections spécifiques aux produits présentés dans cette brochure comprennent pour chaque tour de refroidissement à circuit ouvert, pour chaque tour de refroidissement à circuit fermé et pour chaque condenseur évaporatif, un récapitulatif des options de construction. Ces sections définissent la disponibilité de certains matériaux et combinaisons de matériaux pour chaque produit. Se référer à ces sections pour les informations relatives à un produit spécifique. Le représentant BAC Balticare local peut vous conseiller pour le choix du matériau de construction le plus approprié pour un projet spécifique.





Logiciel de sélection

Logiciel de sélection facile d'emploi

BAC a développé un logiciel de sélection très élaboré qui simule les performances d'un équipement de refroidissement pour une vaste gamme de conditions climatiques et de fonctionnement et fournit toutes les données techniques relatives au ou aux modèles sélectionnés.

Le programme de sélection offre la possibilité de faire des sélections pour un large éventail de conditions d'utilisation simultanément pour différentes gammes de produits et de comparer différentes configurations d'appareils.

Les sélections de produits donnent souvent une réserve de capacité aux conditions de conception. Les sélections peuvent être optimisées en maximisant les débits, les températures de l'eau chaude et froide, les températures au bulbe humide ou l'approche.

Sélections de tours de refroidissement

Le programme de sélection des tours de refroidissement permet de sélectionner des équipements pour des applications utilisant des eaux propres ou des eaux chargées comme fluide de process.

Sélections de tours de refroidissement à circuit fermé/refroidisseurs hybrides

Le programme de sélection des tours de refroidissement à circuit fermé permet de sélectionner des équipements pour des applications utilisant l'eau, une solution d'eau avec éthylène-glycol ou une solution d'eau avec propylène-glycol comme fluide de process.

Sélections de condenseurs évaporatifs/refroidisseurs hybrides

Le programme de sélection des condenseurs évaporatifs permet de sélectionner des équipements pour des applications utilisant le R-717 (ammoniaque), le R-22 et le R-134a.

Sélections d'aéroréfrigérants et de refroidisseurs adiabatiques

Le programme de sélection des refroidisseurs adiabatiques TriliumSeries et des aéroréfrigérants permet de sélectionner des équipements pour des applications utilisant l'eau, une solution d'eau avec éthylène-glycol ou une d'eau avec propylène-glycol comme fluide de process.

Accessoires

Le programme de sélection évalue l'impact de l'utilisation d'accessoires susceptibles d'affecter la capacité (ex. : ventilateurs peu bruyants, atténuateurs acoustiques, batteries à diminution de panache, etc.).

Vitesse de ventilation alternative

Les sélections standard à vitesse nominale de ventilation utilisent un moteur de ventilateur à puissance standard pour satisfaire aux performances à pleine charge. Des sélections alternatives, basées sur une vitesse de ventilation (et puissance de moteur) réduite, sont également possibles.

Courbes de performances

Le programme de sélection génère des courbes de performances basées sur des débits de 80 % à 120 % du débit nominal. Les courbes de performances sont des représentations graphiques de la température de l'eau sortante par rapport à la température de l'eau entrante et elles sont généralement évaluées pour différents Delta de température.

Données acoustiques

Le programme de sélection fournit des données acoustiques pour les sélections standard à n'importe quelle distance. Pour les installations extrêmement sensibles au bruit, des données acoustiques sont également disponibles pour les appareils équipés de ventilateurs peu bruyants et d'atténuateurs de bruit.

Site Web

Le logiciel de sélection BAC est accessible sur notre site Web à l'adresse www.BaltimoreAircoil.com (pour l'Europe). Sur demande, un code d'accès sera fourni pour l'utilisation en ligne du programme de sélection.

La valeur des normes

Introduction

Baltimore Aircoil est convaincue de la valeur des normes et des programmes de certification indépendants. Cette philosophie garantit à la clientèle la consistance du niveau de performance et de qualité lorsqu'elle utilise les produits et services BAC.

ISO9001:2000

Cette conviction est notamment attestée par la certification ISO 9001:2000 des produits de refroidissement évaporatifs BAC en matière de conception et réalisation. La conformité aux normes ISO 9001:2000 offre aux clients BAC une qualité meilleure et plus consistante, des performances fiables et l'assurance que le produit sera livré dans les temps et selon les spécifications. La consistance de la qualité réduit également le risque de problèmes d'installation et d'utilisation. Tous les problèmes signalés sur les sites sont immédiatement soumis à des actions correctives et préventives pour éviter qu'ils ne se représentent. Ce niveau de performance est assuré par de fréquents cours de formation et contrôles internes, étayés par des contrôles externes rigoureux réalisés par un organisme indépendant accrédité ISO. La norme ISO 9001:2000 impose également la démonstration de l'amélioration constante des produits, des processus et des systèmes au fil du temps, ce dont bénéficient BAC et ses nombreux clients.



Directives et normes européennes

La conception des produits BAC est influencée par des directives et normes européennes, dont, entre autres :

- la directive européenne pour les machines 98/37/EC ;
- la directive européenne pour les équipements sous pression (DESP) 97/23/EC ;
- la directive ATEX 94/9/EC ;
- les directives pour la basse tension 73/23/EEC et 93/68/EC ;
- les directives pour la compatibilité électromagnétique 89/336/EEC, 92/31/EEC, 93/68/EEC et 2004/10/EC ;
- la norme EN13741 Essais pour l'acceptation de la performance thermique de tours de refroidissement en mode humide de la série à soufflage forcé mécanique.

Outre le fait de soutenir ces normes et directives, BAC travaille activement avec des organisations industrielles telles que ASHRAE, ASME, CEN, ARI, CTI, EUROVENT-CECOMAF et FM pour améliorer leurs normes et leur documentation technique ou développer des normes ou directives inexistantes. Par exemple, BAC a soutenu le développement des « Codes de bonne pratique pour maintenir l'efficacité et la sécurité de votre système de refroidissement » et la brochure « Refroidissement évaporatif, comment la technologie du transfert de chaleur efficace aide à protéger l'environnement », deux documents publiés par EUROVENT-CECOMAF. Plus récemment, BAC a soutenu le développement de l'Einheitsblatt 24649 « Empfehlungen zum wirksamen und sicheren Betrieb einer Verdunstungskühlanlage » de VDMA. BAC est membre actif de nombreuses associations commerciales aux États-Unis et en Europe.

BAC encourage fortement ses clients, fournisseurs et concurrents à se joindre à elle pour développer et soutenir les normes et programmes de certification reconnus au bénéfice de l'industrie et de la société dans son ensemble. BAC est ouvert à toute réaction sur ce sujet à l'adresse info-bac@BaltimoreAircoil.be.



Règle de bonne pratique recommandé par Eurovent-Cecomaf



Brochure Refroidissement évaporatif Eurovent-Cecomaf





Sélection du bassin séparé

Pour une tour de refroidissement à circuit ouvert

Les bassins séparés sont utilisés sur les systèmes de refroidissement évaporatif pour fournir un moyen de protection antigel au bassin d'eau froide durant l'utilisation par temps froid. Le bassin séparé est habituellement installé dans un espace intérieur chauffé et ne nécessite pas forcément la protection hivernale de l'équipement de refroidissement évaporatif. Un bassin séparé doit offrir un volume de stockage suffisant pour contenir toute l'eau qui y retourne durant l'arrêt du système de refroidissement évaporatif, dont :

- le volume total de l'eau contenue dans la tour de refroidissement durant le fonctionnement (volume de la tour de refroidissement) ; le volume de l'eau contenue dans toute la tuyauterie du système située au-dessus du niveau d'eau de fonctionnement du bassin séparé (volume de la tuyauterie du système) ;
- le volume de l'eau contenue dans tout échangeur de chaleur ou autre équipement installé au-dessus du niveau d'eau de fonctionnement du bassin séparé et qui s'écoule vers le bassin lorsque le système de refroidissement est à l'arrêt (volume des composants du système).

Le volume maximum de l'eau contenue dans la tour de refroidissement est le volume de l'eau jusqu'au niveau de trop-plein. Outre l'eau contenue dans le bassin d'eau froide durant le fonctionnement, ce volume tient compte de l'eau contenue dans le système de distribution, de l'eau en suspension sur la surface de ruissellement, plus une tolérance pour le volume provenant de la tuyauterie et autres équipements situés au-dessus du niveau d'eau. Cette méthode simplifiée est une approche conservative car elle ne tient compte d'aucune réduction de volume basée sur le débit. Pour les informations spécifiques à une application, contacter le représentant BAC local.

Facteur de sécurité

Lors de la conception d'un bassin séparé, s'assurer que le volume disponible net du bassin dépasse de 5 % le volume total requis. Le volume disponible net est le volume entre le niveau de fonctionnement et le niveau de trop-plein dans le bassin séparé. Il faut maintenir le niveau de fonctionnement minimum dans le bassin séparé pour éviter la cavitation dans le raccordement d'aspiration du bassin.

Exemple

Un VTL-059-H sera installé sur un système tour de refroidissement/échangeur de chaleur qui utilisera un bassin séparé. Le volume côté tour de l'eau contenue dans l'échangeur de chaleur est de 95 litres. Le système est conçu avec 10 mètres de tuyauterie de DN 100 qui sera installée au-dessus du niveau de fonctionnement du bassin séparé. Quel est le volume correct du bassin séparé ?

Réponse

D'après le tableau 4, le volume du bassin d'eau froide au niveau de trop-plein pour le VTL-059-H est de 555 litres.

D'après le tableau 6, la tuyauterie de DN 100 contiendra 8,2 litres d'eau par mètre linéaire. Le volume total contenu dans la tuyauterie de DN 100 est de 82 litres.

Le volume côté tour de l'eau contenue dans l'échangeur de chaleur est de 95 litres.

Le volume total requis est le suivant.

Volume de la tour de refroidissement au niveau de trop-plein (555 litres)

+ Volume de la tuyauterie du système (82 litres)

+ Volume des composants du système (95 litres)

= Volume total 732 litres

732 litres x 1,05 (facteur de sécurité) = 770 litres requis.

D'après le calcul ci-dessus, le volume minimum du bassin séparé doit être de 770 litres.

Tableau 1 : série 3000-D

S3000-D - Volume du bassin d'eau froide		
N° de modèle	au niveau de fonctionnement (l)	au niveau de trop-plein (l)
S3 D240L - S3 D299 L	1597	3626
S3 D333L - S3 D379 L	1597	3857
S3 D455L - S3 D527 L	2036	4879
S3 D412L - S3 D436 L	2036	4614
S3 D552L - S3 D672 L	3285	6764
S3 D728L - S3 D828 L	3285	8312
S3 D872L - S3 D970 L	3285	9330
S3 D1056L - S3 D985 L	3285	10121
S3 D473L - S3 D501 L	2710	5863
S3 D583L - S3 D725 L	4201	8282
S3 D1132L - S3 D1301 L	4201	12154

Tableau 2 : TXV

TXV - Volumes du bassin d'eau froide		
N° de modèle	au niveau de fonctionnement (l)	au niveau de trop-plein (l)
TXV 109 - TXV 154	508	2659
TXV 177 - TXV 193	679	3565
TXV 292 - TXV 237	720	4103
TXV 354 - TXV 500	1090	6213
TXV 310 - TXV 425	820	5341

Tableau 3 : FXT

FXT - Volumes du bassin d'eau froide		
N° de modèle	au niveau de fonctionnement (l)	au niveau de trop-plein (l)
FXT 27 - FXT 32	106	428
FXT 43 - FXT 51	155	553
FXT 60 - FXT 68	208	746
FXT 74 - FXT 88	310	1033
FXT 97 - FXT 133	477	1590
FXT 160 - FXT 173	636	2112
FXT 211 - FXT 250	636	2521
FXT 194 - FXT 266	954	3180
FXT 320 - FXT 346	1272	4224
FXT 422 - FXT 500	1272	5042

Tableau 4 : VTL

VTL - Volumes du bassin d'eau froide		
N° de modèle	au niveau de fonctionnement (l)	au niveau de trop-plein (l)
VTL 039 - VTL 079	290	555
VTL 076 - VTL 095	435	815





VTL - Volumes du bassin d'eau froide		
N° de modèle	au niveau de fonctionnement (l)	au niveau de trop-plein (l)
VTL 086 – VTL 137	580	1090
VTL 139 – VTL 215	875	1655
VTL 225	1170	2175
VTL 227	875	1655
VTL 238 – VTL 272	1170	2175

Tableau 5 : VXT

VXT - Volumes du bassin d'eau froide		
N° de modèle VXT	au niveau de fonctionnement (l)	au niveau de trop-plein (l)
VXT 10 – VXT 25	45	100
VXT 30 – VXT 55	100	210
VXT 65 – VXT 85	150	325
VXT 95 – VXT 135	205	435
VXT 150 – VXT 185	275	580
VXT N215 – VXT N265	850	1850
VXT N310 – VXT N395	1220	2810
VXT 315 – VXT 400	1400	2300
VXT N430 – VXT N535	1630	3765
VXT 470 – VXT 600	2125	3490
VXT 630 – VXT 800	2850	4680
VXT 870 – VXT 1200	4300	7060

Tableau 6 : Capacités de la tuyauterie

Taille nominale de la tuyauterie		Diamètre intérieur	Volume par mètre linéaire
Pouces	mm	mm Basé sur une tuyauterie classique	Litres
3	80	77,9	4,8
4	100	102,3	8,2
6	150	154,1	18,7
8	200	202,7	32,3
10	250	254,5	50,9
12	300	303,3	72,3
14	350	333,5	87,4
16	400	381,1	114,1
18	450	428,8	144,4
20	500	478,0	179,5
24	600	574,9	259,6

Pour une tour de refroidissement à circuit fermé ou un condenseur évaporatif

Note : Cette section donne des instructions pour sélectionner un bassin séparé uniquement pour une tour de refroidissement à circuit fermé ou un condenseur évaporatif.

Les bassins séparés sont utilisés sur les systèmes de refroidissement évaporatif pour fournir un moyen de protection antigel au bassin d'eau froide durant l'utilisation par temps froid. Lorsque la pompe de recirculation d'une tour de refroidissement à circuit fermé ou d'un condenseur évaporatif n'est pas en marche, toute l'eau de recirculation s'écoule par gravité vers le bassin séparé. Le bassin séparé est habituellement installé dans un espace intérieur chauffé et ne nécessite pas forcément la protection hivernale du bassin d'eau froide.

Le bassin séparé doit être dimensionné pour la pression de pompage plus le volume de trop-plein afin de contenir toute l'eau qui retourne vers le bassin lorsque la pompe s'arrête. Ce volume de trop-plein (également appelé volume de descente) comprend l'eau contenue dans l'équipement de refroidissement évaporatif et l'eau contenue dans la tuyauterie reliant l'appareil et le bassin séparé. Le volume de l'eau contenue dans l'équipement évaporatif comprend l'eau en suspension (eau du système de distribution pulvérisée sur la section de transfert de chaleur) et l'eau du bassin d'eau froide durant le fonctionnement normal. Les tableaux de 1 à 4 indiquent le volume de l'eau en suspension plus l'eau du bassin d'eau froide, appelé « volume du bassin au niveau de trop-plein ». Le tableau 4 peut servir à calculer le volume d'eau de la tuyauterie reliant l'appareil et le bassin séparé (colonne verticale et tuyauterie de vidange comprises) pour les applications dont la tuyauterie est de type classique.

Afin de sélectionner un bassin séparé pour une application particulière, déterminer le volume total (volume de l'eau de pulvérisation plus volume de la tuyauterie) et sélectionner un bassin séparé dont le volume disponible net dépasse de 5 % le volume total requis.

Les refroidisseurs hybrides à circuit fermé HFL ne requièrent pas de bassins séparés. En raison de leur faible volume d'eau et de leur conception unique de bassin/plenum, ils peuvent passer du fonctionnement en mode humide au fonctionnement à sec et vice-versa sans besoin de vidanger le bassin. Des thermoplongeurs protègeront le bassin contre le gel à des températures ambiantes jusqu'à -25°C même lorsque le ou les ventilateurs tournent.

Notes sur les applications

La pompe centrifuge à accouplement direct standard qui équipe normalement les appareils BAC est spécifiquement conçue et sélectionnée pour la pression de pompage et le débit requis lorsque la pompe est montée sur l'appareil. **Cette pompe ne peut être utilisée pour les applications à bassin séparé et elle est donc omise.** Tenir compte des facteurs suivants pour sélectionner des bassins séparés :

- pression statique totale entre le niveau de fonctionnement du bassin séparé et l'entrée de l'équipement évaporatif ;
- perte de charge des tuyauteries et vannes ;
- pour toutes les tours de refroidissement à circuit fermé et tous les condenseurs évaporatifs, pression de 14 kPa à l'entrée du système de distribution d'eau ;
- débit de pulvérisation comme indiqué dans les tableaux de 1 à 4.

Toujours installer une vanne dans la conduite de refoulement de la pompe de manière à pouvoir régler le débit d'eau et la pression appropriés. La pression d'eau à l'entrée de l'équipement doit être mesurée avec un manomètre installé dans la colonne verticale, près de l'entrée de l'équipement. La vanne doit être réglée sur la pression d'entrée spécifiée, qui se traduit par le débit d'eau nominal.

La précision de la pression d'entrée et du débit est essentielle au bon fonctionnement de l'équipement évaporatif. Une trop haute pression (dépassant 70 kPa) peut provoquer des fuites dans le système de pulvérisation. Une trop basse pression ou un faible débit peut se solder par un mouillage inapproprié des batteries, ce qui affectera négativement la performance thermique, favorisera l'entartrage, voire provoquera un entraînement excessif de gouttelettes.

Dans les applications à bassin séparé, les vannes à flotteur et les tamis standard sont omis du bassin d'eau froide et une connexion de sortie dimensionnée de manière appropriée est ajouté. La connexion de sortie du bassin séparé est installée sur le fond de la plupart des appareils. Sur les appareils plus petits des séries VL et VX, la connexion est installée sur le côté ou à l'arrière de l'appareil. Pour s'assurer du lieu d'installation de la connexion de sortie du bassin séparé, voir le plan approprié de l'appareil, disponible auprès du représentant local BAC Balticare ou sur le site www.BaltimoreAircoil.com.

L'utilisation d'un bassin séparé peut également réduire le poids en fonctionnement de l'appareil évaporatif (les changements de conception, l'omission de la pompe de pulvérisation intégrée et/ou les changements de volume du bassin d'eau froide peuvent contribuer à cette réduction).





Exemple

Un FXV-422 sera installé sur un système qui utilisera aussi un bassin séparé. Le système est conçu avec 12 mètres de tuyauterie de DN 150 mm qui sera installée au-dessus du niveau de fonctionnement du bassin séparé. Quel est le volume correct du bassin séparé ?

Réponse

D'après le tableau 1, le volume d'eau de pulvérisation pour un FXC-422 est de 997 litres.

D'après le tableau 4, la tuyauterie de DN 150 mm contiendra 18,7 litres d'eau par mètre linéaire. Le volume total de l'eau contenue dans la tuyauterie de DN 150 mm est de 12 mètres x 18,7 litres/mètre = 225 litres.

Le volume total requis est le suivant.

Volume d'eau de pulvérisation (997 litres)

+ Volume de la tuyauterie du système (225 litres)

= Volume total 1222 litres

1222 litres x 1,05 (facteur de sécurité) : 1283 litres requis.

D'après le calcul ci-dessus, le volume minimum du bassin séparé doit être de 1283 litres.

Tableau 1 : FXV - CXV - HXI

CXV - FXV - HXI - Volumes du bassin d'eau froide						
N° de modèle CXV	N° de modèle FXV	N° de modèle HXI	au niveau de fonctionnement (l)	au niveau de trop-plein (l)	Débit d'eau de pulvérisation (l/s)	Taille sortie (3)
CXV 74 -296	FXV 42x	HXI 42x	556	997	12	150
CXV 117 -296	FXV 43x	HXI 43x	847	1519	18	150
CXV 153 -193	FXV (Q)44x	HXI 44x	1137	2041	24	200
CXV 207 -296	FXV (Q)54x	HXI (Q)54x	685	2217	45	200
CXV 338 -435	FXV (Q)56x	HXI (Q)56x	1036	3350	54	200
CXV 283 -327	FXV 64x	HXI (Q)64x	785	2852	45	200
CXV 416 -481	FXV (Q)66x	HXI (Q)66x	1187	4311	54	200
CXV D645 - D792	FXV D288		3207	5308	108,5	300
CXV D791 - D944	FXV D364		4259	6587	108,5	300

Tableau 2 : VXI - VXC

VXI - VXC - Volumes du bassin d'eau froide					
N° de modèle VXI	N° de modèle VXC	au niveau de fonctionnement (l)	au niveau de trop-plein (l)	Débit d'eau de pulvérisation (l/s)	Taille sortie (3)
VXI 9-x	VXC 14-28	45	100	2,2	65
VXI 18-x	VXC 36-65	100	210	4,7	80
VXI 27-x	VXC 72-97	150	325	7,1	100
VXI 36-x	VXC 110-135	205	435	9,5	100
VXI 50-x	VXC 150-205	275	580	13,9	150
VXI 70-x	VXC 221-65	850	1850	19,2	150
-	VXC 357-65	1400	2300	30,8	200
VXI 180-x	VXC 562-65	2125	3490	46,7	250
-	VXC 714-65	2125	3490	61,6	250
VXI 360-x	VXC 1124-65	4300	6420	93,4	300
VXI 95-x	S288-S350	805	1850	25,2	150
VXI 145-x	VXC S403-S504	1220	2810	38,5	200

Sélection du bassin séparé

VXI - VXC - Volumes du bassin d'eau froide					
N° de modèle VXI	N° de modèle VXC	au niveau de fonctionnement (l)	au niveau de trop-plein (l)	Débit d'eau de pulvérisation (l/s)	Taille sortie ⁽³⁾
VXI 190-x	VXC S576-S700	1820	3730	50,4	250
VXI 290-x	VXC S806-S1010	2470	5690	77	300
VXI 144-x	VXC 495-65	1795	3410	39,1	200
VXI 215-x	VXC 715-65	2725	5175	56,8	250
VXI 288-x	VXC 990-65	3655	6935	78,2	250
VXI 430-x	VXC 1430-65	5515	10475	113,6	300

Tableau 3 : VFL - VCL

VFL - VCL - Volumes du bassin d'eau froide					
N° de modèle VFL	N° de modèle VCL	au niveau de fonctionnement (l)	au niveau de trop-plein (l)	Débit de pulvérisation (l/s)	Taille sortie ⁽³⁾
VFL 24X	VCL 042-079	290	555	5,9	100
VFL 36X	VCL 084 -133	435	815	9,0	100
VFL 48X	VCL 131 -159	580	1090	12,1	150
VFL 72X	VCL 167 -258	875	1655	17,9	150
VFL 96X	VCL 239 -321	1170	2175	24,2	200

Tableau 4 : Capacités de la tuyauterie

Taille nominale de la tuyauterie		Diamètre intérieur	Volume par mètre linéaire
Pouces	mm	mm Basé sur une tuyauterie classique	Litres
3	80	77,9	4,8
4	100	102,3	8,2
6	150	154,1	18,7
8	200	202,7	32,3
10	250	254,5	50,9
12	300	303,3	72,3
14	350	333,5	87,4
16	400	381,1	114,1
18	450	428,8	144,4
20	500	478,0	179,5
24	600	574,9	259,6

Notes

- Le niveau de trop-plein est le volume d'eau de pulvérisation et il est basé sur le niveau d'eau de fonctionnement maximum dans le bassin d'eau froide sans chute verticale nette dans le système de tuyauterie situé en dessous de la sortie de l'appareil.
- Tous les volumes du bassin séparé sont basés sur une sortie de fond dimensionnée comme indiqué, sauf pour les modèles

marqués d'un astérisque, dont les volumes sont basés sur une sortie latérale dimensionnée comme indiqué.

- La taille de la connexion de vidange ne concerne que les applications à bassin séparé. Pour la localisation exacte de la connexion de vidange, voir le plan certifié de l'appareil ou contacter le représentant BAC Balticare local.





Options de filtration

Séparateurs cycloniques

Caractéristiques

- Disponible pour débits de 2,5 à 76 l/s
- Purge automatique avec vanne à boisseau sphérique industrielle actionnée par servomoteur et programmeur de purge réglable
- Pompe centrifuge à aspiration latérale et à accouplement direct et moteur TEFC (entièrement fermé et refroidi par ventilateur)
- Pré-filtre en fonte avec panier en acier inoxydable démontable
- Coffret de commande – armoire en fibre de verre de protection IP65 avec interrupteur marche/arrêt pour moteur, coupe-circuit, sectionneur de porte, interrupteur pour moteur de pompe à 3 positions, programmeur de purge réglable sur 24 heures
- Skid – acier au carbone revêtu de polyester appliqué par fusion
- Tuyauterie de raccordement en acier au carbone revêtu de poudre de polyester appliquée en poudre, avec régulateur de débit et vannes d'isolation
- Option : système de récupération (modèle PF 63)

Application

Les séparateurs cycloniques BAC sont spécifiquement conçus pour éliminer la saleté, le sable, la vase, les précipités et les solides en suspension des fluides de process. Les solides en suspension sont séparés en utilisant la force centrifuge et envoyés dans une chambre d'accumulation. Le fluide propre retourne au process. Le système utilise une purge automatique pour vidanger les solides séparés. Le séparateur éliminera les polluants indésirables, ce qui se traduira par une hausse de l'efficacité du système et par une baisse de ses coûts de fonctionnement. En association avec un appareil de refroidissement évaporatif, il est recommandé de doter ce dernier d'un système d'injection de bassin.



Médias filtrants

Conçu pour les applications à circuit ouvert haute pression – 700 kPa.

Caractéristiques

- Disponible pour débits de 1 à 12 l/s
- Filtration jusqu'à 10 microns (5 microns en option)
- Récipient en acier au carbone revêtu de polyester et d'époxy appliqués par fusion prévu pour fonctionnement à 700 kPa (pressions supérieures et estampille ASME en option)
- Vannes 3 voies en laiton et tuyauterie en acier au carbone revêtu de poudre de polyester
- Pompe centrifuge à aspiration latérale et à accouplement direct et moteur TEFC (entièrement fermé et refroidi par ventilateur) avec pré-filtre en fonte et panier en acier inoxydable
- Skid – acier au carbone revêtu de polyester appliqués par fusion
- Coffret de commande automatique – armoire en fibre de verre de protection IP 65 avec sectionneur de porte, coupe-circuit, commande électrique, transformateur basse tension, interrupteur de moteur de pompe à 3 positions, interrupteur de pression différentielle, programmeur horlogique journalier pour le contre-lavage.
- Déshuialage eau de source



Application

Les systèmes de filtration BAC sont spécifiquement conçus pour une grande variété d'applications industrielles de filtration de l'eau. Les médias filtrants permanents utilisent du sable de silice qui se nettoie facilement lors du contre-lavage. Le filtre fournit une excellente méthode d'élimination de la saleté, des précipités et des solides en suspension. En association avec un appareil de refroidissement évaporatif, il est recommandé de doter ce dernier d'un système d'injection de bassin.

Service

Nos spécialistes du service technique sont disponibles pour tout conseil sur l'application, l'installation et la réparation.





Options d'atténuation acoustique

Atténuateur acoustique VX

Conception efficace et flexible de l'atténuateur acoustique VX

Le bruit est un facteur d'importance dans la sélection et l'utilisation d'un équipement de refroidissement évaporatif. Selon les conditions réelles du site, les niveaux acoustiques acceptables peuvent présenter de grandes différences. La conception silencieuse de la série VX et sa vaste gamme d'options d'atténuation acoustique offrent des solutions économiques pour une grande variété de conditions requises en matière d'acoustique.

Exécution	Jour	Nuit	Critère de bruit typique et plage de CB
Appareil VX standard	Base	-17 dB(A)	Zones commerciales et de l'industrie légère De CB-45 à CB-55
Appareil VX + XA	-9 dB(A)	-17 dB(A)	Zones de travail occupées par des locaux commerciaux et des laboratoires De CB-45 à CB-55
Appareil VX + XB	-17 dB(A)	-25 dB(A)	Grands bureaux et magasins nécessitant des conditions d'écoute acceptables De CB-35 à CB-40
Appareil VX + XC	-21 dB(A)	-29 dB(A)	Environnement rural ou résidentiel De CB-30 à CB-35

Les atténuations acoustiques indiquées sont exprimées sous forme de données de pression acoustique à 15 m de la prise d'air.
De jour : vitesse maximale de ventilation. De nuit : vitesse de ventilation réduite de moitié.

Applications intérieures

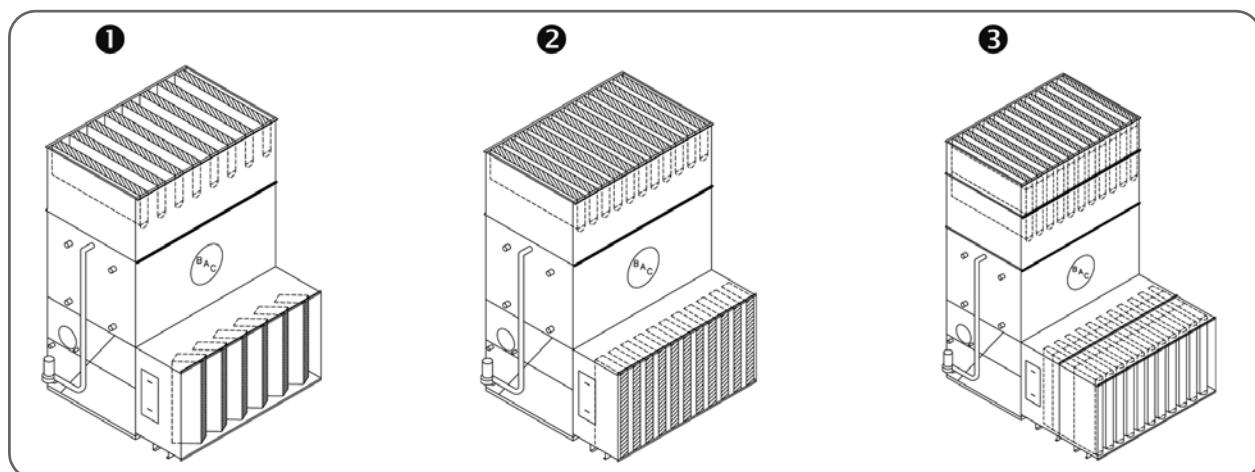
Les données acoustiques en champ libre ou les niveaux de puissance sonore totale ne constituent généralement pas le meilleur moyen de décrire le comportement acoustique de l'équipement de refroidissement évaporatif installé à l'intérieur. Dans ce cas, les niveaux de puissance sonore partielle représentent la meilleure méthode pour définir l'émission sonore. Les niveaux de puissance sonore partielle représentent l'énergie sonore émise par la source sonore vers une surface plane unidirectionnelle (aspiration et refoulement d'air).

Les données de puissance sonore partielle relatives aux modèles VX sont le résultat d'essais acoustiques complets réalisés selon la méthode parallélépipédique et décrivent l'émission sonore dans les environnements intérieurs.



Essais acoustiques - VX

Alternatives d'atténuations acoustiques VX



Options d'atténuation

1. Atténuateur XA	2. Atténuateur XB	3. Atténuateur XC
Atténuateur au refoulement avec chicanes verticales	Atténuateur au refoulement avec chicanes verticales	Double atténuateur au refoulement avec chicanes verticales
Atténuateur à l'aspiration avec chicanes inclinées	Atténuateur à l'aspiration avec chicanes supplémentaires et non inclinées	Double atténuateur à l'aspiration avec chicanes non inclinées
Distance approximative entre les chicanes : 300 mm	Distance approximative entre les chicanes : 120 mm	Distance approximative entre les chicanes : 120 mm

Objet de la fourniture

- Atténuateur à l'aspiration avec plenum d'accès et porte d'accès de chaque côté de l'appareil
- Atténuateur au refoulement avec plenum d'accès et porte d'accès à l'arrière de l'appareil
- Chicanes acoustiques côtés aspiration et refoulement avec tissu souple de protection, enchâssées dans un cadre en acier galvanisé protégé par le système de protection anticorrosion Baltibond®
- Matériau acoustique résistant à l'eau, à l'attaque biologique et chimique
- Panneaux de fond pleins avec isolation acoustique, montés sous toute la longueur de l'appareil
- Lignes de lubrification prolongées vers la prise d'air de l'atténuateur pour faciliter la lubrification des paliers de l'arbre de ventilateur
- Grilles internes de protection de ventilateur côté aspiration de l'appareil pour protéger le ventilateur et le système d'entraînement
- Toutes les pièces en acier sont en acier galvanisé Z600 protégé par BALTIPLUS

Options pour atténuateurs acoustiques VX

- Toutes les variantes pour l'atténuateur acoustique VX peuvent être fournies avec le système de protection anticorrosion BALTIBOND® .
- Les atténuateurs acoustiques peuvent être équipés de grilles côté aspiration et/ou refoulement.
- Une tôle perforée est disponible en option pour renforcer la protection des chicanes.



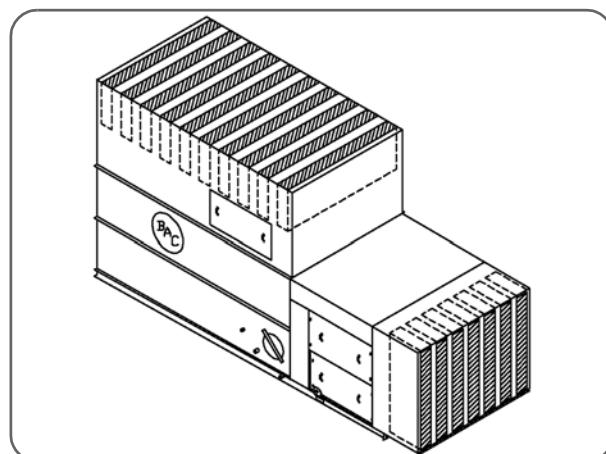
Chicane acoustique standard VX

Atténuateur acoustique VL

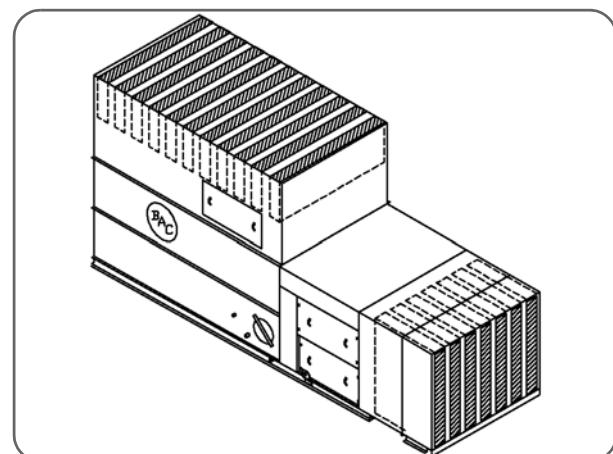
Combinaison faible hauteur/bas niveau sonore

La série VL à profil bas est la solution parfaite pour les installations sensibles au bruit requérant de petites hauteurs de plafond. Différents dispositifs d'atténuation acoustique sont disponibles pour répondre aux conditions spécifiques en matière d'acoustique et d'exécution.

Pour l'aspiration d'air horizontale, BAC propose les alternatives d'atténuation acoustique ci-après.



Type HS



Type HD avec double atténuateur à l'aspiration





Configurations à prise d'air verticale

Dans certaines situations d'exécution, il est souhaitable d'installer des produits de la série VL à profil bas avec atténuateurs acoustiques d'aspiration et de refoulement verticaux VS. Ces situations sont habituellement limitées aux installations intérieures où l'équipement ne peut être installé sur le périmètre du bâtiment.

Les atténuateurs VS sont équipés de déflecteurs de refoulement intégrés qui dévient le flux d'air de refoulement de l'aspiration d'air. Le recyclage de l'air refoulé ne peut toutefois pas être entièrement évité dans toutes les conditions météorologiques et éoliennes, en particulier pour les grandes installations multicellulaires.

Atténuations acoustiques

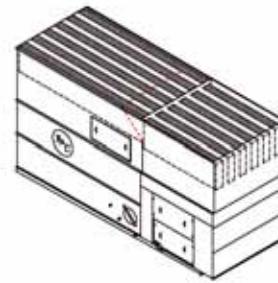
Exécution	Jour	Nuit	Critère de bruit typique et plage de CB
Appareil VL standard	Base	-17 dB(A)	Conditions de travail acceptables dans zones commerciales et de l'industrie légère De CB-45 à CB-55
Appareils VL + HS ou VS	-17 dB(A)	-25 dB(A)	Grands bureaux et magasins nécessitant des conditions d'écoute acceptables De CB-35 à CB-40
Appareil VL + HD	-21 dB(A)	-29 dB(A)	Bonnes conditions d'écoute, environnement résidentiel De CB-30 à CB-35

Les atténuations acoustiques indiquées sont exprimées sous forme de données de pression acoustique à 15 m de la prise d'air.
De jour : vitesse maximale de ventilation. De nuit : vitesse de ventilation réduite de moitié.

Applications intérieures

Compte tenu de sa hauteur limitée, l'appareil de refroidissement évaporatif VL est le choix idéal pour les applications intérieures. Dans ce cas, l'émission sonore et la procédure d'évaluation sont considérablement différentes de celles des installations extérieures ayant une émission sonore en champ libre. Pour les applications intérieures, les niveaux de puissance sonore partielle représentent la meilleure méthode pour décrire l'émission sonore. Les niveaux de puissance sonore partielle représentent l'énergie sonore émise par la source sonore vers une surface plane unidirectionnelle (aspiration et refoulement d'air). Tous les atténuateurs acoustiques destinés aux produits de la série VL à profil bas peuvent être utilisés à l'intérieur.

Les données de puissance sonore partielle relatives aux modèles VL sont le résultat d'essais acoustiques complets réalisés selon la méthode parallélépipédique et décrivent l'émission sonore dans les environnements intérieurs.



Type VS



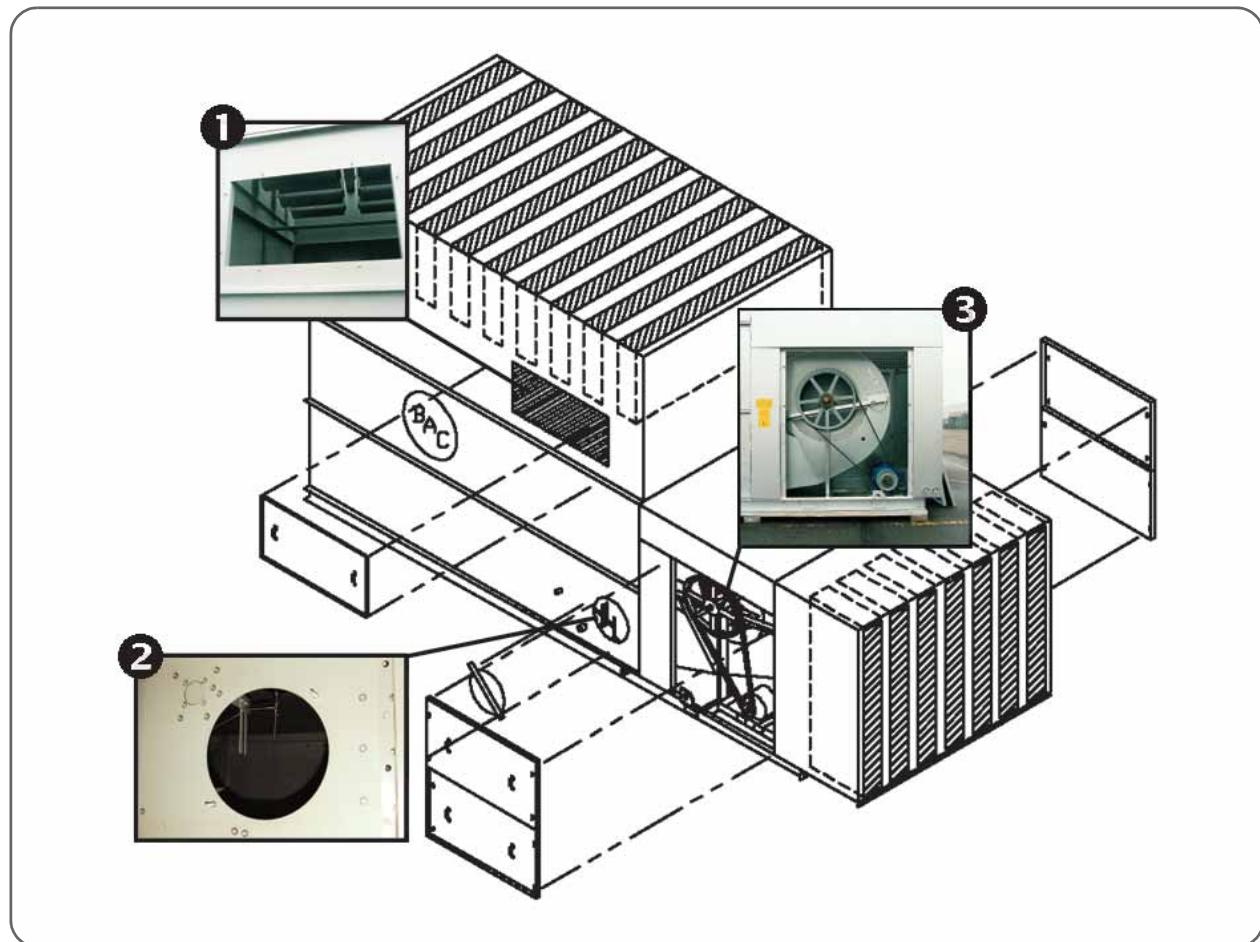
Essais acoustiques - VL



Options d'atténuation

Maintenance aisée

Pour un appareil de refroidissement évaporatif, la maintenance aisée est liée à la facilité d'accès. Tous les atténuateurs acoustiques VL sont conçus pour fournir un accès spacieux à l'intérieur et aux composants de l'appareil nécessitant la maintenance.



1. Trappe d'accès de l'atténuateur de refoulement : la trappe de l'atténuateur de refoulement facilite l'accès au système de pulvérisation et aux baffles de l'atténuateur au refoulement.

2. Trappe d'accès du bassin : trappe circulaire permettant d'accéder au dispositif de réglage du flotteur sphérique et au tamis.

3. Trappes d'accès de l'atténuateur à l'aspiration : grandes trappes doubles installées de chaque côté de l'atténuateur d'aspiration. Démontées, elles permettent d'accéder au moteur de ventilateur et à la transmission de ventilateur ainsi qu'à la pompe de pulvérisation.

Descriptif de fourniture standard

- Atténuateur d'aspiration avec plenum d'accès et grandes trappes d'accès de chaque côté de l'appareil
- Atténuateur de refoulement avec plenum d'accès et trappe d'accès
- Panneau de fond avec vidange (sous la section de ventilation)
- Baffles acoustiques avec tissu souple de protection, encastrées dans un cadre en acier galvanisé protégé par le système de protection anticorrosion BALTIBOND®
- Matériau acoustique résistant à l'eau, à l'attaque biologique et chimique
- Lignes de lubrification prolongées vers la prise d'air de l'atténuateur pour faciliter la lubrification des paliers de l'arbre de ventilateur
- Toutes les pièces en acier sont en acier galvanisé Z600 protégé par BALTIPLUS





Options disponibles

- Toutes les variantes d'atténuateur acoustique VL peuvent être fournies avec le système de protection anticorrosion BALTIBOND®.
- La pompe de pulvérisation peut être réinstallée côté raccordement de la tuyauterie de l'appareil pour faciliter l'accès à la pompe de pulvérisation.
- Les atténuateurs acoustiques peuvent être équipés de grilles côté aspiration et/ou refoulement.
- Une tôle perforée est disponible en option pour renforcer la protection des chicanes.



Déplacement de la pompe de pulvérisation sur l'appareil VL

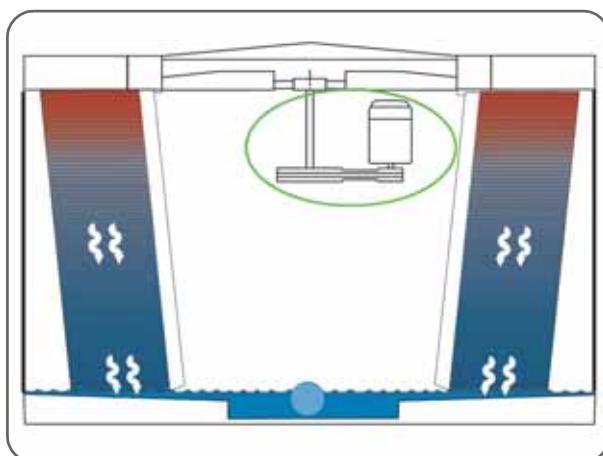
Options d'atténuation acoustique pour ventilateur axial

Solutions silencieuses à haut rendement énergétique

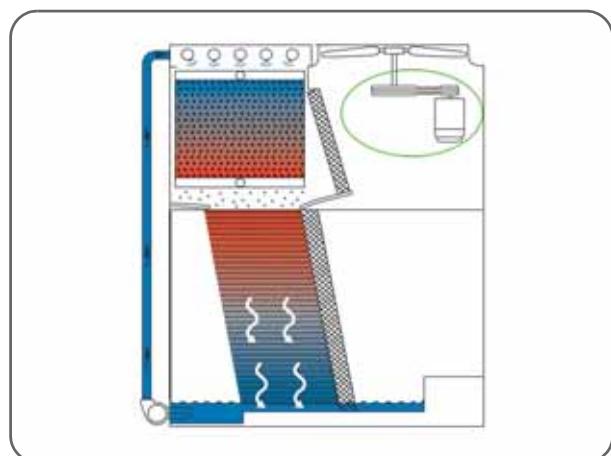
Les tours de refroidissement de la série 3000D, les produits à batterie FXV-D et CXV-D ainsi que les gammes de produits de la série 1500 sont des appareils à ventilateur axial silencieux.

La configuration à tirage induit en courant croisé et en courant combiné de ces gammes de produits présente un certain nombre d'avantages en termes de rendement énergétique et d'émission sonore.

- Le bruit généré par l'eau est réduit au minimum par la distribution d'eau par gravité et l'exécution à courant croisé de la surface de ruissellement, ce qui permet l'écoulement de l'eau dans le bassin d'eau froide sans le bruit d'éclaboussures typique de l'exécution à contre-courant. Cela élimine le besoin d'installer des silencieux coûteux dans la section bassin de l'équipement.
- L' entraînement mécanique est installé à l'intérieur du caisson de la tour de refroidissement.



Gammes de produits des séries 3000-D, FXV-D et CXV-D



Gammes de produits de la série 1500

Options d'atténuation

Ventilateurs peu bruyants standard

Toutes les tours de refroidissement de la série 3000-D, tous les produits à batterie FXV-D, CXV-D et des séries 1500 ainsi que tous les produits hybrides HXI/HXC sont équipés en standard de ventilateurs peu bruyants à haute efficacité. Ces ventilateurs sont dotés de pales ayant une largeur de corde et des bords de fuite spéciaux. Compte tenu de leur faible vitesse périphérique, l'émission sonore de ces ventilateurs est particulièrement faible.



Ventilateur peu bruyant standard sur les produits S3000-D, FXV-D et CXV-D

Ventilateurs ultra silencieux en option

Pour les applications extrêmement sensibles au bruit, il est possible d'utiliser des ventilateurs ultra silencieux à la place des ventilateurs peu bruyants standard.



Tours de refroidissement de la série 3000-D et produits à batterie FXV-D et CXV-D

Les ventilateurs ultra silencieux en option sur les tours de refroidissement de la série 3000-D et les produits à batterie FXV-D et CXV-D sont constitués de plusieurs pales aérodynamiques ayant une largeur de corde exceptionnelle qui offre un remplissage optimal pour un fonctionnement ultra silencieux.



Pales aérodynamiques de forme spéciale



Permettant le réglage individuel ou le démontage à l'arrêt

Gammes de produits de la série 1500

Sur les gammes de produits de la série 1500, les ventilateurs ultra silencieux en option sont constitués d'un moyeu en acier d'une seule pièce et de pales en aluminium montées sur charnière de conception particulière permettant le réglage individuel ou le démontage à l'arrêt.

Les pales de forme spéciale à fort remplissage, dont la conception des extrémités est unique, offrent un fonctionnement ultra silencieux.





Conception unique des extrémités pour une atténuation acoustique accrue



Permettant le réglage individuel ou le démontage à l'arrêt

Atténuateur à tirage induit

Afin de répondre aux besoins acoustiques les plus rigoureux, un dispositif d'atténuation pour les exécutions à tirage induit est disponible en option pour les tours de refroidissement de la série 3000D, les tours à circuit fermé FXV-D et CXV-D et les produits de la série 1500.

Le dispositif est constitué d'une enceinte acoustique pour le cylindre de refoulement du ventilateur et d'un atténuateur à l'aspiration sur chaque prise d'air. Les atténuateurs à l'aspiration ont des baffles acoustiques circulaires uniques disposés en quinconce. Les atténuateurs d'aspiration et de refoulement sont toujours utilisés ensemble pour obtenir des performances acoustiques optimales.

Le dispositif d'atténuation est disponible pour les ventilateurs peu bruyants standard et pour certains modèles spécifiques équipés de ventilateurs ultra silencieux.



1. Atténuateur de refoulement enveloppant la section de ventilation ; 2. Atténuateur d'aspiration (sur chaque prise d'air)

Efficacité des ventilateurs axiaux pour les applications à bas niveau sonore

Les atténuations acoustiques typiques réalisées par les différentes solutions d'atténuation sur les gammes de produits BAC à ventilateur axial (tours de refroidissement de la série 3000-D, produits FXV-D et CXV-D et produits de la série 1500) sont indiquées dans le tableau ci-dessous.

Options d'atténuation

Exécution	Jour	Nuit	Application
Ventilateurs peu bruyants standard	Base	-17 dB(A)	Urbaine et de l'industrie légère
Ventilateurs peu bruyants standard avec atténuation acoustique	-17 dB(A)	-17 dB(A)	Suburbaine et laboratoire
Ventilateurs ultra silencieux	-17 dB(A)	-17 dB(A)	Résidentielle et commerciale
Ventilateurs ultra silencieux avec atténuation acoustique*	-17 dB(A)	-17 dB(A)	Domestique et rurale

* Disponible pour certains modèles uniquement

Descriptif de fourniture

- Les produits standard sont équipés de ventilateurs axiaux peu bruyants comprenant un moyeu en fonte et plusieurs pales en aluminium à inclinaison réglable. Les pales des ventilateurs ont une largeur de corde spéciale et des bords de fuite pour optimiser le débit d'air et réduire le bruit au minimum.
- Les ventilateurs ultra silencieux montés en option sur les modèles de la série 3000D et sur les modèles FXV-D et CXV-D ont des pales aérodynamiques en plastique renforcé à la fibre de verre. Les pales sont fixées sur un moyeu en acier plastifié par des supports en aluminium et serrées par des boulons en U pour faciliter l'assemblage sur site.
- Les ventilateurs ultra silencieux montés en option sur les produits de la série 1500 (TXV, FXV, CXV) sont constitués d'un moyeu en acier d'une seule pièce et de pales de forme spéciale en aluminium montées sur charnière facilitant l'assemblage sur site avec extrémités de conception unique.
- L'enceinte de l'atténuateur de refoulement assemblée en usine (expédiée démontée pour l'installation sur site) est en acier galvanisé en plein bain de forte épaisseur Z600 revêtu de la protection anticorrosion Baltiplus (peinture extérieure).
- L'atténuateur d'aspiration assemblé et installé en usine est en acier galvanisé en plein bain de forte épaisseur Z600 revêtu de la protection anticorrosion Baltiplus (peinture extérieure). Les baffles acoustiques circulaires conçues pour réduire au minimum la perte de charge sur l'air sont construits avec des matériaux résistants à l'eau, à l'attaque biologique et chimique.

Options

- Grilles de refoulement d'air montées sur l'atténuateur de refoulement
- Grilles d'aspiration d'air montées sur les atténuateurs d'aspiration
- Atténuateurs acoustiques avec système de protection anticorrosion Baltibond® : toutes les pièces en acier galvanisé et les baffles sont protégés par le système de protection anticorrosion Baltibond®.

Recherche et développement

Les propriétés thermiques et acoustiques vont de pair dans l'établissement des performances des appareils de refroidissement évaporatif et doivent donc être établies et évaluées ensemble. La performance thermique des appareils BAC est vérifiée au Centre de recherche et développement BAC, le plus avancé de l'industrie. De grandes chambres d'essais de conditions ambiantes et de systèmes de réfrigération sont à même de simuler un large éventail de conditions climatiques et de fonctionnement sur des appareils de taille réelle. Les essais acoustiques sont réalisés pour l'équipement, avec et sans atténuation acoustique, dans différentes directions, distances et vitesses de ventilation. Chez BAC, les programmes d'essais thermiques et acoustiques vont de pair, fournissant ainsi des données fiables pour un large éventail de conditions ambiantes et de fonctionnement.



Test d'évaluation thermique



Essai acoustique

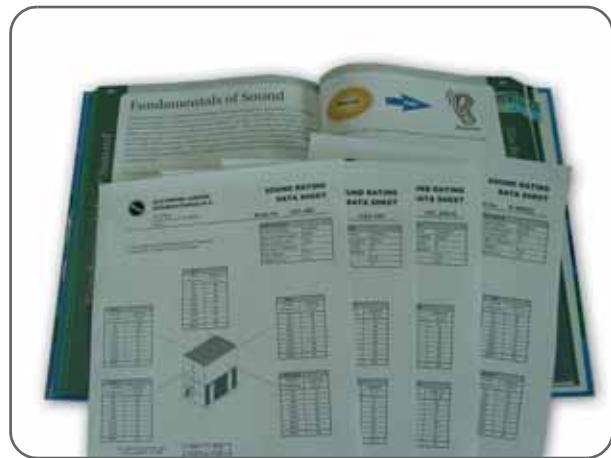




Sources Techniques

Fiches de données acoustiques BAC

Pour les appareils typiques, BAC fournit des données de pression acoustique par bande de fréquences et des données de puissance sonore pour les quatre côtés et le sommet de l'appareil. Pour les applications intérieures, BAC fournit des données de puissance sonore partielle côtés aspiration et refoulement. Pour plus d'informations sur l'acoustique, voir le chapitre « Principes de base du bruit ».



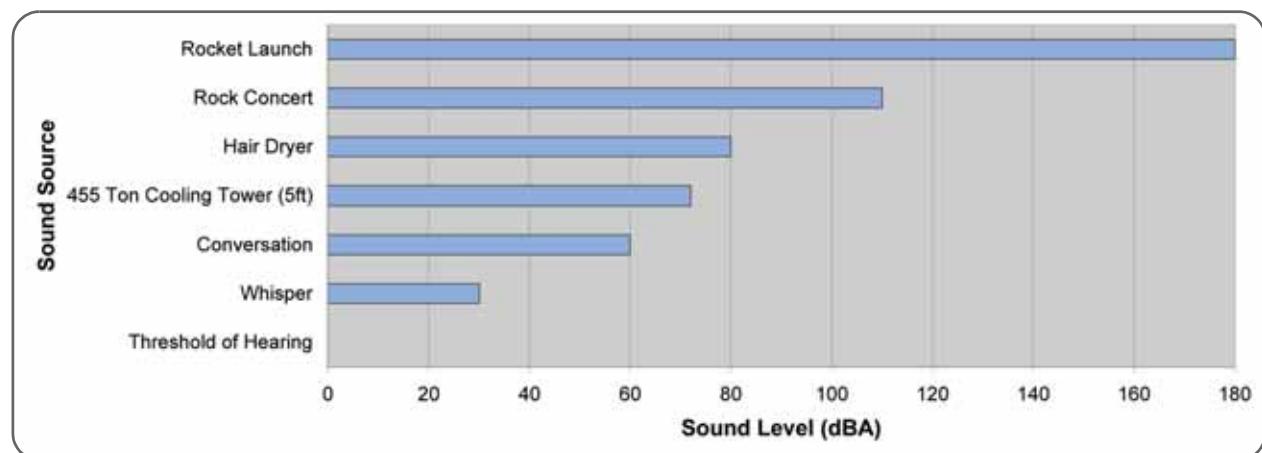
Principes de base du bruit

Introduction

Le bruit est un facteur important dans la sélection de l'équipement mécanique. L'objet de cet article est de présenter une procédure d'évaluation des niveaux acoustiques générés par l'équipement de refroidissement pour déterminer si ces niveaux seront acceptables pour le voisinage* qui vit ou travaille près de l'installation. De plus, les niveaux acoustiques doivent être conformes aux règlements et usages locaux. Alors que la plupart de ces niveaux sont considérés comme acceptables, certaines situations peuvent nécessiter des niveaux acoustiques inférieurs à ceux qui sont produits par l'équipement. Il revient alors au constructeur, à l'ingénieur et au propriétaire de déterminer le meilleur moyen de réduire les niveaux acoustiques pour une installation particulière. Cet article présente un moyen pour évaluer l'impact sonore de l'équipement de refroidissement évaporatif sur le voisinage et un moyen possible pour réduire cet impact s'il pose problème.

La procédure est constituée des trois étapes suivantes, suivies par une quatrième si nécessaire.

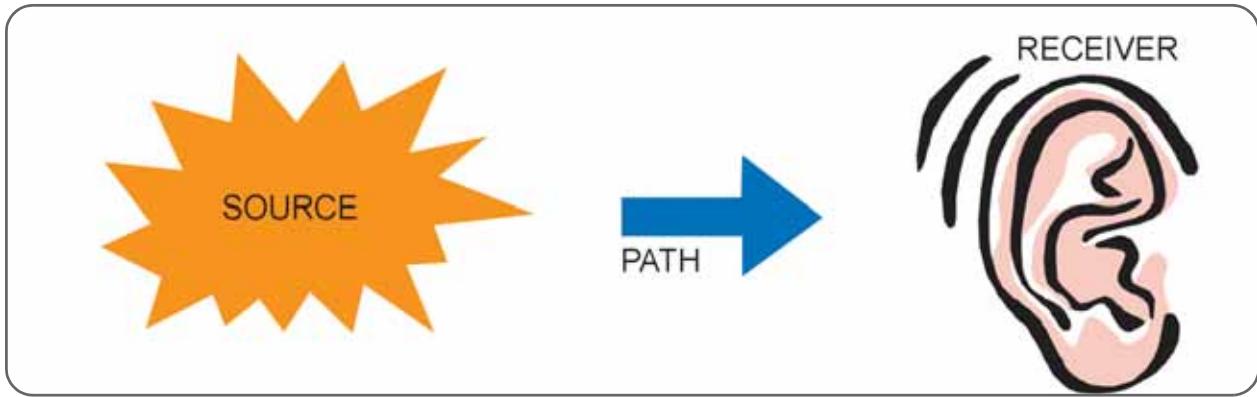
1. Établir le critère de bruit pour l'équipement, à savoir déterminer les niveaux acoustiques qui seront considérés comme acceptables par le voisinage qui y sera exposé. Consulter également les règlements et usages locaux pour les niveaux acoustiques appropriés. Pour avoir une idée générale de la manière dont les niveaux acoustiques produits par une tour de refroidissement sont comparables à un bruit émis par d'autres sources sonores ordinaires, voir le graphique ci-dessous.



2. Estimer les niveaux acoustiques qui seront produits par l'équipement en prenant en compte les effets de la géométrie de l'équipement, l'installation et la distance entre l'équipement et le voisinage*.
3. Comparer le critère de bruit avec les niveaux acoustiques prévus pour déterminer si les niveaux acoustiques produits par l'équipement seront acceptables.
4. Si les niveaux acoustiques de l'équipement sont excessifs pour les conditions particulières du site, déterminer une méthode pour modifier la perception que le voisinage aura du bruit. Il existe trois moyens pour modifier les effets qu'un bruit indésirable a sur la personne qui le perçoit :
 - modifier la source sonore ;
 - contrôler la trajectoire du bruit ;
 - ajuster le bruit sur l'attente ou la satisfaction de la personne qui le perçoit sans oublier que le bruit peut être très subjectif et dépend considérablement de la perception de chacun.

Note: *Dans cet article, le terme « voisinage » définit la personne ou le groupe de personnes à protéger contre les niveaux acoustiques excessifs produits par l'équipement de refroidissement évaporatif. Il est bien entendu que ce terme ne comprend pas seulement les occupants d'autres bâtiments, mais aussi les occupants du bâtiment desservi par l'équipement.

Voici, entre autres, des moyens d'ajuster le bruit produit par l'équipement BAC pour que son impact soit plus favorable à la personne qui le perçoit.



- Modifier le lieu d'installation ou la position de l'équipement
- Si possible, ne pas utiliser l'équipement durant les heures critiques (de nuit pour les zones résidentielles et de jour pour les quartiers administratifs)
- Installer un second moteur, un moteur à deux vitesses ou un variateur de fréquence de sorte que l'appareil puisse fonctionner à vitesse réduite lorsque la pleine capacité n'est pas requise
- Utiliser un ventilateur peu bruyant
- Surdimensionner l'équipement et faire tourner le ventilateur à vitesse et puissance réduites
- Construire des barrières antibruit (murs antibruit, etc.) ou utiliser des barrières existantes (arbres, autres bâtiments, etc.) lors de la planification du lieu d'installation de l'équipement
- Installer des atténuateurs acoustiques (côtés aspiration et refoulement de l'équipement)

Cet article comprend également plusieurs annexes qui permettent de mieux comprendre et réaliser certains aspects d'une analyse acoustique. Contacter le représentant BAC Balticare local pour toute question relative à l'analyse acoustique ou tout problème acoustique spécifique à une installation.

Terminologie et unités de mesure

La terminologie et les unités de mesure ci-après sont utilisées dans cet article conformément aux normes européennes reconnues.

Décibel (dB) – Unité de mesure utilisée dans le contrôle du bruit (sans dimension, elle exprime logarithmiquement l'intensité sonore par rapport à un niveau de référence).

dB(A) – Niveau de pression acoustique de pondération A.

Équipement de refroidissement – Dans cet article, il représente toutes les gammes de produits BAC dans l'analyse acoustique (dont tours de refroidissement à circuit ouvert, tours de refroidissement à circuit fermé, condenseurs évaporatifs, aéroréfrigérants et refroidisseurs adiabatiques).

Fréquence – Nombre de répétitions par unité de temps (l'unité de mesure de la fréquence est le Hertz (1 cycle/s)).

Hertz – Abrégée par Hz, unité de mesure de la fréquence en « cycles par seconde ».

Bruit – Son indésirable.

Critère de bruit – Niveau(x) de pression acoustique maximum admissible(s) (Lp) dans un endroit spécifié. Le critère de bruit peut être exprimé sous forme de valeur globale unique ou de bandes de fréquences individuelles. Les valeurs et courbes de CB sont présentées plus en détail dans cet article.

Bandes de fréquences – Plage de fréquences sonores dont la limite supérieure est le double de la limite inférieure. Les bandes sont identifiées par leurs fréquences centrales (« fréquences d'identification »), qui correspondent à la racine carrée du produit de la limite supérieure et inférieure des fréquences d'une bande passante. Ces fréquences centrales et ces largeurs de bandes sont indiqués dans le tableau suivant. Dans certains tableaux de données acoustiques, ces huit bandes de fréquences sont également appelées par leur « numéro de bande » ; par conséquent, l'appellation « numéro de bande » figure également dans cet article, ainsi que dans le programme d'évaluation acoustique BAC et dans le logiciel de sélection BAC.

Son – Sensation perçue par l'oreille ; petites fluctuations rapides auxquelles l'oreille est plus ou moins sensible ; petite perturbation des conditions ambiantes d'un média (air ambiant dans la plupart des cas) qui se propage à une vitesse spécifique au média.

Niveau de pression acoustique (Lp) en dB – Pression acoustique par rapport à une pression de référence, définie par : $Lp = 20\log(P/0,0002\text{dB})$, référence 0,0002 microbar.

La pression de référence utilisée dans cet article est la valeur utilisée depuis longtemps et acceptée de 0,0002 microbar. Une autre manière de décrire cette valeur, qui peut être utilisée dans d'autres publications, est la valeur de 20×10^{-6} Pascals (N/m^2).

Niveau de puissance sonore (Lw) en dB – Mesure de la puissance sonore totale émise par une source donnée, définie par :

$Lw = 10\log(W/10^{-12})\text{dB}$, référence 10^{-12} .

La puissance de référence standard utilisée dans la littérature BAC est de 10^{-12} watts. Pour éviter toute éventuelle confusion, la puissance de référence doit toujours être citée comme « un niveau de puissance sonore de 94 dB, référence 10^{-12} watts ».

Appareil – Une seule cellule d'un équipement de refroidissement.

Établissement du critère de bruit

Introduction

Au début de toute analyse acoustique, il est nécessaire d'établir le niveau acoustique sur un site particulier, qui sera considéré comme acceptable par ceux qui pourraient en être affectés. Ce niveau acoustique acceptable est appelé « critère de bruit » pour cette situation-là et il est important de comprendre qu'il peut varier considérablement selon les situations.

La procédure de développement du critère de bruit implique la prise en compte des facteurs suivants :

1. le type d'activité des personnes se trouvant au voisinage de l'équipement de refroidissement évaporatif qui seront affectées par son bruit ;
2. la quantité d'atténuation acoustique offerte par les barrières ou murs antibruit qui séparent l'équipement des personnes susceptibles de percevoir son bruit ;
3. le bruit de fond extérieur qui peut aider à couvrir le bruit de l'équipement.

Ces facteurs permettent d'obtenir le critère de bruit final pour une installation particulière.

Le bruit perçu par l'oreille humaine couvre une plage de fréquences d'environ 20 Hz à environ 20.000 Hz. Naturellement, il existe des exceptions, mais cette plage est acceptée pour la plupart des applications pratiques. De plus, pour la plupart des applications techniques, cette plage est subdivisée en huit bandes de fréquences, appelées « octaves », qui couvrent la plage de fréquences un peu comme les octaves d'un piano couvrent la plage des tons. Les huit bandes de fréquences utilisées dans cet article possèdent les fréquences d'identification et les plages de fréquences ci-dessous.

Numéro de bande	Fréquence d'identification (Hz)	Plage de fréquences approx. (Hz)
1	63	44-88
2	125	88-176
3	250	176-353
4	500	353-707
5	1000	707-1414
6	2000	1414-2828
7	4000	2828-5656
8	8000	5656-11312

Lorsqu'ils sont tracés sur un graphique, les niveaux acoustiques sont généralement divisés en ces huit bandes de fréquences. Cela permet d'observer la variation d'un niveau acoustique en fonction du changement de fréquence. Cette variation est importante dans toutes les situations car les êtres humains ont une sensibilité et une réaction différentes pour les sons à basse fréquence et pour les sons à haute fréquence. De plus, les solutions techniques aux problèmes posés par les sons à basse fréquence diffèrent remarquablement de ceux que posent les sons à haute fréquence.

Activités intérieures du voisinage

Une série de « courbes de critère de bruit » (courbes de « CB ») a été développée à partir d'anciennes études de situations réelles, dans lesquelles les personnes ont jugé les sons « confortables », « acceptables », « gênants », voire « inacceptables » pour différentes activités exercées à l'intérieur dans le cadre du travail ou de la vie courante. La figure





1 est un graphique de ces courbes de « CB ». Chaque courbe représente un équilibre acceptable entre niveaux acoustiques à basse fréquence et à haute fréquence pour des situations particulières et elle est appliquée aux conditions d'écoute associées au bruit. Les courbes inférieures de CB décrivent des niveaux acoustiques suffisamment bas pour se reposer, dormir ou offrir d'excellentes conditions d'écoute alors que les courbes supérieures de CB décrivent des zones de travail plutôt bruyantes, où même une conversation devient difficile et limitée. Ces courbes peuvent servir à poser des objectifs de niveaux acoustiques pour presque tous les espaces fonctionnels intérieurs typiques dans lesquels certains besoins acoustiques doivent être satisfaits.

Noter que sur les courbes de la figure 1, l'axe x représente les bandes de fréquences et l'axe y les niveaux de pression acoustique exprimés en décibels (dB) relativement à la pression de référence standard de 0,0002 microbar. Par commodité, le tableau 1 indique les niveaux de pression acoustique par fréquence d'identification de chaque bande de fréquences pour chaque critère de bruit.

Tableau 1: Niveaux de pression acoustique par bande de fréquences (dB relativement à 0,0002 microbar) des courbes de critère de bruit (« CB ») de la figure 1

critère de bruit	Fréquence d'identification des bandes de fréquences en Hz							
	63	125	250	8500	1000	2000	4000	8000
CB-15	47	36	29	22	17	14	12	11
CB-20	51	40	33	26	22	19	17	16
CB-25	54	44	37	31	27	24	22	21
CB-30	57	48	41	35	31	29	28	27
CB-35	60	52	45	40	36	34	33	32
CB-40	64	56	50	45	41	39	38	37
CB-45	67	60	54	49	46	44	43	42
CB-50	71	64	58	54	51	49	48	47
CB-55	74	67	62	58	56	54	53	52
CB-60	77	71	67	63	61	59	58	57
CB-65	80	75	71	68	66	64	63	62

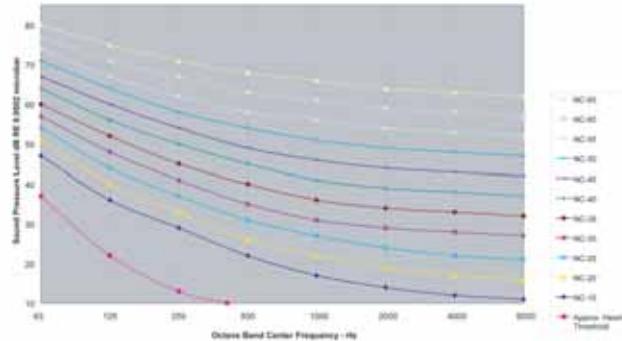


Figure 1 – Courbes de critère de bruit « CB ». Niveaux de pression acoustique par bande de fréquences associés aux conditions de critère de bruit du tableau 2.

Le tableau 2 est utilisé avec les courbes de CB et indique quelques activités typiques requérant des niveaux de bruit de fond intérieur compris entre CB-15 et CB-55. Il est probable que certaines conditions acoustiques inhabituelles ne puissent pas appartenir à l'un des groupes du tableau 2. Il peut être nécessaire d'appliquer un critère spécifique à ces situations particulières ou d'assigner un critère basé sur la similarité à l'un des critères indiqués dans le tableau.

Soulignons que les courbes de CB sont basées sur et doivent être utilisées uniquement pour les activités intérieures.

La première étape du développement du critère de bruit de l'équipement de refroidissement évaporatif consiste à sélectionner dans le tableau 2 l'activité particulière qui décrit au mieux ce que le « voisinage » intérieur de l'équipement fait durant le fonctionnement de l'équipement. Lorsqu'au moins deux conditions de voisinage sont applicables,

selectionner celle qui présente la valeur de CB la plus basse. Les valeurs de CB correspondantes de la figure 1 ou du tableau 1 indiquent les niveaux de pression acoustique par bande de fréquences, en décibels, pour cette sélection. L'objectif est que la perception que le voisinage, dans sa maison ou son immeuble, a du bruit, reste à ces niveaux de pression acoustique ou en dessous.

Tableau 2: Plages de critère de bruit suggérées pour les activités intérieures du voisinage*

ACTIVITÉS	PLAGES DE CRITÈRE DE BRUIT SUGGÉRÉES
Sommeil, repos, détente	
Maisons, appartements, hôtels, hôpitaux, etc. Zones suburbaines et rurales Zones urbaines	De CB-20 à CB-25 De CB-25 à CB-30
Nécessité d'excellentes conditions acoustiques	
Salles de concert, studios d'enregistrement, etc.	De CB-15 à CB-20
Nécessité de très bonnes conditions acoustiques	
Auditoriums, théâtres Grandes salles de réunion et de conférence	De CB-20 à CB-25 De CB-25 à CB-30
Nécessité de bonnes conditions acoustiques	
Bureaux, salles de classe, bibliothèques, petites salles de conférence, radio et télévision utilisées chez soi, etc.	De CB-30 à CB-35
Désir de bonnes conditions acoustiques	
Grands bureaux, restaurants, petits et grands magasins, etc.	De CB-35 à CB-40
Acceptation de conditions acoustiques plus ou moins bonnes	
Espaces équipés de machines de bureau, halls, cafétérias, laboratoires, bureaux d'études, utilisation satisfaisante du téléphone, etc.	De CB-45 à CB-55
Conditions de travail acceptables avec interférence minimale dans les conversations	
Espaces équipés de petites à grosses machines, zones industrielles, zones commerciales telles que garages, cuisines, blanchisseries, etc.	De CB-45 à CB-55

Note: * Le guide ASHRAE indique habituellement des valeurs de critère de bruit sur une plage de 10 dB pour chaque situation, laissant l'utilisateur libre de sélectionner la valeur de CB spécifique à ses propres besoins. Afin de remplir plus sûrement des conditions satisfaisantes pour le voisinage, les valeurs sont indiquées dans le tableau 2 sur une plage de 5 dB, plus basse que celle du guide ASHRAE.

Atténuation acoustique fournie par les bâtiments

Qu'il soit à l'intérieur ou à l'extérieur, le voisinage peut entendre le bruit produit par l'équipement extérieur. S'il est à extérieur, il peut juger ce bruit par rapport au bruit de fond plus ou moins constant de la zone. S'il est à l'intérieur, il peut avoir tendance à juger ce bruit en fonction du fait qu'il est perceptible, identifiable ou intrusif.

Lorsque le bruit extérieur entre dans un bâtiment, il est quelque peu atténué, même si le bâtiment a des fenêtres ouvertes. La quantité réelle d'atténuation acoustique dépend de la construction du bâtiment, de son orientation, de la superficie de ses murs et de ses fenêtres, dont celles qui sont ouvertes, de son absorption acoustique intérieure et, éventuellement, d'autres facteurs. Les valeurs d'atténuation acoustique approximative fournies par nombre de constructions de bâtiments typiques sont indiquées dans le tableau 3.

Pour faciliter leur identification, les types de murs de construction sont représentés par les lettres de A à G et sont décrits dans les notes figurant sous le tableau 3. Noter que A représente l'absence de murs, donc l'absence d'atténuation acoustique, et que l'utilisation de A indique que la courbe de CB sélectionnée s'appliquerait dans ce cas particulier à une activité extérieure comme celle qui se déroule sous un porche grillagé, sur une terrasse de restaurant ou un balcon.

En sélectionnant dans le tableau 3 le mur de construction qui représente au mieux celui du bâtiment où se déroule l'activité du voisinage et en ajoutant, pour chaque bande de fréquences, la quantité d'atténuation acoustique indiquée dans le tableau 3 aux courbes de CB intérieur, on obtient les niveaux de pression acoustique extérieure qui donneraient les valeurs de CB intérieur voulues lorsque le bruit de l'équipement traverse le mur et entre dans le bâtiment. Cette seconde étape fournit ensuite un « critère de bruit extérieur provisoire » basé sur la perception du bruit à l'intérieur du bâtiment du voisinage.




Tableau 3: Atténuation acoustique approximative (en dB) fournie par un mur extérieur de construction typique

Bande de fréquences (Hz)	Type de mur (voir notes ci-dessous)						
	A	B	C	D	E	F	G
63	0	10	13	19	14	24	32
125	0	10	14	20	20	25	34
250	0	10	15	22	26	27	36
500	0	10	16	24	28	30	38
1000	0	10	17	26	29	33	42
2000	0	10	18	28	30	38	48
4000	0	10	19	30	31	43	53
8000	0	10	20	30	33	48	58

A : pas de murs ; conditions extérieures

B : toute construction typique avec fenêtres ouvertes couvrant environ 5 % de la superficie des murs extérieurs

C : toute construction typique avec petits événements ouverts couvrant environ 1 % de la superficie des murs extérieurs et toutes les fenêtres fermées

D : toute construction typique avec fenêtres fermées mais utilisables couvrant environ 10-20 % de la superficie des murs extérieurs

E : construction en verre étanche de 6 mm d'épaisseur couvrant environ 50 % de la superficie des murs extérieurs

F : construction en dur d'environ 100 kg/m² sans fenêtres ni fissures ou ouvertures

G : construction en dur d'environ 250 kg/m² sans fenêtres ni fissures ou ouvertures

Bruit de fond extérieur

Dans un espace extérieur relativement bruyant, il est possible que le bruit de fond extérieur soit encore plus important que le « critère de bruit extérieur provisoire ». Dans ce cas, le bruit de fond constant de cet espace peut couvrir le bruit de l'équipement de refroidissement évaporatif et devenir le critère de bruit extérieur dominant. Déterminer si cette situation existe ou non est la troisième étape du développement du critère de bruit.

Pour ce faire, le meilleur moyen est de prendre quelques mesures des niveaux de pression acoustique pour obtenir la moyenne des niveaux de bruit de fond minimum durant les intervalles les plus silencieux dans lesquels l'équipement devrait fonctionner ou durant les intervalles dans lesquels le voisinage risque le plus de se plaindre du bruit comme, par exemple, de nuit, dans les zones résidentielles où un équipement de refroidissement fonctionne de nuit, ou de jour, dans les quartiers administratifs exposés au bruit d'un équipement de refroidissement fonctionnant de jour.

S'il n'est pas possible de prendre des mesures des niveaux de bruit de fond, utiliser les tableaux 4 et 5 et la figure 2 pour estimer le bruit de fond extérieur approximatif. Dans le tableau 4, déterminer la condition qui décrit le mieux l'espace public ou la circulation automobile au voisinage de l'équipement de refroidissement évaporatif durant l'intervalle le plus silencieux dans lequel il fonctionnera. Pour la condition sélectionnée, une courbe sur la figure 2 donne une estimation de la moyenne des niveaux de bruit de fond extérieur minimum. Les niveaux de pression acoustique des courbes de la figure 2 figurent également dans le tableau 5.

Signalons que ces estimations doivent être utilisées uniquement comme des niveaux de bruit de fond approximatifs et que les conditions locales peuvent donner lieu à une vaste gamme de niveaux acoustiques réels.

Tableau 4: Estimation du bruit de fond extérieur en fonction du type d'espace public et de circulation automobile à proximité

CONDITION	N° DE COURBE de la FIGURE 2 ou du TABLEAU 5
1. Nuit, zone rurale ; pas de grande circulation à proximité	1
2. Jour, zone rurale ; pas de grande circulation à proximité	2
3. Nuit, zone suburbaine ; pas de grande circulation à proximité	2
4. Jour, zone suburbaine ; pas de grande circulation à proximité	3
5. Nuit, zone urbaine ; pas de grande circulation à proximité	3
6. Jour, zone urbaine ; pas de grande circulation à proximité	4
7. Nuit, quartier administratif ou zone commerciale	4
8. Jour, quartier administratif ou zone commerciale	5
9. Nuit, zone industrielle ou de production	5
10. Jour, zone industrielle ou de production	6

Principes de base du bruit

CONDITION	N° DE COURBE de la FIGURE 2 ou du TABLEAU 5
11. À 100 m au plus d'une faible circulation intermittente	4
12. À 100 m au plus d'une faible circulation continue	5
13. À 100 m au plus d'une circulation continue moyennement intense	6
14. À 100 m au plus d'une circulation continue très intense	7
15. De 100 à 300 m d'une faible circulation intermittente	3
16. De 100 à 300 m d'une faible circulation continue	4
17. De 100 à 300 m d'une circulation continue moyennement intense	5
18. De 100 à 300 m d'une circulation continue très intense	6
19. De 300 à 600 m d'une faible circulation intermittente	2
20. De 300 à 600 m d'une faible circulation continue	3
21. De 300 à 600 m d'une circulation continue moyennement intense	4
22. De 300 à 600 m d'une circulation continue très intense	5
23. De 600 à 1.200 m d'une faible circulation intermittente	1
24. De 600 à 1.200 m d'une faible circulation continue	2
25. De 600 à 1 200 m d'une circulation continue moyennement intense	3

(Déterminer les conditions appropriées qui semblent décrire au mieux la zone en question durant l'intervalle le plus critique, à savoir le jour ou la nuit. Puis se reporter au n° de courbe correspondant de la figure 2 ou du tableau 5 pour savoir quelle moyenne de niveaux de bruit de fond minimum utiliser dans l'analyse acoustique. Utiliser le n° de courbe le plus bas lorsque plusieurs conditions semblent appropriées.)

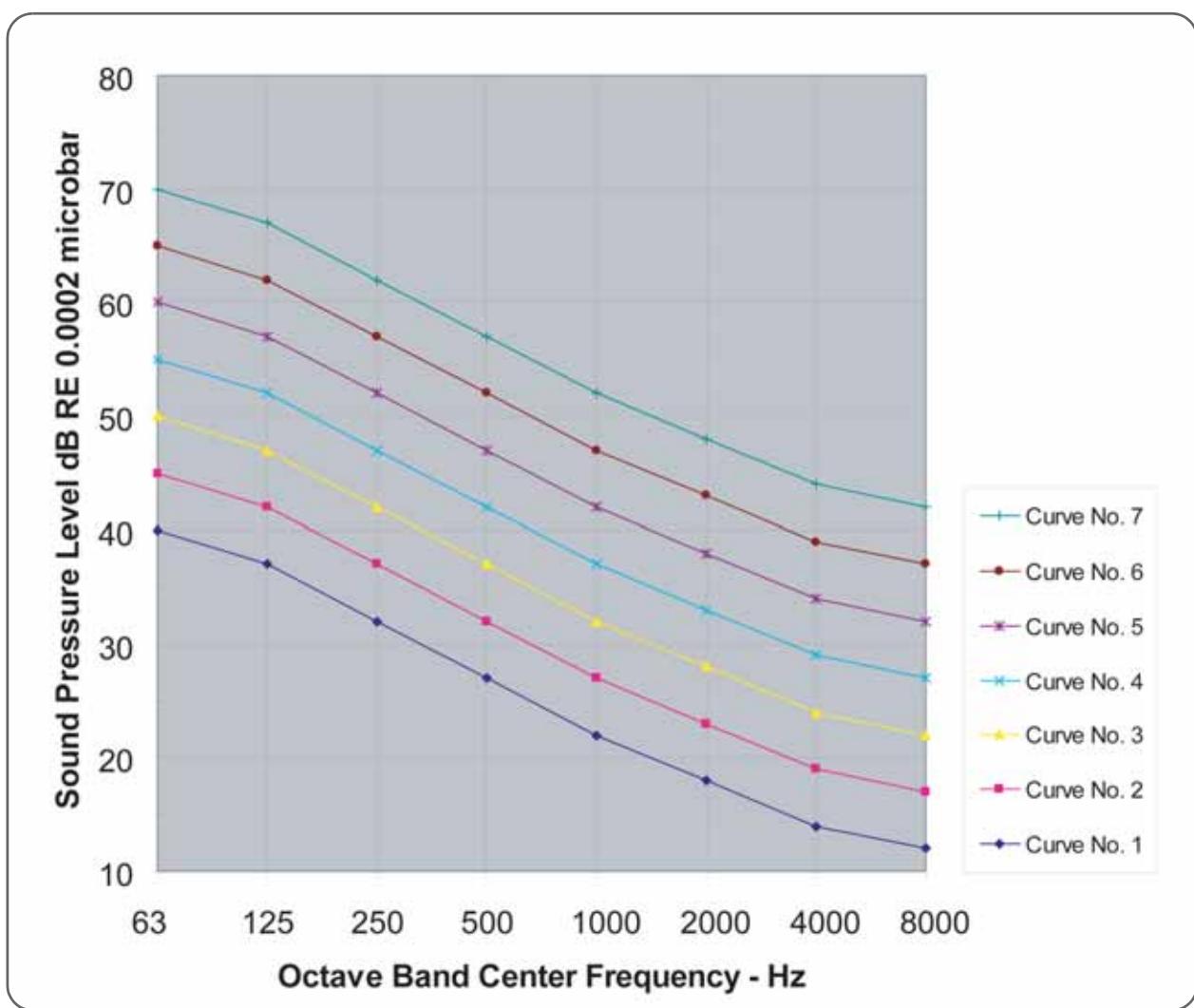


Figure 2 : Moyenne approximative des niveaux de bruit de fond extérieur minimum associée aux conditions du tableau 4.



Tableau 5: Niveaux de pression acoustique par bande de fréquences (en dB) des courbes de bruit de fond extérieur de la figure 2

N° de COURBE de la FIGURE 2	BANDE DE FRÉQUENCES en Hz							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	40	37	32	27	22	18	14	12
2	45	42	37	32	27	23	19	17
3	50	47	42	37	32	28	24	22
4	55	52	47	42	37	33	29	27
5	60	57	52	47	42	38	34	32
6	65	62	57	52	47	43	39	37
7	70	67	62	57	52	48	44	42

Critère de bruit final

La moyenne mesurée ou estimée des niveaux de bruit de fond minimum doit ensuite être comparée, pour chaque bande de fréquences, au « critère de bruit extérieur provisoire » précédemment déterminé. La plus grande de ces valeurs, dans chaque bande de fréquences, devient alors la valeur des niveaux de pression acoustique par bande de fréquences qui comprend le « critère de bruit extérieur final » pour l'installation de l'équipement.

Tout nouveau bruit intrusif est généralement jugé par rapport au bruit de fond déjà présent. Si le nouveau bruit est plus fort que le bruit existant, le voisinage le notera, en sera gêné et s'en plaindra. D'autre part, si le nouveau bruit est difficilement perceptible en présence du bruit existant, il passera relativement inaperçu. Par conséquent, si le bruit produit par l'équipement est inférieur ou à peine égal au critère de bruit final, on ne le remarquera pas et nos objectifs seront atteints.

En présence d'au moins deux critères pour une installation particulière, faire l'analyse pour chaque situation et utiliser le critère final le plus bas.

Règlements et arrêtés municipaux

En présence de règlements ou d'arrêtés municipaux en matière d'acoustique, il est nécessaire de vérifier les niveaux acoustiques prévus de l'appareil à installer, contrôle du bruit compris, pour déterminer s'ils sont conformes à la législation locale. Selon la forme et le langage de la législation, il peut être nécessaire d'introduire les niveaux acoustiques de la législation dans l'analyse du critère de bruit.

Exemple

Pour résumer cette procédure, considérer une tour de refroidissement installée en bordure d'un campus universitaire, à environ 91 m d'un bâtiment de salles de classe. Le campus se trouve dans une grande ville et deux grandes rues passent par un angle du campus, à environ 450 m du bâtiment de salles de classe. La tour de refroidissement sera utilisée de jour comme de nuit par temps chaud. Les fenêtres des salles de classe doivent être ouvertes pour assurer l'aération. Déterminer le critère de bruit pour la tour de refroidissement.

Les étapes à suivre pour cet exemple sont indiquées dans le modèle de fiche d'évaluation acoustique, en annexe D de cet article.

Étape 1 Déterminer l'activité du voisinage à partir du tableau 2. Pour de « bonnes conditions acoustiques » dans une salle de classe typique, sélectionner le critère de bruit CB-30.

Étape 2 Dans les espaces indiqués sous le point 2 de la fiche d'évaluation acoustique, insérer les niveaux de pression acoustique par bande de fréquences de la courbe de CB-30 comme indiqué sur la figure 1 ou dans le tableau 1.

Étape 3 Déterminer le type de mur du tableau 3 qui décrit au mieux les murs extérieurs de la salle de classe. Le type de mur B peut être sélectionné pour des fenêtres habituellement ouvertes en été. Insérer les valeurs du type de mur B dans les espaces du point 3.

Étape 4 Ajouter les valeurs des étapes 2 et 3 et insérer leur somme dans les espaces du point 4. Il s'agit du « critère de bruit extérieur provisoire ».

Étape 5 Dans les espaces du point 5, insérer la moyenne mesurée des niveaux de bruit de fond minimum ou les niveaux de bruit de fond estimés figurant sur la figure 2 et dans les tableaux 4 et 5. Dans cet exemple, on estime que la circulation

est représentée au mieux par « De 305 à 610 m d'une circulation continue très intense ». On obtiendra la courbe 5 de la figure 2 et du tableau 5, dont les valeurs seront insérées dans les espaces du point 5.

Étape 6 Dans les espaces du point 6, insérer la plus grande valeur, dans chaque bande de fréquences, du point 4 ou du point 5. Il s'agit du « critère de bruit final ».

Dans cet exemple, noter que les valeurs du point 4 sont supérieures ou égales aux valeurs du point 5 dans toutes les bandes de fréquences. Le critère de bruit final dépend donc essentiellement du critère de bruit de la salle de classe et du type de mur. Cependant, les niveaux de bruit de fond extérieur estimés sont égaux au « critère de bruit extérieur provisoire » dans les bandes de 250 et de 500 Hz. Dans cet exemple, si ces valeurs avaient été supérieures, elles auraient été utilisées pour définir les critère de bruit final dans ces bandes-là.

Tentons de maintenir tous les niveaux de pression acoustique par bande de fréquences de la tour de refroidissement sélectionnée égaux, ou inférieurs, aux valeurs de l'étape 6. L'existence de règlements et usages en matière d'acoustique représentera un bon point dans l'analyse pour s'assurer de la correspondance entre ces règlements et usages et le critère de bruit extérieur final de l'étape 6. Si le critère développé ici est inférieur aux niveaux acoustiques des règlements et usages à la distance spécifiée, l'analyse acoustique donnera des résultats qui seront conformes aux règlements et usages.

Les étapes restantes de cet exemple d'évaluation acoustique sont expliquées plus avant dans cet article alors que nous progresserons dans la procédure d'évaluation acoustique.

Niveaux acoustiques de l'équipement de refroidissement

Introduction

Maintenant que nous avons établi un critère de bruit acceptable, l'étape suivante consiste à étudier la source sonore et à développer les niveaux acoustiques de l'équipement pour le voisinage dans les mêmes termes de niveaux de pression acoustique utilisés pour exprimer le critère de bruit. L'objectif de cette section sera de discuter des niveaux de pression acoustique réels de l'équipement de refroidissement évaporatif BAC et de montrer comment ces niveaux peuvent être corrigés pour différentes distances et certaines dispositions géométriques.

L'orientation de l'équipement et la distance entre l'équipement et le « voisinage le plus critique » sera notre premier souci. Si possible, la distance entre l'équipement et le voisinage devra être maintenue au maximum et l'équipement devra être orienté de sorte que ses plus bas niveaux de pression acoustique soient émis en direction du voisinage.

Les données acoustiques de l'équipement de refroidissement peuvent être définis en termes de niveaux de pression acoustique et de niveaux de puissance sonore, tous deux pouvant être nécessaires pour réaliser une analyse acoustique approfondie dans une situation donnée. Cependant, dans toute évaluation acoustique, les niveaux de pression acoustique par bande de fréquences pour l'équipement proposé sont essentiels et il est important d'avoir une indication plutôt précise des caractéristiques de directivité du bruit de l'équipement.

Pour l'usage général, les niveaux de pression acoustique mesurés dans les quatre directions horizontales (une à partir de chaque côté) de l'appareil, plus la direction verticale au-dessus de l'appareil, fourniront les données de directivité voulues. Les principales conditions pour obtenir les niveaux acoustiques de l'équipement extérieur sont les suivantes :

1. un appareil de mesure acoustique calibré avec précision doit être utilisé ;
2. les niveaux de pression acoustique par bande de fréquences sont impératifs ;
3. les données acoustiques doivent indiquer les effets de directivité réels du bruit de l'appareil (aucun bâtiment ni obstacle à proximité, susceptibles de dévier la trajectoire réelle des sons émis par l'appareil testé) ;
4. la distance de mesure doit être spécifiée.

Certains équipements sont évalués en termes d'émission sonore totale, exprimée sous forme de niveaux de puissance sonore. Les niveaux de puissance sonore constituent un indice valable pour comparer la somme des sons émis par l'équipement de refroidissement évaporatif, mais ont le gros inconvénient de ne pas révéler les effets de directivité des sons émis. Si seuls les niveaux de puissance sonore sont donnés, leur conversion en niveaux de puissance acoustique dans un endroit particulier donnera des résultats moins précis qu'en cas d'utilisation des niveaux de puissance directionnelle. Le bruit généré par l'équipement de refroidissement évaporatif est directionnel et les niveaux de pression acoustique sont nécessaires pour déterminer les sons réels émis dans toutes les directions autour de l'installation.

Système d'évaluation à une seule valeur

Nombre de tentatives ont été faites pour exprimer la fréquence et le niveau de pression (intensité) des sons par un système d'évaluation à une seule valeur. La méthode la plus courante est celle par pondération avec échelles **A-B-C** des appareils de mesure des sons.





Les appareils de mesures des sons à échelles de pondération **A-B-C** tentent de simuler la réaction de l'oreille à différents niveaux de pression acoustique. À un niveau de pression acoustique relativement bas, l'oreille humaine est considérablement plus sensible aux sons à haute qu'à basse fréquence. Cette différence devient toutefois moins nette à des niveaux acoustiques plus hauts, où l'oreille a une sensibilité quasiment identique aux sons à haute et basse fréquence.

La méthode de pondération échelle **A** est conçue pour simuler la réaction de l'oreille aux sons de faible intensité (inférieure à 55 dB environ). La pondération avec échelle **B** est conçue pour simuler la réaction de l'oreille aux sons d'intensité moyenne (de 55 dB à 85 dB environ). La pondération avec l'échelle **C** tend à fournir une réaction quasiment identique pour toutes les fréquences et sert à simuler la réaction de l'oreille aux sons de forte intensité (supérieure à 85 dB environ).

Bandes de fréquences (Hz)	Correction pour l'échelle de pondération A
63	-26
125	-16
250	-9
500	-3
1000	0
2000	+1
4000	+1
8000	-1

Les données avec échelles de pondération **A-B-C** ont été utilisées dans certains arrêtés en matière d'acoustique et pour les données acoustiques des équipements en raison de leur simplicité d'énonciation. Ces données peuvent avoir de la valeur dans certains situations de comparaison acoustique, mais n'en ont pas beaucoup pour l'évaluation technique d'un problème acoustique posé par un équipement de refroidissement évaporatif car elles ne fournissent aucune indication apparente de la fréquence d'un son. Par exemple, deux types de tours de refroidissement pourraient avoir la même position sur l'échelle de pondération **A**, mais l'une d'elles pourrait avoir la majeure partie de son énergie dans les bandes basse fréquence alors que l'autre pourrait avoir son énergie concentrée dans les bandes haute fréquence. Un système d'évaluation à une seule valeur ne donnera aucune indication sur ce fait et son utilisation peut donner lieu à des décisions moins qu'optimales, voire coûteuses.

Comparaison d'un équipement de refroidissement à ventilateur centrifuge et d'un équipement de refroidissement à ventilateur axial

D'après un examen approfondi des données provenant de plusieurs sites d'installation de tours de refroidissement, les niveaux de pression acoustique totale des tours de refroidissement à ventilateur centrifuge sont environ de 5 à 7 dB plus bas que ceux des tours de refroidissement à ventilateur axial pour une même capacité de refroidissement bien que les tours à ventilateur axial utilisent environ la moitié des kilowatts. À titre comparatif, cela signifie qu'une tour de refroidissement à ventilateur axial devrait être deux fois plus loin du voisinage qu'une tour à ventilateur centrifuge afin d'être aussi silencieuse (atténuation de 6 dB pour chaque distance doublée, voir tableau 6). Les bandes de fréquences et les trajectoires d'émission sonore diffèrent également pour ces deux types d'appareils. Pour toute comparaison spécifique des tours de refroidissement, utiliser les données réelles mesurées par le constructeur.

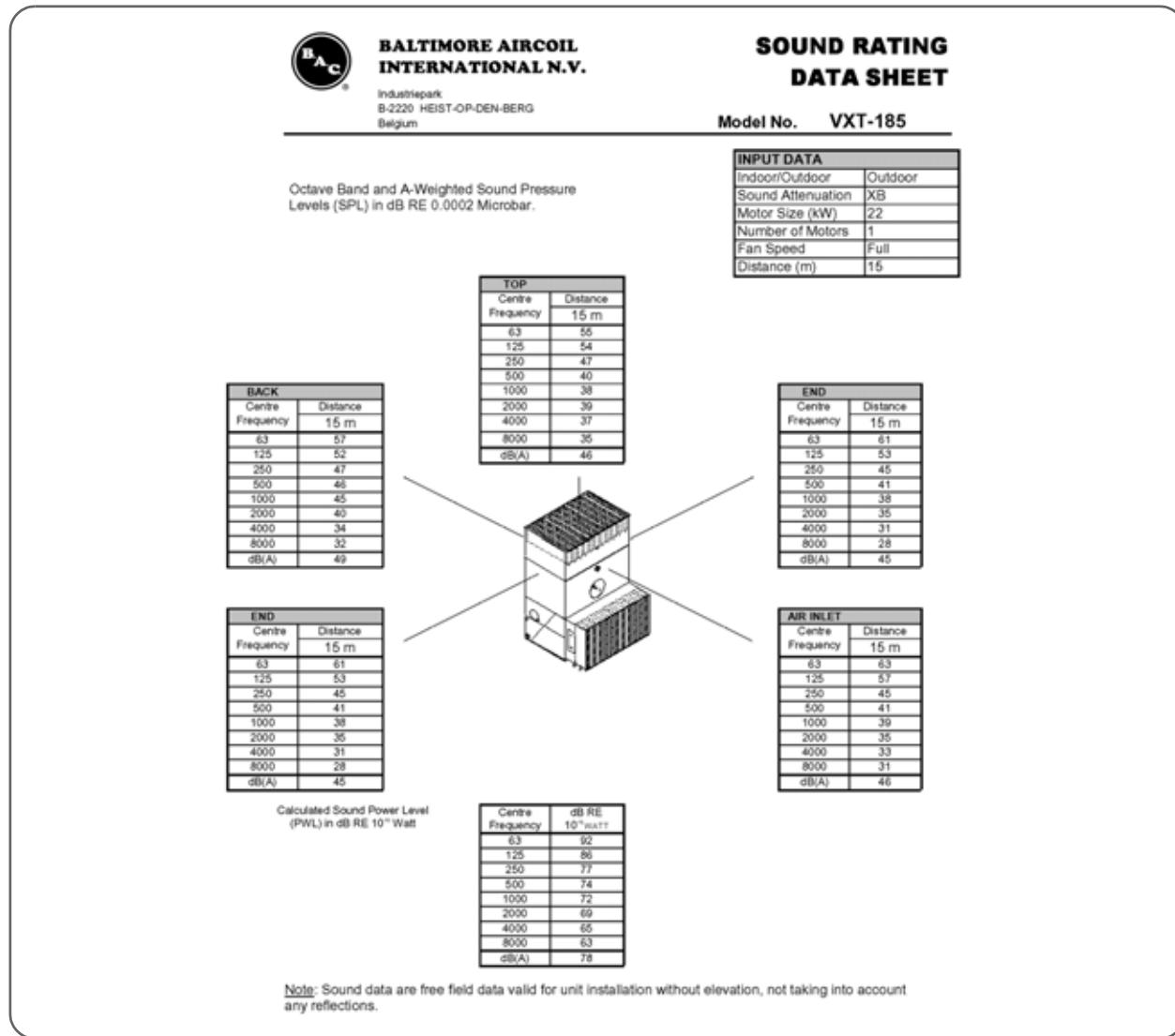
Données acoustiques BAC

BAC a mesuré les niveaux acoustiques émis par ses produits à 1,5 m et 15 m de distance pour les cinq directions de base (quatre horizontales et une verticale). Le modèle de fiche d'évaluation acoustique indique les cinq directions de base et le type de données acoustiques disponibles pour une tour de refroidissement BAC. Comme le suggère la fiche technique, les données indiquées dans les cinq blocs concernent les niveaux de pression acoustique mesurés à 15 m de distance des cinq directions de base de la tour de refroidissement. Si l'on souhaite estimer les niveaux de pression acoustique dans une direction intermédiaire, par exemple à mi-chemin entre le côté droit et la prise d'air, il est possible de faire la moyenne des niveaux ou de les calculer à partir des données réelles.

En plus des cinq blocs relatifs aux niveaux de pression acoustique à chacune des deux distances, la fiche technique contient les niveaux de puissance sonore calculés pour le niveau de puissance de référence de 10^{-12} watts. Les données acoustiques actuelles de tous les équipements BAC sont disponibles auprès des représentants BAC Balticare.

Puisque nous mentionnons ici les niveaux de puissance sonore, il convient de noter que les annexes A, B et C sont ajoutées à la fin de cet article pour fournir des informations de base sur les niveaux de puissance sonore et d'autres calculs qui pourraient être parfois nécessaires à une évaluation acoustique. L'annexe A décrit une méthode simplifiée

pour calculer les niveaux de puissance sonore d'un appareil lorsque les niveaux de pression acoustique sont connus. L'annexe B fournit une procédure pour calculer la moyenne des niveaux de pression acoustique à une distance donnée si les niveaux de puissance sonore sont connus. L'annexe C fournit une procédure simple pour ajouter des décibels. Cela est nécessaire, par exemple, pour convertir des niveaux de pression acoustique en niveaux de puissance sonore ou pour calculer des niveaux de pression acoustique totale à partir des huit bandes de fréquences ou pour ajouter un minimum de deux sources sonores.



Distance de plus de 15 m

Dans toute situation réelle, il est habituellement nécessaire de déterminer les niveaux de pression acoustique de l'équipement à une distance autre que les distances de 1,5 m et 15 m qui figurent sur les fiches d'évaluation acoustique BAC. Cette section fournit des corrections de distance pour estimer les niveaux de pression acoustique au-delà de 15 m.

Pour les distances longues par rapport aux dimensions de l'appareil, la « loi du carré inverse » est valable pour l'atténuation acoustique en fonction de la distance, à savoir pour chaque doublement de distance depuis l'appareil, le niveau de pression acoustique baisse de 6 dB. Ainsi, au-delà de 15 m de distance, la loi du carré inverse s'applique et la correction de la distance est plutôt directe. Le tableau 6 présente l'abaissement du niveau de pression acoustique pour des distances de 15 m à 76 m. Les valeurs indiquées dans le tableau 6 doivent être soustraites des niveaux de pression acoustique à la distance donnée de 15 m afin d'obtenir les niveaux de pression acoustique à la distance voulue.

Pour les distances relativement courtes (moins de 30 m), les mêmes valeurs de correction s'appliquent à toutes les huit bandes de fréquences. Pour les distances plus longues (plus de 30 m), l'énergie sonore à haute fréquence est absorbée par l'air et les valeurs de correction sont plus grandes dans les bandes haute fréquence. Pour les distances supérieures



Baltimore Aircoil



à environ 150 m, le vent et la température de l'air peuvent influencer ultérieurement la propagation du son ; mais s'agissant de variables, elles ne sont pas prises en considération dans cet article et les valeurs de correction du tableau 6 représentent une « moyenne » approximative des conditions de propagation du son.

Si la distance critique est comprise entre les distances spécifiques qui figurent dans la colonne de gauche du tableau 6, interpoler la valeur d'atténuation acoustique à 1 dB près. Ne pas tenter d'utiliser des fractions de décibels.

Tableau 6: Abaissement du niveau de pression acoustique (en dB) au-delà de 15 m de distance

Distance (m)	Fréquence d'identification des bandes de fréquences en Hz							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
15	0	0	0	0	0	0	0	0
20	2	2	2	2	2	2	2	2
25	4	4	4	4	4	4	4	4
30	6	6	6	6	6	6	7	7
37,5	8	8	8	8	8	8	9	10
50	10	10	10	10	10	10	11	12
60	12	12	12	12	12	13	14	15
75	14	14	14	14	14	15	16	18
100	16	16	16	16	16	17	18	21
120	18	18	18	18	19	19	21	24
150	20	20	20	20	21	22	24	27
200	22	22	22	22	23	24	27	31
240	24	24	24	25	25	26	30	35
300	26	26	26	27	27	29	34	40
400	28	28	28	29	30	32	38	46
480	30	30	30	31	32	35	43	53
600	32	32	32	33	35	38	47	61
800	34	34	34	36	38	42	53	70

Distance comprise entre 1,5 m et 15 m

Cette section fournit des corrections de distance pour estimer les niveaux de pression acoustique à des distances comprises entre 1,5 m et 15 m. Lorsque la distance d'une source sonore est courte ou comparable aux dimensions de la source, la « loi du carré inverse » n'est pas nécessairement valable pour les variations des niveaux acoustiques en fonction de la distance. Ainsi, pour les distances relativement courtes de 1,5 m à 15 m, il peut être nécessaire d'accepter certaines variations des niveaux de pression acoustique, qui ne suivent pas les tendances directes valables pour les distances de plus de 15 m. Le tableau 7 permet d'estimer les niveaux de pression acoustique à ces distances rapprochées à condition que les niveaux de pression acoustique à 1,5 m et 15 m de distance soient connus. Afin d'illustrer l'utilisation du tableau 7, supposons que le niveau de pression acoustique d'un appareil dans une bande de fréquences particulière soit de 68 dB à 1,5 m et de 54 dB à 15 m. La différence entre ces deux valeurs est de 14 dB. Dans le tableau 7, la colonne des valeurs « 13-15 dB » se trouve sous le titre « Si la différence entre les niveaux à 1,5 m et 15 m est de : ». Les chiffres indiqués dans cette colonne sont les valeurs (en décibels) à ajouter au niveau de pression acoustique de 54 dB à 15 m pour obtenir le niveau de pression acoustique à une certaine distance rapprochée voulue. Par exemple, si l'on souhaite connaître le « niveau de pression acoustique » de cet appareil à 1,5 m, il faut ajouter 8 dB au niveau de pression acoustique de 54 dB à 15 m pour obtenir un niveau de pression acoustique de 62 dB à la distance voulue de 1,5 m.

Pour ces distances rapprochées, tenir compte du fait que la différence de valeurs entre les niveaux de pression acoustique à 1,5 m et 15 m peut ne pas être constante pour toutes les bandes de fréquences et il faut donc suivre cette procédure pour chaque bande de fréquences. Par exemple, dans une certaine bande de fréquences, la différence peut être de 12 dB, mais elle peut être de 15 dB ou de 16 dB dans une autre bande de fréquences.

Le calcul à distances rapprochées des niveaux de pression acoustique n'étant pas toujours fiable, il n'est pas surprenant que quelques bizarries ou divergences naissent pour les données à distances très rapprochées. La méthode utilisée ici donne au moins quelques données relativement utilisables.

Tableau 7: Méthode de calcul d'interpolation pour obtenir les niveaux de pression acoustique (en dB) entre 1,5 m et 15 m de distance

Distance à laquelle calculer le niveau de pression acoustique (m)	Si la différence entre les niveaux à 1,5 m et 15 m est de :						
	4-6 dB	7-9 dB	10-12 dB	13-15 dB	16-18 dB	19-21 dB*	22-24 dB
Ajouter les valeurs suivantes au niveau à 15 m pour obtenir le niveau désiré à la distance voulue :							
15	0	0	0	0	0	0	0
13,5	0	0	1	1	1	1	1
12	1	1	1	2	2	2	2
10,5	1	1	2	3	3	3	3
9	2	2	3	4	4	4	5
7,5	2	3	4	5	5	6	7
6	2	4	5	6	7	8	9
4,5	3	5	6	8	9	10	12
3	4	6	8	10	12	14	16
1,5	5	8	11	14	17	20	23

* Cette colonne de valeurs est basée sur la « loi du carré inverse », valable pour les variations en fonction d'une distance de 15 m à 1,5 m. Toutes les autres colonnes représentent les variations en fonction de la distance pour lesquelles la « loi du carré inverse » ne s'applique pas.

Murs réfléchissants et enceintes

Jusqu'à présent, la discussion a porté sur ce qui peut être considéré comme des « installations simples » du point de vue acoustique, où seules la distance avec le voisinage et l'orientation correspondante de l'appareil sont requises.

La géométrie d'une installation implique souvent quelques murs réfléchissants ou des bâtiments proches, qui ajoutent à la complexité acoustique du site. Considérons cela pour les trois situations typiques suivantes :

- cas où des murs réfléchissants modifient la trajectoire d'émission sonore entre l'appareil et le voisinage ;
- cas où des murs d'enceinte confinent l'appareil et provoquent l'intensification des niveaux acoustiques en lieu clos ;
- cas où l'appareil est installé dans un puits (enceinte fermée) et où tous les sons sont émis du haut de celui-ci.

Effet des murs réfléchissants

Voici plusieurs facteurs qui influencent la quantité de sons réfléchis :

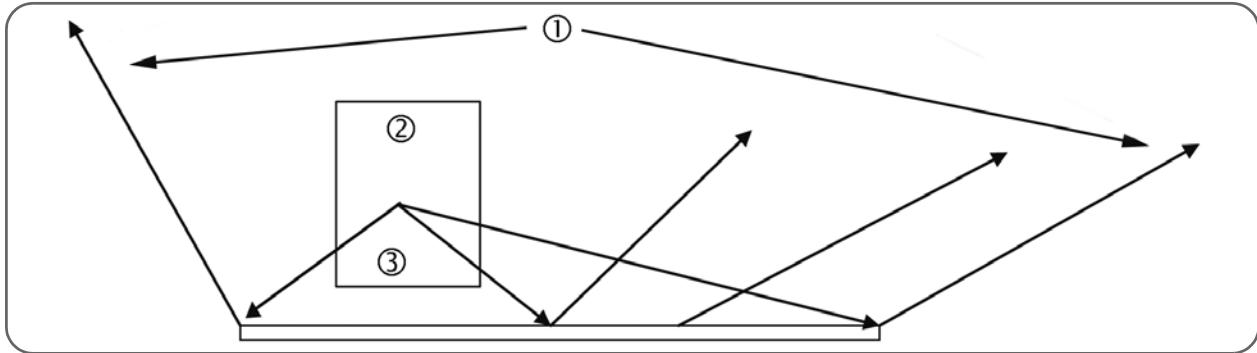
1. la trajectoire d'émission sonore (directivité) de l'équipement ;
2. la superficie d'émission sonore de l'équipement ;
3. l'orientation de l'équipement ;
4. la distance entre l'appareil et le voisinage ;
5. la distance entre l'équipement et le mur réfléchissant ;
6. la superficie du mur réfléchissant ;
7. les différents angles d'incidence et de réflexion entre l'équipement, le mur et le voisinage.

Compte tenu de la multitude de variables impliquées, nous ne tenterons pas de développer une procédure rigoureuse pour estimer l'influence d'un mur réfléchissant. Nous conseillons plutôt, en cas d'installation d'une grande surface réfléchissante près de l'équipement, de la considérer comme un réflecteur sonore potentiel. Si l'équipement est orienté de sorte que son côté le plus bruyant est déjà face au voisinage, l'influence du mur réfléchissant peut être ignorée ! Cependant, si ce n'est pas le cas, les conditions suivantes doivent être remplies pour que le mur réfléchissant ait une influence :

- la superficie du mur réfléchissant est au moins trois fois la superficie du côté de l'équipement qui regarde le mur ;
- la distance entre l'appareil et le mur réfléchissant est inférieure à la moitié de la distance entre l'équipement et le voisinage ;
- si l'on schématise des rayons optiques partant du centre de chaque appareil vers tous les points du mur réfléchissant, puis les rayons réfléchis par le mur, le voisinage se trouvera dans la plage angulaire des rayons réfléchis (voir schéma ci-dessous).

Si chacune de ces trois conditions est remplie, les niveaux de pression acoustique affectant le voisinage pourraient être plus élevés qu'en cas d'absence de mur.





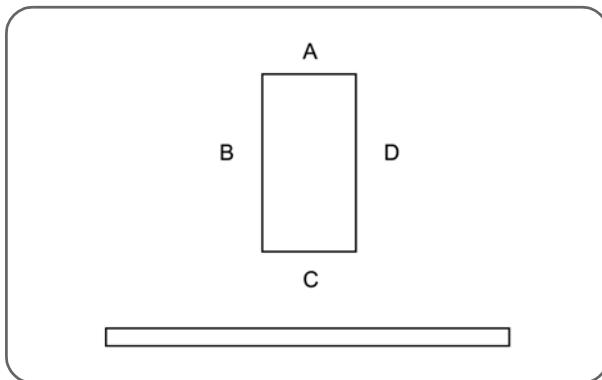
Zone du voisinage influencée par le mur réfléchissant

1. Zone du voisinage influencée par le mur réfléchissant ; 2. Tour de refroidissement ; 3. Prise d'air.

Les figures 3 et 4 illustrent quelques murs réfléchissants représentatifs de différentes orientations et suggèrent des ajustements approximatifs des niveaux de pression acoustique pour les directions **A**, **B**, **C** et **D**, loin de l'équipement. Ces ajustements doivent être faits en utilisant les niveaux à 15 m. La figure 3 s'applique aux appareils ayant une seule prise d'air alors que la figure 4 s'applique aux appareils ayant deux prises d'air.

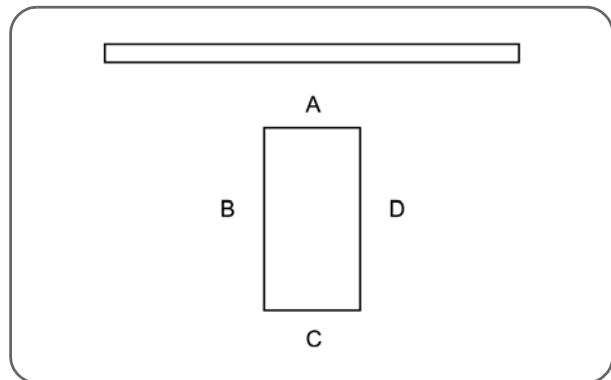
À titre d'exemple, pour le cas 1, si le voisinage se trouve du côté A de l'appareil, appliquer l'ajustement « **A** » au niveau de pression acoustique à 15 m du côté A de l'appareil, puis effectuer la correction nécessaire en fonction de la distance du voisinage. Si la situation est celle du cas 9 et si le voisinage se trouve dans la direction **D**, il faudra utiliser l'ajustement « **D** » pour obtenir le niveau de pression acoustique à 15 m de l'appareil.

Figure 3 : pour les appareils à une seule entrée d'air



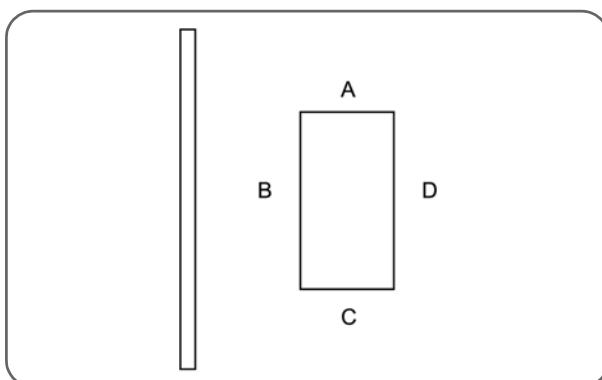
Cas 1

A. Utiliser la moyenne des niveaux A et C, B. Utiliser la moyenne des niveaux B et C, C. Non applicable, D. Utiliser la moyenne des niveaux D et C.



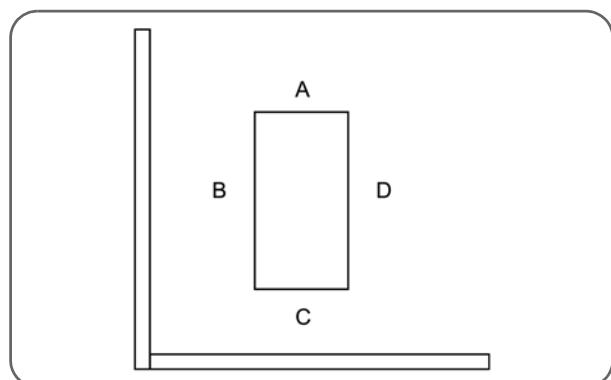
Cas 2

A. Non applicable, B. Utiliser une valeur supérieure au niveau B ou la moyenne des niveaux B et A, C. Pas de changement pour les niveaux C, D. Utiliser une valeur supérieure au niveau D ou la moyenne des niveaux D et A.



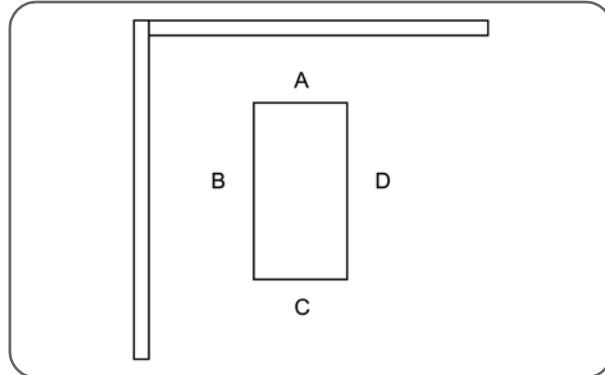
Cas 3

A. Utiliser une valeur supérieure au niveau A ou la moyenne des niveaux A et B, B. Non applicable, C. Pas de changement pour les niveaux C, D. Ajouter 2 dB aux niveaux D.



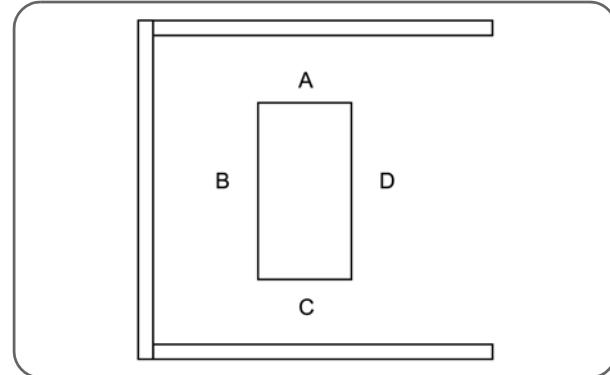
Cas 4

A. Utiliser la moyenne des niveaux A et C, B. Non applicable, C. Non applicable, D. Utiliser la moyenne des niveaux D et C.



Cas 5

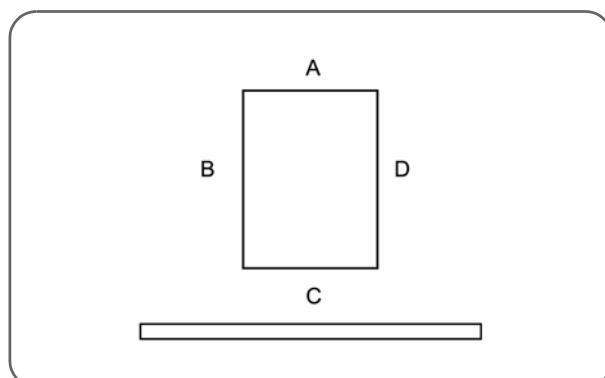
A. Non applicable, B. Non applicable, C. Pas de changement pour les niveaux C, D. Utiliser la moyenne des niveaux A, C et D.



Cas 6

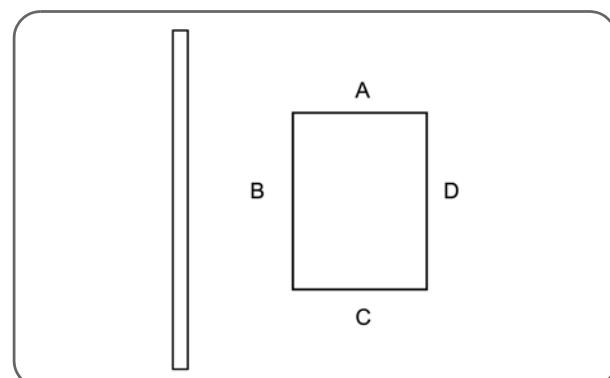
Pour les niveaux acoustiques émis par le côté ouvert d'une enceinte trilatérale, ajouter 3 dB aux niveaux de pression acoustique du côté prise d'air de l'appareil.

Figure 4 : pour les appareils à deux entrées d'air



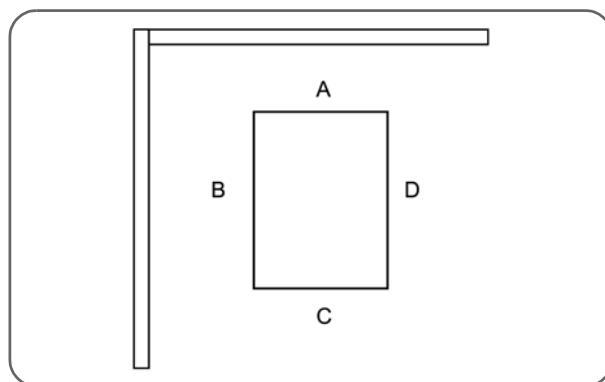
Cas 7

A. Ajouter 2 dB aux niveaux A, B. Utiliser la moyenne des niveaux B et C, C. Non applicable, D. Utiliser la moyenne des niveaux C et D.



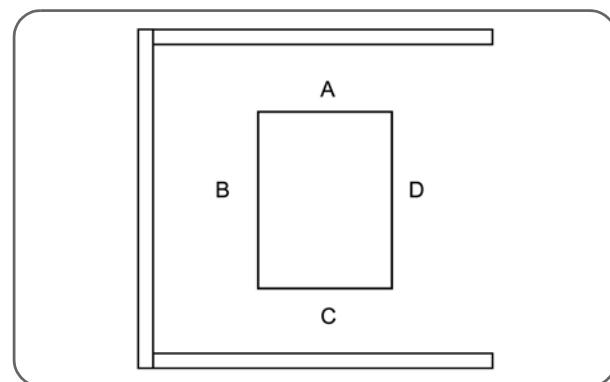
Cas 8

A. Pas de changement pour les niveaux A, B. Non applicable, C. Pas de changement pour les niveaux C, D. Ajouter 3 dB aux niveaux D.



Cas 9

A. Non applicable, B. Non applicable, C. Ajouter 2 dB aux niveaux C, D. Ajouter 3 dB aux niveaux D.



Cas 10

Pour les niveaux acoustiques émis par le côté ouvert d'une enceinte trilatérale, ajouter 3 dB aux niveaux de pression acoustique du ou des côtés prise d'air de l'appareil.

Ces figures et les valeurs d'ajustement qui leur sont associées doivent être utilisées pour corriger les niveaux de pression acoustique à 15 m en direction du voisinage pour l'effet des murs réfléchissants illustrés.

Intensification des niveaux acoustiques en lieu clos

L'équipement de refroidissement est parfois installé très près d'un mur de construction, dans une « cour » formée de deux ou trois murs d'enceinte, voire dans un local ou un espace ad hoc situé dans l'espace dédié à l'équipement mécanique à l'intérieur d'un bâtiment. Dans ces installations, le principal souci est le bruit au voisinage immédiat (moins de 1,5 m-3 m) du ou des appareils plutôt que les niveaux acoustiques émis et réfléchis vers le voisinage.



Pour ces situations, on peut utiliser le tableau 7 pour déterminer approximativement les niveaux de pression acoustique pour les distances rapprochées en question, puis ajouter un incrément pour représenter l'intensification des niveaux acoustiques. Ici aussi, la géométrie de l'exécution a une influence et il n'est pas possible de fournir une solution générale qui couvre la multitude d'exécutions possibles. À titre de prise en compte approximative de cette situation, nous suggérons d'augmenter les niveaux de pression acoustique en lieu clos de 5 dB, reconnaissant que l'incrément ne dépassera pas 2 ou 3 dB (dans une cour correctement ouverte) et au maximum 10 à 15 dB (dans un local dédié à l'équipement mécanique correctement fermé). Cet ajustement doit être appliqué à toutes les valeurs des huit bandes de fréquences.

Émission sonore d'une enceinte quadrilatérale ou « puits »

L'équipement de refroidissement est parfois installé dans une enceinte quadrilatérale ou « puits », où tous les sons sont émis plus ou moins verticalement du haut du puits, puis se propagent sur les murs latéraux du puits. Il est impossible de fournir une solution générale simple à ce problème, mais une approximation est possible.

Alors que les murs latéraux servent de barrière contre l'émission sonore normale dans les directions horizontales, l'enceinte quadrilatérale tend à « égaliser » les caractéristiques directionnelles en champ libre de l'appareil et provoque l'émission sonore sous forme de moyenne des niveaux de pression acoustique du haut du puits vers toutes les directions dans lesquelles les sons sont émis librement en raison de la géométrie de l'installation. L'annexe B présente une procédure pour calculer les niveaux de pression acoustique pour un niveau de puissance sonore donné, et ce à différentes distances et avec plusieurs trajectoires d'émission sonore.

Dans le cas typique illustré, où les sons sont émis du puits sur 180°, les niveaux de pression acoustique de l'appareil à 15 m de distance seront déterminés en soustrayant 32 dB des niveaux de puissance sonore de l'appareil.

Il faut reconnaître que cette méthode d'évaluation acoustique est une approximation. Les niveaux acoustiques réels peuvent être quelque peu inférieurs dans les bandes haute fréquence et légèrement inférieurs dans les bandes basse fréquence, selon la position du voisinage par rapport à l'équipement. Si les murs latéraux du puits servent clairement de barrière contre l'émission sonore, les valeurs d'atténuation de la barrière peuvent être appliquées au problème de la même manière que la procédure d'évaluation acoustique de cet article le permet pour une installation qui n'est pas du type puits.

Suite de l'exemple

Résumons maintenant l'étape 2 de la procédure d'évaluation acoustique en examinant la source sonore et en la corrigeant en fonction de la distance et de la trajectoire. On obtiendra les niveaux de pression acoustique de l'équipement pour le même point que celui pour lequel le critère de bruit final a été calculé dans l'exemple précédent.

Intéressons-nous maintenant aux points 7 et 11 du modèle de fiche d'évaluation acoustique (voir l'annexe D) concernant les niveaux de pression acoustique de la tour de refroidissement extrapolés pour la distance de 90 m. Reprenons la procédure étape par étape de la fiche d'évaluation acoustique là où nous l'avons laissée.

Étape 7 Choisir l'orientation de la tour de refroidissement sur le site. À partir de la fiche de données acoustiques BAC, déterminer les niveaux de pression acoustique à 15 m de distance pour le côté de la tour de refroidissement qui se trouve face à la salle de classe. Supposons qu'il s'agit d'un des « côtés bouchés » car ce sont les plus silencieux. Insérer ces niveaux de pression acoustique dans les espaces du point 7 de la fiche d'évaluation acoustique.

Étape 8 Insérer la distance de « 90 » m dans l'espace appropriée sous le point 8 et voir le tableau 6 pour les valeurs de correction de la distance correspondant à 90 m. Insérer ces valeurs dans les huit espaces du point 8.

Étape 9 Les niveaux de pression acoustique à 90 m seront plus bas qu'à 15 m ; soustraire les valeurs du point 8 des valeurs du point 7 et insérer le reste dans les espaces du point 9. On obtiendra les niveaux de pression acoustique juste à l'extérieur de la salle de classe, à 90 m de la tour de refroidissement.

Étape 10 En cas d'intensification des niveaux acoustiques due à la présence d'un mur réfléchissant qui remplit l'une des conditions illustrées par la figure 3 ou 4, il faudrait alors insérer les corrections dans les espaces du point 10. En cas d'intensification des niveaux acoustiques due à des murs d'enceinte proches de la tour, il faudrait insérer « + 5 dB » dans les espaces du point 10. Vu qu'aucune de ces conditions ne s'applique à cet exemple, insérer « 0 » dans chacune des espaces du point 10.

Étape 11 Le point 11 est la somme des points 9 et 10. Il s'agit du niveau de pression acoustique de la tour de refroidissement à 90 m de distance.

Comparaison des critères de bruit et des niveaux acoustiques de l'équipement de refroidissement

Suite de l'exemple

À partir des éléments fournis dans les deux sections précédentes, il est maintenant possible de déterminer si une tour de refroidissement particulière sera satisfaisante (du point de vue acoustique) dans un endroit donné et pour des circonstances données. L'analyse consiste maintenant à comparer les niveaux acoustiques estimés de la tour de refroidissement avec le critère de bruit développé pour la situation du voisinage. La comparaison peut être établie en traçant les niveaux acoustiques et le critère de bruit sur un graphique, comme illustré sur la figure 5, ou simplement en comparant les deux groupes de valeurs bande par bande. Intéressons-nous maintenant aux points 12 et 13.

Étape 12 Afin de simplifier l'étape suivante, copier dans les espaces du point 12 les valeurs obtenues au point 6, à savoir le « critère de bruit final ».

Étape 13 En soustrayant le critère de bruit final (point 12) du niveau de pression acoustique de la tour de refroidissement (point 11), déterminer si l'émission sonore de la tour de refroidissement dépasse le critère. Tout solde positif représente une émission sonore supérieure au critère. Tout solde négatif signifie que le niveau de pression acoustique de la tour de refroidissement est inférieur au critère et qu'aucune atténuation acoustique n'est requise dans la bande de fréquences ; on insérera donc « 0 » dans cette espace.

Si les niveaux de pression acoustique de la tour de refroidissement dans les huit bandes de fréquences sont inférieurs au critère, il ne devrait pas y avoir de problème acoustique. Si deux ou trois des niveaux de pression acoustique de la tour de refroidissement dépassent le critère de seulement 1, 2 ou 3 dB, il n'y aura probablement aucun problème acoustique. Si de nombreux niveaux de pression acoustique par bande de fréquences dépassent le critère de 5 à 10 dB, un problème acoustique est prévisible – plus l'émission sonore est excessive, plus le problème est assuré si on ne prend pas les mesures appropriées.

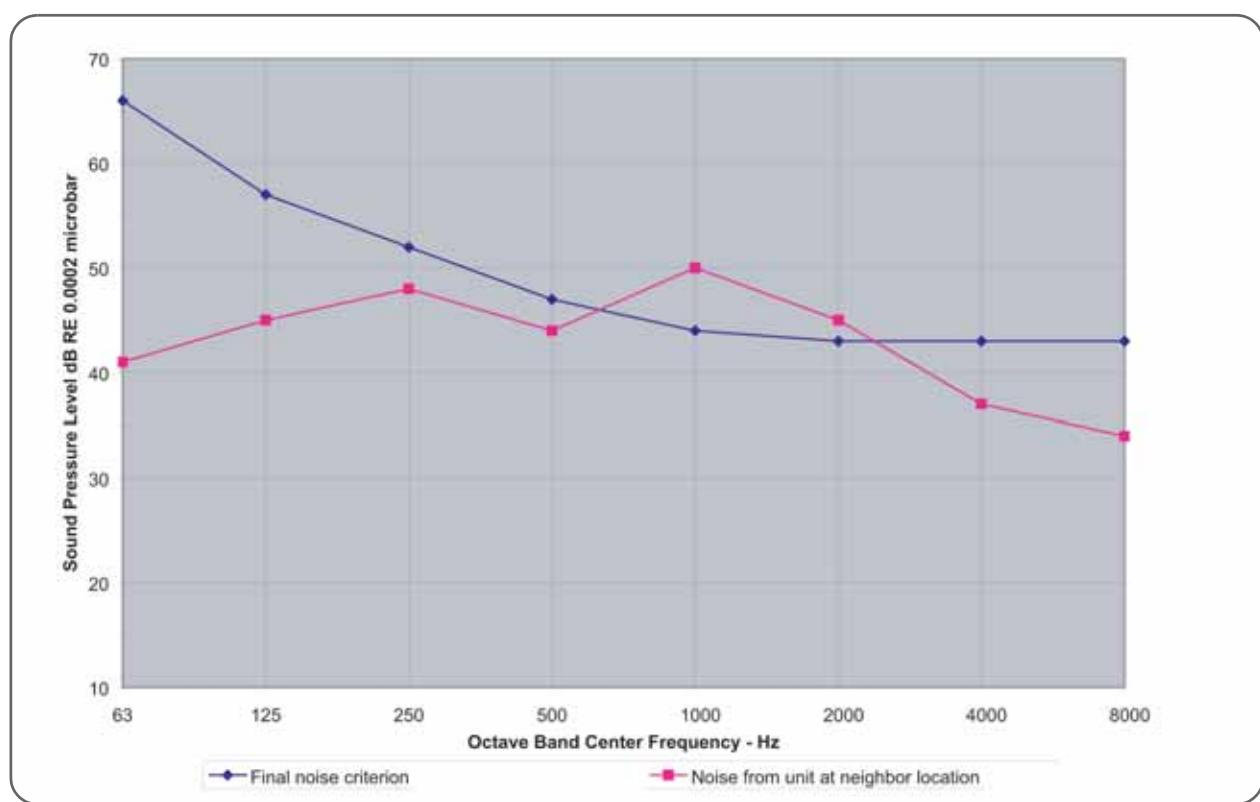


Figure 5 – Comparaison du critère de bruit final et des niveaux acoustiques de l'équipement

Facteur de jugement

Il faut maintenant faire quelques remarques sur la fiabilité globale de cette approche et offrir la possibilité d'insérer un facteur de jugement. Dans la mesure où la sélection du critère originel est basée essentiellement sur les plus petites valeurs de CB pour les différents environnements considérés, l'approche présentée ici peut être quelque peu



conservative. Pour cette raison, les décisions basées sur cette approche déboucheront habituellement sur l'acceptation du bruit produit par l'équipement. Comme on l'explique tout au long de la procédure, de nombreuses approximations sont faites (comme pour l'atténuation acoustique des différents types génériques de murs et pour l'évaluation acoustique du bruit de fond produit par l'espace public ou la circulation, etc.). Ces approximations peuvent donner lieu à une certaine variabilité d'une installation à une autre, bien qu'on pense qu'un faible taux de variabilité peut être adapté par la procédure sans changer les résultats outre mesure.

L'expérience prouve que lorsqu'il est basé sur le sommeil nocturne, le critère ne doit pas être dépassé et, par conséquent, il faut s'en tenir aux conclusions résultant de cette procédure. Cependant, lorsque le critère est basé sur des activités diurnes un peu moins critiques et que le bruit de fond est souvent considérablement au-dessus de la moyenne des niveaux de pression acoustique minimum utilisés ici, alors le risque n'est pas trop grand si le critère est dépassé d'environ 5 dB. Dans ce cas, le critère ne doit pas être dépassé de plus de 5 dB par crainte de sérieuses objections. Si l'on décide de permettre que l'émission sonore dépasse le critère de 10 dB ou plus, il faut envisager la possibilité d'ajout ultérieur éventuel d'atténuateurs acoustiques à l'installation même s'ils ne sont pas compris dans l'installation initiale.

Au regard de ce qui précède, si le propriétaire, l'architecte ou l'ingénieur conseil choisit d'adopter une approche conservative, voire d'autoriser un certain dépassement de l'émission sonore pour un projet particulier (à savoir, permettre que le bruit de l'équipement dépasse légèrement le bruit de fond et, par conséquent, soit perceptible par le voisinage et, éventuellement, le gêne), cette possibilité est traitée aux points 14 et 15 de la fiche d'évaluation acoustique.

Étape 14 Insérer le facteur de jugement du propriétaire de la tour de refroidissement. Pour une « approche conservative », insérer 0 dB dans les espaces du point 14 de la fiche d'évaluation acoustique. Pour permettre que le bruit de la tour de refroidissement dépasse légèrement les niveaux acceptables, insérer 5 dB dans les espaces du point 14.

Étape 15 L'atténuation acoustique finale requise pour la tour de refroidissement est la différence, dans chaque bande de fréquences, obtenue en soustrayant la valeur du point 14 de celle du point 13. Il s'agit des valeurs d'atténuation dans chaque bande de fréquences nécessaires pour réduire le bruit de la tour de refroidissement à un niveau acceptable. La section suivante présente une brève discussion sur le contrôle du bruit produit par l'équipement de refroidissement évaporatif.

Étape 16 L'atténuation acoustique peut être réalisée de différentes manières et la section suivante présente des valeurs quantitatives liées aux mesures d'atténuation acoustique possibles. Le point 16 de la fiche d'évaluation acoustique doit comprendre l'atténuation obtenue en utilisant des moteurs de ventilateurs à deux vitesses, des systèmes d'entraînements Baltiguard, des variateurs de fréquence, des ventilateurs peu bruyants, des murs antibruit et tout dispositif acoustique spécial. Les autres situations applicables sont le surdimensionnement de l'équipement et l'utilisation d'une implantation stratégique.

Contrôle du bruit de l'équipement de refroidissement

Introduction

L'atténuation acoustique nécessaire à l'équipement de refroidissement est simplement liée aux niveaux de pression acoustique de l'équipement qui dépassent le critère de bruit applicable. Elle est indiquée numériquement par les valeurs dB obtenues au point 15 de la fiche d'évaluation acoustique pour ce calcul particulier. Ce qui indique qu'il s'agira d'un problème d'atténuation acoustique simple ou complexe dépend considérablement de la quantité et des bandes de fréquence de l'atténuation acoustique requise.

Les conditions de travail peuvent devenir un peu plus silencieuses en positionnant stratégiquement l'équipement, en régulant le moteur de ventilateur, en installant un ventilateur peu bruyant ou en construisant des murs antibruit entre l'équipement et le voisinage. Les besoins en atténuation acoustique supplémentaire peuvent être satisfaits par des atténuateurs ou d'autres dispositifs acoustiques qui, en général, sont à même de réaliser l'atténuation des sons à haute fréquence plutôt facilement, mais impliquent habituellement un poids supplémentaire et un encombrement supérieur pour obtenir l'atténuation des sons à basse fréquence.

Positionnement stratégique

La stratégie la plus importante et la moins coûteuse pour abaisser les niveaux de pression acoustique de l'équipement de refroidissement implique la prise en considération de l'implantation de l'équipement. Le « positionnement stratégique » comprend deux aspects. S'assurer avant tout de positionner le côté le plus silencieux de l'équipement dans la direction sensible au bruit. Cette option doit toujours être prise en considération en premier lieu pour les produits ayant une prise d'air d'un seul côté. Puis exploiter toute barrière antibruit existante susceptible d'aider à assourdir le bruit entre l'équipement et le voisinage. Par exemple, si le site de travail est pourvu d'un bâtiment ou d'un hangar, positionner

l'équipement de sorte que la structure coupe la trajectoire directe entre l'équipement et le voisinage, faisant ainsi office de barrière antibruit. Les arbres et les haies sont également de bons exemples de barrières qui réduisent considérablement l'exposition du voisinage au bruit.

Commande de moteur de ventilateur

Faire fonctionner l'équipement à différentes vitesses en utilisant un variateur de fréquence, un système d'entraînement Baltiguard ou un moteur à deux vitesses est une option pratique de contrôle du bruit s'il est possible de réduire la charge de l'équipement en correspondance des périodes durant lesquelles de bas niveaux de pression acoustique sont requis. Il s'agit là d'une situation nocturne normale pour de nombreuses installations de climatisation.

Un moteur de ventilateur de 1500-750 tr/min fonctionnant à 750 tr/min fournira environ 60 % de la capacité à pleine charge sur un appareil BAC et réalisera les valeurs d'atténuation acoustique (en dB) par bande de fréquences indiquée dans le tableau ci-dessous.

Bande de fréquences - Hz							
63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
4	6	8	10	8	8	6	4

S'agissant de valeurs d'atténuation acoustique moyennes (en dB) prévisibles pour le fonctionnement à une vitesse réduite de moitié, elles s'appliquent tant aux niveaux de puissance sonore que de pression acoustique. De plus, ces approximations sont suffisamment précises pour pouvoir être utilisées sur les tours à ventilateur tant centrifuge qu'axial.

Outre le fait de faire fonctionner l'équipement à plus faible vitesse durant les heures critiques par rapport au bruit, il convient de savoir si l'équipement peut être complètement arrêté durant ces heures. Cela supprimerait complètement le bruit de l'appareil ; cependant, dans ce cas, le système et son profil de charge doivent être examinés attentivement pour être certain que cette option soit possible.

Dans certains cas, ce dont les gens se plaignent n'est pas du bruit constant de l'équipement, mais de l'arrêt et du démarrage brutaux du système de ventilation. Bien régler la séquence de commande de la tour pour éviter le fonctionnement intermittent excessif des ventilateurs est important à cet égard, point également très important pour protéger le moteur contre la surchauffe. Les variateurs de fréquence résolvent ce problème en permettant le démarrage en douceur des ventilateurs, avec augmentation et diminution progressives de la vitesse de ventilation en fonction de la charge. Les variateurs de fréquence permettent en effet au moteur de ventilateur de tourner à la vitesse requise pour remplir les conditions de température de l'eau sortante plutôt que de tourner constamment à la vitesse maximale. Réduire la vitesse du moteur et, par conséquent, les tr/min du ventilateur, peut abaisser significativement les niveaux acoustiques. De plus, les variateurs de fréquence réduisent au minimum le bruit discordant du fonctionnement intermittent des ventilateurs en offrant un démarrage graduel.



Figure 6 – Tour de refroidissement à ventilateur axial BAC utilisant le système



Figure 7 – Si possible, arrêter les tours de nuit pour éliminer le bruit



Figure 8 – Variateur de fréquence à by-pass intégré

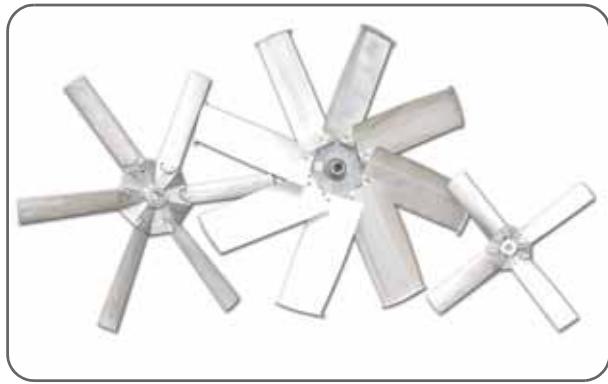


Figure 9 – Ventilateurs axiaux

Surdimensionnement de l'équipement

Si l'espace et le budget le permettent, il peut être avantageux de surdimensionner l'appareil et de faire fonctionner cet appareil de plus forte capacité à une vitesse de ventilation inférieure étudiée pour cette application spécifique. Comme indiqué dans la section précédente, réduire la vitesse du moteur réduit la vitesse de ventilation et celle-ci étant directement proportionnelle au bruit, le bruit diminue.

Ventilateurs peu bruyants

Une autre option pour réduire le bruit produit par l'équipement est de sélectionner un ventilateur peu bruyant. Les ventilateurs peu bruyants ont un plus fort remplissage que les ventilateurs normaux et peuvent donc brasser la même quantité d'air tout en tournant à plus faible vitesse.

Murs antibruit

L'atténuation acoustique peut être réalisée par des murs antibruit. Dans certains cas, les murs antibruit peuvent déjà être présents en raison de la conception architecturale du site alors que, dans d'autres cas, ils sont construits spécifiquement pour fournir l'atténuation acoustique nécessaire.

Dans le premier cas, un mur servant à masquer un appareil peut également servir à réduire l'émission sonore de la tour, notamment les sons à haute fréquence (considérés ici comme appartenant aux quatre bandes de fréquences supérieures). Cependant, ces murs antibruit doivent « couvrir » la ligne de vision de toute la source sonore vue depuis la position du voisinage. Des deflecteurs, des grillages ou des fentes rendront négligeables les possibilités d'atténuation acoustique d'un mur antibruit. Un mur plein de la hauteur de l'appareil et proche de lui fournira les valeurs approximatives d'atténuation acoustique indiquées dans le tableau ci-dessous.

BANDE DE FRÉQUENCES - Hz							
63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
4	5	5	5	5	6	7	8

Si de plus grandes valeurs d'atténuation acoustique sont requises, il faudra concevoir et installer un mur antibruit construit spécialement. Mais il faudra faire attention au positionnement du mur car il implique de nombreuses considérations géométriques et de matériaux.

Par exemple, un mur antibruit qui (1) s'étend de 1 à 1,5 m minimum au-delà de la ligne de vision dans les directions horizontales et verticales, (2) est situé à moins de 1,5 m-2,5 m de la tour de refroidissement et (3) est composé d'un matériau solide et imputrescible ayant un rapport poids spécifique d'au moins 85 g/m^2 présentera les valeurs d'atténuation acoustique indiquées dans le tableau ci-dessous.

BANDE DE FRÉQUENCES - Hz							
63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
5	5	6	8	10	12	14	16

Un mur antibruit encore plus grand et lourd fournira une atténuation acoustique encore plus importante. Cependant, pour être efficace au maximum, un mur antibruit doit être le plus proche possible de la source sonore et aucune surface réfléchissante susceptible de réfléchir le son autour du mur antibruit ne doit être présente dans la zone.

Les détails de conception des murs antibruit et d'autres dispositifs acoustiques tels que les plenums et les silencieux personnalisés sont laissés au soin des ingénieurs ou conseils en acoustique et des fabricants de dispositifs acoustiques.



Figure 10 – Murs construits autour des tours de refroidissement à circuit fermé

Atténuation acoustique

Une caractéristique importante des équipements à ventilateur tant axial ou centrifuge est que le bruit, s'il représente un problème, peut être réduit par des dispositifs d'atténuation relativement simples. La figure ci-dessous illustre une tour de refroidissement BAC de la série 3000 (à ventilateur axial) équipée d'atténuateurs acoustiques côtés aspiration et refoulement de l'appareil. L'atténuateur à l'aspiration du ventilateur est une série de chicanes parallèles et l'atténuateur à l'aspiration est un plenum insonorisé.

Pour être efficaces, les plenums insonorisés (1) doivent être plutôt grands, (2) doivent contenir un matériau absorbant épais et (3) doivent être disposés de sorte que la trajectoire sonore dans le plenum coupe la ligne de vision. Selon le degré de conformité du plenum à ces trois conditions, son atténuation acoustique peut varier de 5-10 dB pour les sons à basse fréquence à 10-20 dB pour les sons à haute fréquence.



Figure 11 – Atténuateur acoustique à l'aspiration et au refoulement sur une tour de refroidissement BAC de la série 3000

Les atténuateurs acoustiques BAC sont conçus, testés et évalués par BAC, assurant ainsi sa seule responsabilité. Ils réalisent des atténuations acoustiques dans la direction horizontale jusqu'à 25 dB pour les sons à moyenne fréquence. De nombreux types d'atténuateurs sont proposés par BAC pour remplir une grande variété de conditions acoustiques de manière optimale et économique. Les atténuateurs acoustiques sont disponibles pour les modèles à ventilateur centrifuge et axial. Les valeurs précises de l'atténuation acoustique obtenue avec ces dispositifs sont disponibles auprès du représentant BAC local.



Effets des options d'atténuation acoustique sur les performances de l'équipement

Le coût de l'atténuation acoustique, y compris l'incidence sur les performances, doit être comparé par rapport à des méthodes plus simples telles que le surdimensionnement du ou des appareils pour satisfaire au critère de bruit d'un projet. Noter qu'avec des ventilateurs peu bruyants ou des atténuateurs « ajoutés », les niveaux acoustiques sont abaissés au détriment du débit d'air, qui diminuera. Le concepteur du système doit garantir que les valeurs du constructeur sont ajustées pour représenter toute réduction de la performance thermique due à la diminution du débit d'air.

Une autre précaution concerne l'utilisation des murs antibruit. Il faut que les murs antibruit soient suffisamment éloignés de la tour de manière à éviter la recirculation de l'air refoulé humide. Si cette pratique n'est pas appliquée, l'air chaud peut entrer dans la prise d'air, augmentant la température au bulbe humide à l'aspiration de l'appareil, et diminuant la capacité de refroidissement de la tour.

Sommaire

Cet article présente une méthode d'évaluation simple et directe pour déterminer si l'installation d'un équipement de refroidissement donné produit ou produira trop de bruit. Il fournit également quelques informations générales sur les méthodes qui peuvent être utilisées pour réduire le bruit.

BAC peut fournir des données acoustiques fiables sur ses tours de refroidissement à circuit ouvert, ses tours de refroidissement à circuit fermé, ses condenseurs évaporatifs, ses aéroréfrigérants et ses refroidisseurs adiabatiques à travers ses représentants. Consulter le représentant BAC Balticare local pour les applications de projets spécifiques.

Remerciements

BAC remercie sincèrement Mark E. Schaeffer, ingénieur professionnel (président de Schaffer Acoustics Inc. of Pacific Palisades, Californie) pour sa contribution à cet article.

Annexe A

Calcul du niveau de puissance sonore (L_w) à partir des niveaux de pression acoustique mesurés (L_p)

La puissance sonore est la mesure de la totalité des sons émis par une source sonore. Le « niveau de puissance sonore » est la puissance sonore, exprimée en décibels, relative à la puissance de référence de 10^{-12} watts.

La puissance sonore n'est pas directement mesurée comme telle. C'est plutôt une quantité calculée et on l'obtient à partir de la mesure des niveaux de pression acoustique à un nombre adéquat de positions de mesure. Même lors d'essais à l'intérieur de locaux réverbérants ou semi-réverbérants et une source sonore de référence standard, le niveau de puissance sonore est calculé à partir des mesures des niveaux de pression acoustique. Dans cette discussion, aucun détail technique n'est fourni pour l'approche du niveau de puissance sonore ; à sa place, une procédure très simple est présentée pour établir le niveau de puissance sonore approximatif de l'équipement de refroidissement évaporatif pour le cas dans lequel le niveau de pression acoustique est mesuré pour quatre positions horizontales (chaque position à une distance spécifique de chacun des quatre côtés) plus une position verticale au-dessus de l'appareil. Les positions de mesure peuvent être à n'importe quelle distance comprise entre 2 et 4 fois la plus grande dimension de l'appareil, habituellement la longueur.

Les niveaux de pression acoustique mesurés doivent être obtenus avec un appareil de mesure précis et taré, et les données acoustiques doivent se trouver dans les huit bandes de fréquences conventionnelles. Les mesures doivent être effectuées essentiellement en champ libre, à savoir en plein air, dans un espace sans aucune surface réfléchissante proche. On suppose que l'appareil est installé au sol ou sur une plate-forme raisonnablement proche du sol.

Le niveau de puissance sonore approximatif dans chacune des huit bandes de fréquences est la somme, par addition des décibels, des cinq niveaux de pression acoustique par bande de fréquences plus un facteur de correction (K), qui est fonction du nombre de positions de mesure, de la distance de mesure et de la puissance de référence. Soit, sous forme d'équation :

$$L_w = \sum L_p + K$$

L'addition des décibels des cinq niveaux de pression acoustique est déterminée par le matériau indiqué dans l'annexe C et les termes de correction figurent dans le tableau A ci-dessous pour les conditions appropriées. L'utilisation des cinq positions de mesure et l'addition des décibels des cinq valeurs introduisent automatiquement les caractéristiques de

directivité de l'appareil dans le niveau de puissance sonore calculé. Aucune autre caractéristique de directivité n'est requise dans la méthode simplifiée.

Pour illustrer cette procédure, supposons de vouloir estimer le niveau de puissance sonore (Lw) dans une bande de fréquences pour le cas des cinq positions de mesure à 15 m d'une tour de refroidissement. Supposons que les cinq niveaux de pression acoustique mesurés dans cette bande de fréquences soient de 56, 53, 59, 53 et 47 dB (relativement à 0,0002 microbar).

Par la méthode d'addition des décibels illustrée dans l'annexe C, on constate que la somme des décibels de ces cinq niveaux de pression acoustique est de 62 dB. Dans le tableau A, on constate ensuite que, pour la distance de mesure de 15 m, le facteur de correction est de 25 dB relativement à 10^{-12} watts. Pour cet exemple :

$$Lw = \sum Lp + K$$

$$= 62 + 25$$

$$= 87 \text{ dB}$$

On peut suivre la même procédure pour toutes les huit bandes de fréquences afin d'obtenir le niveau de puissance sonore totale (Lw) de la tour de refroidissement. Cette procédure concerne les cinq positions de mesure spécifiques citées et peut ne pas être applicable à d'autres situations. La procédure n'étant pas précise si les valeurs sont inférieures à 1 dB, ne pas utiliser ou compter sur des fractions de décibels.

Facteur de correction K à utiliser pour convertir les niveaux de pression acoustique (Lp) en niveau de puissance sonore (Lw) pour la procédure des cinq positions de mesure indiquée.

Tableau A

Distance de mesure (du centre de l'appareil) (m)	Facteur de correction K pour Lw rel. à 10^{-12} watts (dB)
7,5	19
9	20
10,5	21
12	23
13,5	24
15	25
18,5	26
21	27
24	29
27	30
30	31

Annexe B

Calcul du niveau de pression acoustique moyen (Lp) pour un niveau de puissance sonore donné (Lw)

Pour pouvoir établir une comparaison, il peut être parfois nécessaire d'estimer la moyenne approximative des niveaux de pression acoustique des sons émis par un appareil pour lequel seul le niveau de puissance sonore est donné. De plus, certaines applications sont mieux estimées en reconvertisant la puissance sonore en moyenne des niveaux de pression acoustique. La procédure présentée dans cette annexe fournira cette estimation.

Il est important de comprendre que la valeur résultante est une pression acoustique moyenne des sons que, théoriquement, l'appareil devrait émettre aux mêmes niveaux dans toutes les directions. En pratique, l'appareil n'émettra probablement pas les sons aux mêmes niveaux de pression acoustique dans toutes les directions ; mais lorsque seul le niveau de puissance sonore est donné, il n'est pas possible de connaître les caractéristiques de directivité de l'appareil.





On obtient la moyenne des niveaux de pression acoustique à une distance voulue en soustrayant du niveau de puissance sonore dans une bande de fréquences donnée le terme de correction approprié (C) indiqué dans le tableau B. Cette relation est exprimée par l'équation :

$$L_p \text{ Moyenne} = L_w - C$$

Par exemple, supposons de vouloir connaître la pression acoustique moyenne à 15 m de distance d'une tour de refroidissement ayant un niveau de puissance sonore de 87 dB relativement à 10-12 watts (noter qu'il s'agit de la contrepartie de l'exemple cité dans l'annexe A). Dans le tableau B, pour une distance de 15 m, on constate que le facteur de correction est de 32 dB.

$$L_p \text{ Moyenne} = L_w - C$$

$$= 87 - 32$$

$$= 55 \text{ dB}$$

En comparant cette valeur avec les cinq niveaux cités en exemple dans l'annexe A, on constate que bien qu'il s'agisse d'une valeur moyenne, en réalité, elle n'est égale à aucun des niveaux résultant des cinq directions mesurées. Noter à nouveau que la valeur moyenne ne prétend pas illustrer les caractéristiques de directivité de la source sonore.

Si l'on compare deux tours de refroidissement concurrentes pour une condition de site particulière, la comparaison de leur niveau de puissance sonore ou de la moyenne de leurs niveaux de puissance acoustique peut être une indication générale de l'émission sonore des deux appareils, mais une comparaison plus attentive devra prendre en compte les niveaux acoustiques réels qui seront émis dans la ou les directions critiques particulières.

Tableau B

Facteurs de correction C à utiliser pour convertir le niveau de puissance sonore en moyenne des niveaux de pression acoustique pour la procédure des cinq positions de mesure indiquée.

Distance de mesure (du centre de l'appareil) (m)	Facteur de correction K pour Lw rel. à 10^{-12} watts (dB)
7,5	26
9	27
10,5	28
12	30
13,5	31
15	32
18,5	33
21	34
24	36
27	37
30	38

Note: Le facteur de correction C est basé sur l'émission sonore uniforme sur 180° . Cette situation s'applique à une installation au sol typique ou à un appareil installé sur un grand toit. Dans des conditions où l'émission sonore s'effectue sur un plus grand angle, par exemple sur 270° , ajouter 3 dB au facteur de correction C ci-dessus. Soustraire 3 dB du facteur de correction C ci-dessus en cas d'émission sonore sur 90° .

Pour une distance de plus de 30 m, calculer la moyenne des niveaux de pression acoustique (Lp) pour 15 m en utilisant cette méthode ; puis l'extrapoler pour la distance voulue en utilisant les valeurs d'atténuation de Lp indiquées dans le tableau 6 de la section « Effet d'une distance de plus de 15 m ».

Annexe C

Addition de décibels

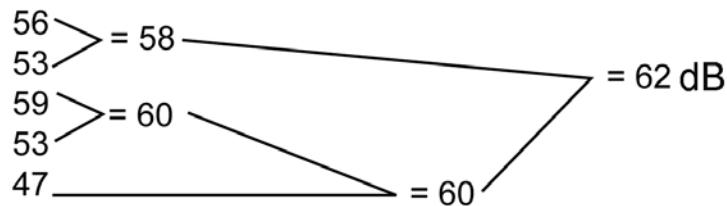
Les décibels étant des valeurs logarithmiques, les ajouter sous forme algébrique n'est pas approprié. Par exemple, 63 dB plus 63 dB n'est pas égal à 126 dB mais seulement à 66 dB.

Une procédure très simple mais appropriée pour ajouter les décibels est la suivante.

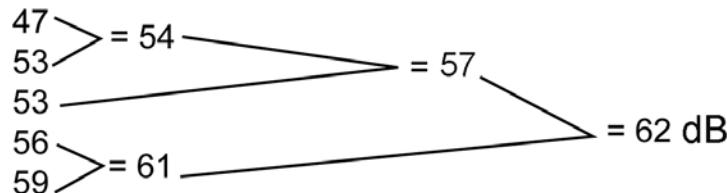
Lorsque deux valeurs diffèrent de	Ajouter la quantité suivante à la plus grande valeur
0 ou 1 dB	3 dB
2 ou 3 dB	2 dB
de 4 à 8 dB	1 dB
9 dB ou plus	0 dB

Lorsque qu'il faut ajouter un grand nombre de valeurs, effectuer l'opération ci-dessus sur deux valeurs à la fois, quel que soit leur ordre. Continuer cette opération jusqu'à ce qu'il ne reste plus qu'une seule valeur.

Pour illustrer cette procédure, ajoutons les cinq niveaux acoustiques utilisés dans l'exemple de l'annexe B.



Ou supposons de disposer les mêmes valeurs dans un ordre différent, comme illustré ci-dessous.



Il arrive parfois que l'utilisation de différents ordres d'addition produise des sommes qui diffèrent de 1 dB, mais ce n'est pas une différence excessivement significative en acoustique. En général, la procédure d'addition simplifiée ci-dessus donnera des sommes à 1 dB près. Ce degré de précision est considéré comme acceptable pour les matériaux cités dans cet article.



Annexe D

Fiche d'évaluation acoustique BAC

Projet _____ Date _____

Adresse _____ Ingénieur _____

Architecte _____ Modèle BAC _____

Points	Bande de fréquences - Hz							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Étape : critère de bruit								
1. Déterminer le critère de bruit « CB » approprié à l'activité du voisinage à partir du tableau 2.								
2. Insérer les niveaux de pression acoustique (Lp) pour le critère « CB » sélectionné (chercher les valeurs sur la figure 1 ou dans le tableau 1).								
3. Insérer l'atténuation acoustique fournie par les murs de construction (chercher les valeurs dans le tableau 3).								
4. Tenter d'établir un critère de bruit extérieur pour l'appareil (point 2 plus point 3).								
5. Établir la moyenne des niveaux de bruit de fond extérieur minimum (mesurés ou estimés à partir de la figure 2 et des tableaux 4 et 5).								
6. Définir le critère de bruit de fond extérieur final (grande valeur, par bande de fréquence, des points 4 et 5).								
Étape : niveaux acoustiques								
7. Insérer les niveaux de pression acoustique de l'appareil à 15 m.								
8. Insérer la correction de distance pour ajuster les niveaux de pression acoustique de l'appareil sur une distance de _ m en direction du voisinage critique (pour les distances de plus de 15 m, utiliser le tableau 6 ; pour les distances de moins de 15 m, utiliser le tableau 7).								
9. Établir la valeur Lp extérieure de l'appareil au niveau du voisinage (point 7 moins point 8 pour les distances de plus de 15 m. Point 7 plus point 8 pour les distances de moins de 15 m).								
10. Appliquer la correction pour la réflexion pour simuler les conditions existantes du site. Voir les figures 3 et 4 pour l'effet des murs réfléchissants ou ajouter 5 dB pour l'intensification du bruit en lieu clos, 0 dB en l'absence d'effet de réflexion.								
11. Calculer la valeur Lp résultante de l'appareil pour le point de voisinage critique (point 9 plus point 10).								
Étape : comparaison des critères et des niveaux								
12. Copier les niveaux du point 6 ci-dessus. Il s'agit du critère de bruit extérieur pour le voisinage critique.								
13. Evaluer l'atténuation acoustique requise pour l'appareil (point 11 moins point 12. Insérer « 0 » pour les valeurs négatives).								
14. Appliquer le facteur de jugement (pour une approche conservatrice, utiliser « 0 » dans toutes les bandes de fréquences. Si on accepte que le bruit de l'appareil puisse dépasser légèrement les niveaux de bruit de fond, insérer « 5 »).								
15. Calculer l'atténuation acoustique finale requise pour l'installation (point 13 moins point 14).								
16. Indiquer l'estimation ou les données publiées de l'atténuation acoustique éventuellement retenue (elle devrait être au moins égale à la valeur obtenue en point 15).								

Commandes de moteurs

Introduction

Les coffrets de commandes de moteurs BAC, équipés de variateurs de fréquence intégrés, sont spécifiquement conçus pour les appareils BAC ainsi que pour répondre aux besoins applicatifs spécifiques liés à l'équipement de refroidissement évaporatif.

Les coffrets de commandes de moteurs BAC offrent les avantages suivants.

Responsabilité unique : BAC a conçu les coffrets de commandes en tenant compte des spécifications exactes du moteur de ventilateur et en offrant ainsi au client une source de responsabilité unique.



Programmation du régulateur

Applications intérieures/extérieures : BAC propose des armoires offrant une grande flexibilité d'installation, que ce soit dans un local technique ou à l'extérieur, à proximité de l'équipement.

Composants industriels : Alors qu'elles répondent aux besoins du marché quant au variateur de fréquence très hautes performances, les armoires de commandes de moteurs BAC sont vraiment respectueuses de l'environnement. Une sélection soignée des composants de qualité industrielle de toute dernière technologie offre une protection moteur absolue pour la tour de refroidissement évaporatif.

Installation facile : Les armoires de commandes de moteurs BAC sont compactes, fiables, requièrent une maintenance minimale et sont faciles à installer grâce à leur préfabrication.

Économies d'énergie : Les systèmes évaporatifs refroidis par eau, destinés au refroidissement de confort ou aux applications de process, permettent de faire d'importantes économies d'énergie toute l'année par rapport aux systèmes alternatifs refroidis par air. Un contrôle approprié du système est crucial pour exploiter à fond cet avantage et utiliser l'installation à son meilleur niveau d'efficacité quelles que soient les combinaisons de conditions atmosphériques et de charge. L'expertise technique de BAC dans ce domaine se retrouve dans ces armoires pour montrer à ses clients comment économiser l'énergie et l'eau. Une solution vraiment écologique.

Détails de construction

- Coffret en acier revêtu d'une peinture époxy
 - Classe d'isolation IP 54
 - Refroidi par air avec thermostat indépendant
 - Résistance de chauffe anti-condensation
 - Capot anti-pluie pour protection par temps froid/chaud
- Disjoncteur tripolaire
 - Adapté au Courant alternatif triphasé
 - Poignée opérateur verrouillable en position « OFF »
 - Contacts NO/NF pour coffret de commande auxiliaire
- Variateur de fréquence
 - Filtres CEM intégrés conformes EN50081 et EN50082
 - Clavier démontable avec bouton rotatif
 - Indicateurs Prêt, Fonctionnement et Défaut
 - Boutons et voyants programmables
 - Surveillance de la vitesse moteur, de la température mesurée ou de la température de consigne de l'eau
 - Conformité CE aux normes EN 61800 et EN 20178
 - Communications RS 485
- Commande BAC-TPU-01
 - Utilisée comme régulateur de température / convertisseur de signal
 - Entrée sonde 0 → 10 volts
- Sondes BAC du type OT-EMM
 - Sonde PT 100



- 0 → Sortie 0-10 volts
- Interrupteur tripolaire manuel
 - Variateur de fréquence automatique ou interrupteur de commande manuel
- Démarrage manuel étoile/triangle
 - Interrupteur de By-pass pour commande manuelle du moteur de ventilateur

Personnalisations et options

Variateurs de fréquence

Les variateurs de fréquence offrent de nombreux avantages, dont les suivants.

1. Le contrôle précis de la température du fluide sortant offre une méthode de régulation du débit d'air plus efficace et durable que celle du fonctionnement intermittent des ventilateurs, des registres de ventilateurs ou des variateurs de vitesse mécaniques.
2. Les démarrages et arrêts progressifs ainsi que les accélérations régulières prolongent la durée de vie du système mécanique (ventilateurs, moteurs, courroies, paliers, etc.) tout en réduisant la maintenance.
3. Le démarrage progressif réduit au minimum le bruit de mise en service et l'accélération régulière rend le bruit de la tour moins perceptible au voisinage.



Exécution typique des variateurs de fréquence

Le variateur de fréquence standard comprend un coffret, une alimentation 24 V c.c., un transformateur de tension de commande, un coupe-circuit principal, un disjoncteur avec poignée opérateur verrouillable, un by-pass manuel, un ventilateur de refroidissement et un clavier démontable dédié.

Le coupe-circuit, qui permet une réinitialisation rapide, est standard sur tous les variateurs de fréquence BAC. Le coupe-circuit est relié mécaniquement au disjoncteur monté sur la façade du coffret.

Le clavier d'interface utilisateur gère les modes automatiques. L'afficheur à écrans multiples indique la vitesse de ventilation, la température de consigne, la température mesurée et les codes d'erreur.

Commandes d'entraînements de ventilateurs

Les commandes de moteurs BAC constituent un système de modulation de capacité à économies d'énergie permettant de contrôler de près la température du fluide sortant de la tour de refroidissement.

Les commandes de moteurs BAC sont idéales pour les installations avec les tours de refroidissement pour lesquelles les économies d'énergie et les faibles coûts initiaux sont critiques.

Spécifications techniques

Armoires de commandes (option)

Variateur de fréquence : Un variateur de fréquence sera fourni pour chaque tour. Le fournisseur du variateur de fréquence sera le constructeur de l'équipement de refroidissement évaporatif. Le variateur de fréquence sera équipé d'un by-pass manuel, d'un clavier démontable et d'un disjoncteur. La protection par fusible ne sera pas acceptée.

Le variateur de fréquence sera fourni dans une enceinte de protection IP 54.

Le disjoncteur, haute résistance et non fusible, sera fourni par le constructeur de l'équipement de refroidissement évaporatif. Le disjoncteur sera tripolaire et à actionnement unique. Le disjoncteur sera pourvu d'une triple possibilité de verrouillage et d'une poignée On/Off bien visible.

Une sonde de température sera fournie avec les commandes installées dans l'enceinte et un régulateur de température équipera le variateur de fréquence installé dans l'enceinte.

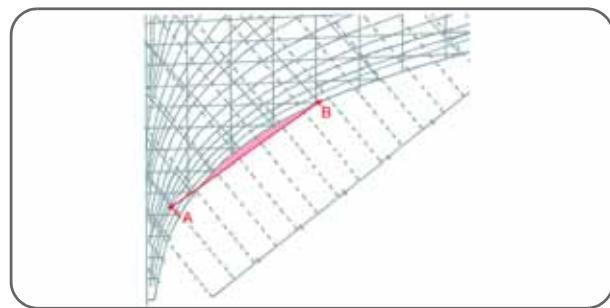
Option : Un interrupteur anti-vibrations sera fourni.

Note : Pour connaître la disponibilité des armoires de commandes de moteurs BAC pour une gamme de produits spécifique, contacter le représentant BAC Balticare local.

Diminution du panache

Refroidissement évaporatif et panache

- L'air est aspiré à la condition A.
- L'air se charge de chaleur et d'eau dans le refroidisseur évaporatif de fluide (il est refoulé à la condition B).
- L'air ambiant sert de conteneur de chaleur à l'air refoulé (ligne AB).
- L'intersection des lignes de saturation génère un panache visible.
- Grande zone d'intersection : plus de panache, petite zone d'intersection : moins de panache.

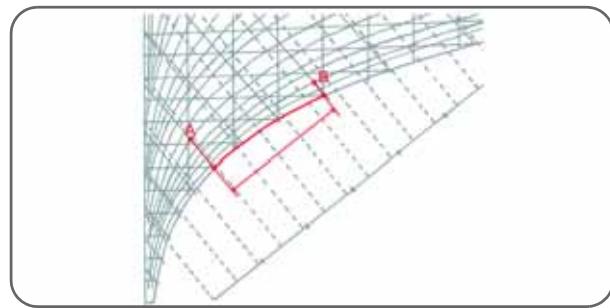


Note: Le panache est de la vapeur d'eau condensée et est inoffensif pour l'environnement.

Condition de l'air ambiant

La température et l'humidité relative de l'air aspiré influencent la condition de l'air refoulé. Selon la condition de l'air aspiré, l'air refoulé N'EST PAS TOUJOURS SATURÉ À 100 %.

- Air ambiant sec : l'air refoulé a une faible humidité relative et une température élevée.
- Air ambiant humide : l'air refoulé a une humidité relative élevée et une température plus basse.
- Air ambiant chaud : l'air refoulé a une plus faible humidité relative et une température plus élevée.
- Air ambiant froid : l'air refoulé a une humidité relative plus élevée et une température plus basse.
- L'air refoulé des tours de refroidissement à circuit ouvert est généralement plus saturé que l'air refoulé des produits évaporatifs à batterie.



L'ÉVALUATION DE LA FORMATION DU PANACHE REQUIERT :

la connaissance des conditions climatiques (air ambiant) dans lesquelles l'équipement sera utilisé. La connaissance approfondie du transfert de chaleur par évaporation pour déterminer l'humidité relative et la température de l'air refoulé dans les conditions climatiques dominantes.

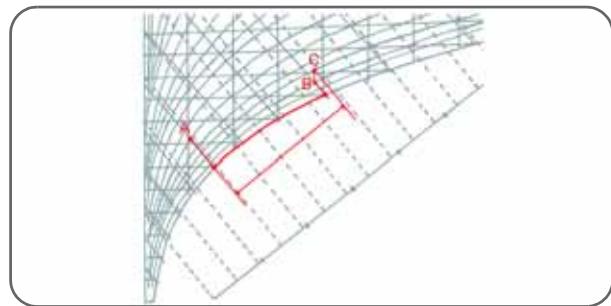
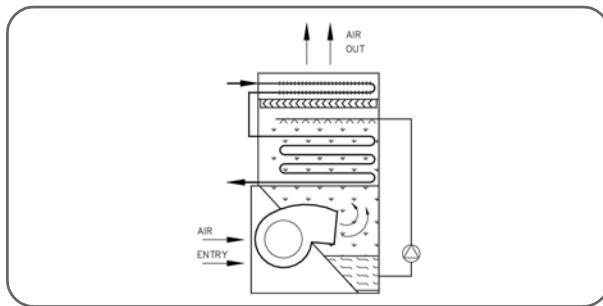
Facteurs influençant le panache

- L'humidité élevée de l'air ambiant et de l'air refoulé renforce le potentiel de formation du panache et vice-versa.
- Une grande différence de température entre l'air refoulé et l'air ambiant augmente le potentiel de formation du panache et vice-versa.
- Un ratio charge thermique/débit d'air élevé génère une grande différence de température et un potentiel élevé de formation du panache et vice-versa (généralement, le ratio charge thermique/débit d'air est plus faible pour les produits évaporatifs à batterie).

Pour un appareil retenu, la formation du panache est fonction de la charge thermique réelle, et des conditions climatiques et doit être évaluée dans un large éventail de conditions de fonctionnement. BAC fournit la méthode d'évaluation y afférente.



Batterie à diminution de panache



Des batteries à diminution de panache de grande surface sont installées au refoulement d'air des produits évaporatifs à batterie et raccordées en série à la batterie « humide ». Pour être efficaces, elles doivent présenter de faibles pertes de charge côté air et fluide. Cela se traduit par :

- une augmentation significative de la capacité de fonctionnement à sec ;
- une forte augmentation de la température de l'air refoulé pour réduire/éliminer le panache durant le fonctionnement en mode humide ;
- un transfert additionnel de chaleur sensible durant le fonctionnement en mode humide, qui permet d'économiser sur la consommation et les coûts de traitement d'eau.

Prévoir les dimensions et les performances des batteries à diminution de panache requiert l'évaluation approfondie du comportement thermodynamique et des caractéristiques de l'air ainsi que la compréhension de l'influence des conditions climatiques. BAC est à même de fournir des batteries à diminution de panache de dimensions appropriées ainsi que des données de performance précises.

Stratégie de modulation de capacité

La modulation de capacité de l'équipement de refroidissement évaporatif influence considérablement la formation du panache.

- L'absence de modulation de capacité se traduit par le plus faible rapport charge thermique/débit d'air et un faible potentiel de formation du panache.
- Les entraînements doubles (BALTIGUARD) et les moteurs à deux vitesses se traduisent par un ratio charge thermique/débit d'air plus élevé ; l'utilisation des batteries à diminution de panache permet dans ce cas d'éliminer le panache de manière acceptable.
- Moduler la capacité côté air se traduit par le ratio charge thermique/débit d'air le plus élevé, ce qui génère le plus haut potentiel de formation du panache.

Les stratégies de modulation du fonctionnement et de la capacité font partie intégrante du processus d'évaluation du panache. Consulter le représentant BAC Balticare local pour conseil et assistance.

Formules

Lois de la ventilation

Les lois de la ventilation peuvent être utilisées pour prévoir approximativement les performances de l'équipement à une vitesse de ventilation différente :

Débit 2 = Débit 1 ($kW2/kW1$) $^{1/3}$

Formules

Delta T° = Température d'entrée – Température de sortie

Approche = Température de sortie – Température au bulbe humide

Chaleur rejetée

Réjection de chaleur (kW) = Débit (l/s) x Delta T° (°C) x 4,186

Conversions de température

Fahrenheit/Celsius : Temp (°C) = 0,5556 5temp (°F) – 32

Celsius/Fahrenheit : Temp (°F) = 1,8 Temp (°C) + 32

Principe de base de l'électricité

$U = R \times I$

U = Tension (volts), I= courant (ampères), R = résistance (ohms)





Pièces de rechange

Les pièces BAC sont parfaitement adaptées à votre tour de refroidissement. Ces pièces sont spécifiquement conçues et réalisées pour fonctionner dans une tour de refroidissement. Ce sont les pièces ad hoc, proposées à des prix compétitifs, et BAC offre les meilleurs délais de livraison du marché.

BAC stocke la plupart des pièces courantes et pièces de remise à niveau dans son Centre de Distribution de Pièces et peut expédier d'autres pièces, souvent du jour au lendemain, depuis n'importe laquelle de ses deux sites de production, implantés de manière stratégique en Europe.

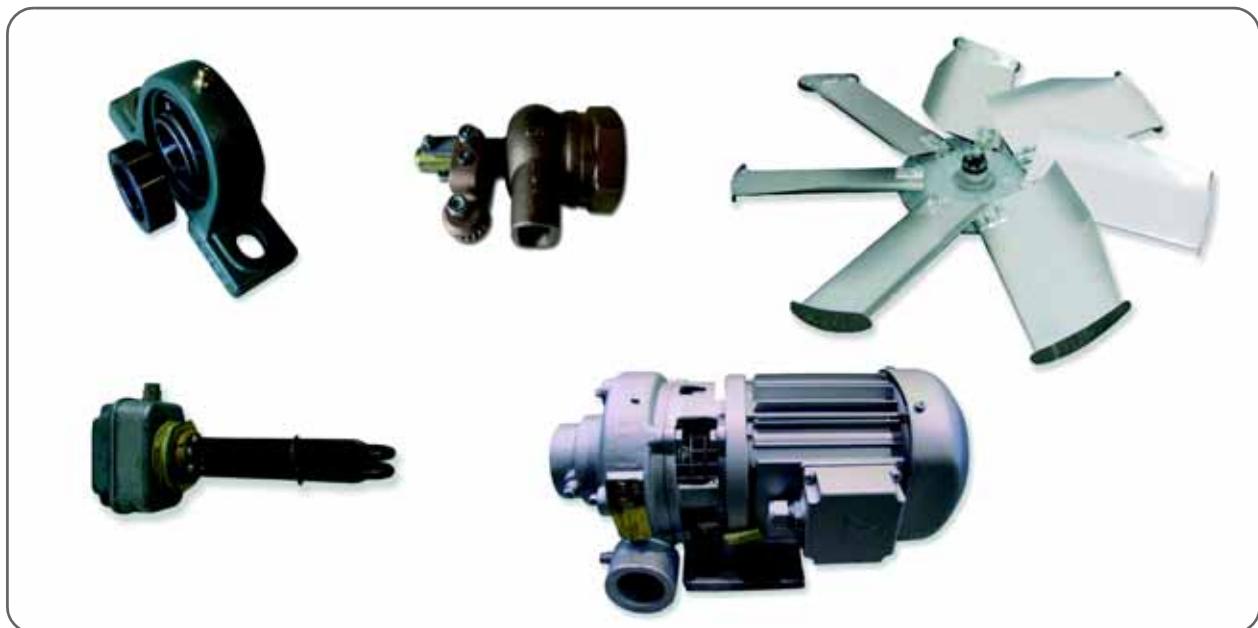
Bien que nos délais de livraison soient très courts, nous recommandons à nos clients de conserver certaines pièces de réparation de première urgence essentielles sur site afin de réduire au minimum les risques d'arrêt de l'installation.

Pièces de rechange de base recommandées

- Jeu de paliers
- Vanne à flotteur ou kit de réparation
- Flotteur
- Électrovanne (si l'appareil est équipé d'un dispositif électronique de régulation du niveau d'eau)
- Courroie multi-gorges ou jeu de courroies
- Kit de pulvérisateurs avec joints
- Thermoplongeur et interrupteur de niveau d'eau bas
- Joint de trappe de visite
- Tamis (d'entrée et d'aspiration)
- Moyeux de ventilateur et d'entraînement

Pièces à considérer si un arrêt prolongé pose problème

- Pompe de pulvérisation pour les tours avec batterie
- Ventilateur hélicoïde ou turbines
- Arbre de ventilateur
- Poules d'entraînement
- Moteur de ventilateur



Conseils d'utilisation

Introduction

Les bonnes performances de l'équipement de refroidissement dépendent de la sélection correcte de la conception de l'ensemble du système, de l'installation, du traitement de l'eau et de la maintenance ainsi que de l'attention apportée à ces éléments. L'objet de ce document est de souligner les principaux points à prendre en considération lors de la conception d'un système équipé d'un produit de refroidissement évaporatif BAC.

Configurations de l'équipement

Les appareils de refroidissement évaporatif BAC existent dans les configurations suivantes.

	Tours de refroidissement	Tours de refroidissement à circuit fermé	Condenseurs évaporatifs
Contre-courant	VXT, VTL, RCT, IMT	VXI, VFL	VXC, VXC-C, VCL
Courant croisé	Série 3000D, FXT, TXV		
Courant combiné		FXV, HXI	CXV, HXC

Charge thermique

La sélection d'un modèle particulier dépend de la capacité thermique et de la température au bulbe humide. Les données de la capacité thermique sont basées sur la température au bulbe humide de l'air entrant dans l'appareil et ne tiennent pas compte de la recirculation de l'air refoulé chaud et humide qui peut avoir lieu dans certaines conditions météorologiques et éoliennes. La vérification de ces valeurs suppose un essai conforme à un essai standard reconnu et l'utilisation de tolérances enregistrées durant l'essai et appliquées aux résultats de l'essai.

Conditions de fonctionnement

	Tours de refroidissement		Tours de refroidissement évaporatif à circuit fermé		Condenseurs évaporatifs	
	Contre-courant	Courant croisé	Contre-courant	Courant combiné	Contre-courant	Courant combiné
Pression nominale batterie standard (bars)	NA	NA	10	10	22	22
Pression nominale batterie à haute pression (kPa)	NA	NA	NA	NA	28	28
Pression de pulvérisation max. à l'entrée (kPa)	50	NA	14	14	14	14
Espacement standard surface de ruissellement (mm)(1)	14	19	NA	19	NA	19
Température d'entrée max. (°C)	55	50	80	60	120	120
Température d'entrée CPVC max. (°C)	65	58	NA	NA	NA	NA
Température d'entrée PP max. (°C)	80	NA	NA	NA	NA	NA
Température de sortie min. (°C)	5	5	10	10	-20	-20
Pression vanne d'appoint d'eau mécanique (kPa) (2)	100-500	100-500	100-500	100-500	100-500	100-500

(1) La surface de ruissellement BACount® (PVC ou CPVC) a un espace de 14 mm et elle est utilisée sur toutes les tours de refroidissement à contre-courant sauf sur les modèles IMT et RCT. Pour ces gammes de produits, les options d'espacement standard de la surface de ruissellement sont de 12 mm ou de 19 mm. D'autres options sont disponibles sur demande. L'espacement des surfaces de ruissellement PP est de 12 mm pour les modèles VXT et VTL, de 12 mm ou 19 mm pour les modèles IMT ou RCT.

(2) S'assurer que l'alimentation en eau d'appoint est appropriée au bon fonctionnement de l'équipement dans la plage de pression d'alimentation adaptée à la vanne d'appoint d'eau. D'autres vannes peuvent être sélectionnées.





Compatibilité des matériaux de construction

Surfaces de ruissellement des tours de refroidissement

La surface d'échange de chaleur est du type film et elle convient pour les eaux de la plupart des applications de refroidissement en tour. Pour les applications de refroidissement où l'eau est contaminée par des solides de grosse taille, des polluants organiques ou à base d'huile ou de graisse, il faut envisager l'utilisation des surfaces d'échange de chaleur alternatives ayant un plus grand espacement.

Tours de refroidissement à circuit fermé et batteries de condensation

La batterie standard, à surface lisse, est constituée d'un serpentin continu en acier. Elle est conçue pour une faible perte de charge avec des tubes inclinés pour favoriser la vidange. La batterie est encastrée dans un cadre en acier et tout l'ensemble est galvanisé en plein bain après fabrication.

Les fluides qui circulent à l'intérieur des batteries doivent être compatibles avec le matériau de construction des batteries, à savoir :

- acier noir pour les batteries galvanisées en plein bain standard ;
- acier inoxydable AISI 304L ou 316L (en option) ;
- acier galvanisé pour les batteries nettoyables en option (VXI, FXV).

Les batteries standard peuvent contenir certains polluants comme de l'oxyde de fer au carbone ou des particules de soudure. Il faut tenir compte de la présence d'air humide à l'intérieur de la batterie en cas d'utilisation de réfrigérants halocarbonés (ou HFC) et de composants du système sensibles tels que les dispositifs d'expansion électroniques ou les compresseurs semi-hermétiques. L'installateur doit prendre les précautions nécessaires sur site, dont le nettoyage et la vidange complets de l'installation ainsi que la mise en place de filtres/séchoirs afin de préserver ces composants lors de leur fonctionnement en association avec les batteries de condensation. Il n'est pas rare de devoir remplacer fréquemment les cartouches de filtre durant la première année de fonctionnement.

Qualité de l'eau

Le refroidissement évaporatif s'effectue par évaporation d'une petite portion d'eau. Comme l'eau s'évapore, les solides dissous présents dans cette eau restent dans le système. La concentration des solides dissous augmente rapidement et peut atteindre des niveaux inacceptables. De plus, les impuretés et les polluants biologiques en suspension dans l'air entrent souvent dans l'eau de recirculation car le refroidisseur évaporatif « lave » l'air.

Si les impuretés et les polluants ne sont pas contrôlés efficacement, ils peuvent générer l'entartrage, la corrosion, la formation de boue ou l'encrassement biologique, qui réduisent l'efficacité du transfert de chaleur et augmentent les coûts de fonctionnement du système.

Pour une efficacité optimale du transfert de chaleur et une durée de vie maximale de l'équipement, la qualité de l'eau d'appoint et de recirculation doit rester dans les limites ci-dessous.

Eau d'appoint

L'eau d'appoint alimentant le refroidisseur évaporatif doit avoir une dureté exprimée en CaCO₃ comprise entre 30 et 70 ppm.

S'il est nécessaire d'utiliser un adoucisseur d'eau pour obtenir cette dureté, l'eau alimentant le refroidisseur évaporatif ne doit pas être totalement adoucie, mais mélangée à de l'eau non adoucie pour obtenir une dureté minimale en CaCO₃ comprise entre 30 et 70 ppm.

Maintenir l'eau d'appoint à une dureté minimale compense les propriétés corrosives d'une eau entièrement adoucie et réduit la dépendance aux inhibiteurs de corrosion pour protéger le système.

Qualité de l'eau de circulation (cycles de concentration)

La qualité de l'eau de recirculation est liée à celle de l'eau d'appoint par les **cycles de concentration**.

Exemple : si une eau d'appoint donnée avait 45 ppm de chlorures, il serait possible d'utiliser le système à $150/45 = 3,33$ cycles de concentration sans dépasser les 150 ppm de chlorures admises pour un appareil en acier galvanisé / Zinc Aluminium ou protégé par Baltiplus.

Noter que ce calcul doit être répété pour **tous** les paramètres de référence (sulfates, alcalinité, etc.) et le plus petit nombre de cycles de concentration résultant devra être utilisé.

Conseils d'utilisation

Protection Baltiplus	
pH	7.0 à 9.0
Dureté en (CaCO ₃)	30 à 500 mg/l
Alcalinité en (CaCO ₃)	500 mg/l max.
Total solides dissous	1.000 mg/l max.
Chlorures	125 mg/l max.
Sulfates	125 mg/l max.
Conductivité	1200 µS/cm
Javellisation (chlore libre) : en continu	1 mg/l max.
Javellisation (chlore libre) : dosage par lots pour nettoyage et désinfection	5-15 mg/l max. pendant 6 h max.

Tableau 8: Paramètres de qualité de l'eau de circulation pour la protection Baltiplus

Système de protection anticorrosion BALTIBOND	
pH	6.5 à 9.0
Dureté en (CaCO ₃)	30 à 500 mg/l
Alcalinité en (CaCO ₃)	500 mg/l max.
Total solides dissous	1.500 mg/l max.
Chlorures	250 mg/l max.
Sulfates	250 mg/l max.
Conductivité	1800 µS/m
Javellisation (chlore libre) : en continu	2 mg/l max.
Javellisation (chlore libre) : dosage par lots pour nettoyage et désinfection	5-15 mg/l max. pendant 6 h max.

Tableau 9: Paramètres de qualité de l'eau de circulation pour le système de protection anticorrosion Baltibond

	Composite extrudé
pH	6,5 à 9.0
Dureté en (CaCO ₃)	30 à 500 mg/l
Alcalinité en (CaCO ₃)	500 mg/l max.
Total solides dissous	1.500 mg/l max.
Chlorures	250 mg/l max.
Sulfates	250 mg/l max.
Conductivité	1800 µS/cm
Chloration : en continu	2 mg/l max.
Chloration : dosage par choc pour nettoyage et désinfection (en chlore libre)	5-15 mg/l max. pendant 6 h max.

Tableau 10: Paramètres de qualité de l'eau de circulation pour le composite extrudé





	SST AISI 304	SST AISI 316
pH	6.5 à 9.0	6.5 à 9.0
Dureté en (CaCO ₃)	50 à 500 mg/l	50 à 500 mg/l
Alcalinité en (CaCO ₃)	500 mg/l max.	500 mg/l max.
Total solides dissous	1.500 mg/l max.	1.500 mg/l max.
Chlorures	250 mg/l max.	500 mg/l max.
Sulfates	250 mg/l max.	500 mg/l max.
Conductivité	2500 µS/m	2500 µS/m
Javellisation (chlore libre) : en continu	2 mg/l max.	2 mg/l max.
Javellisation (chlore libre) : dosage par lots pour nettoyage et désinfection	5-15 mg/l max. pendant 6 h max.	5-15 mg/l max. pendant 6 h max.

Tableau 11: Paramètres de qualité de l'eau de circulation pour l'acier inoxydable

Purge de déconcentration

Pour prévenir l'accumulation excessive d'impuretés dans l'eau de recirculation, une petite quantité d'eau doit être purgée du système de recirculation. Dans de nombreux endroits, cette purge constante et le renouvellement en eau d'appoint fraîche maintiendra la concentration des impuretés dans le système à un niveau acceptable.

Le débit de purge dépendra des cycles de concentration requis pour maintenir la qualité de l'eau de recirculation et du taux d'évaporation.

Après avoir déterminé les cycles de concentration, on peut calculer le débit de purge à l'aide de l'équation suivante : $B = E / (N - 1)$

Où B = Débit de purge en l/s ; E = Taux d'évaporation en l/s ; N = Nombre de cycles de concentration.

Le taux d'évaporation maximum peut être déterminé par l'une des méthodes suivantes.

1. Le taux d'évaporation est d'environ 1,8 litre pour 1.000 kcal de réjection de chaleur.
2. Le taux d'évaporation est d'environ 1,8 litre pour 4180 kJ de réjection de chaleur.
3. Taux d'évaporation = Débit d'eau (l/s) x delta T° (°C) x 0,0018
4. Taux d'évaporation = Réjection de chaleur totale kW / 2322 = l/s

Exemples

Méthode n° 2 : À un débit de 10 l/s et un Delta T° de refroidissement de 10 °C, le taux d'évaporation est de 0,18 l/s ($10 \text{ l/s} \times 10 \text{ °C} \times 0,0018 = 0,18 \text{ l/s}$)

Méthode n° 4 : La charge thermique étant de 418 kW, le taux d'évaporation est de 0,18 l/s ($418 / 2322 = 0.18 \text{ l/s}$).

Note: La méthode de calcul susmentionnée ne doit pas être utilisée pour déterminer la consommation d'eau de l'équipement de refroidissement évaporatif. En plus de la charge thermique et de la qualité de l'eau, la consommation d'eau dépend des conditions climatiques, de la stratégie de modulation de capacité et de la configuration de l'équipement. Les calculs de consommation d'eau sont donc complexes et ne doivent pas être basés sur le taux d'évaporation maximum, qui est produit par temps sec. Les méthodes de calcul susmentionnées servent uniquement au dimensionnement approprié de la purge de déconcentration.

Débit total de l'eau d'appoint

Débit d'eau d'appoint = Taux d'évaporation + Débit de purge + Perte de gouttelettes

Le taux d'évaporation et le débit de purge sont calculés comme indiqué ci-dessus. Si l'équipement est doté d'éliminateurs de gouttelettes très efficaces et bien entretenus (fournis en standard par Baltimore Aircoil), la perte de gouttelettes par entraînement vésiculaire peut être jugée insignifiante par rapport au taux d'évaporation et au débit de purge.

Noter que si d'autres composants du système doivent répondre à des paramètres de qualité d'eau de recirculation plus rigoureux, il faudra suivre les plus rigoureux d'entre eux.

Traitement de l'eau

Suivre les conseils de traitement d'eau ci-après.

1. Les produits chimiques de traitement d'eau ou les traitements non chimiques doivent être compatibles avec les matériaux de construction utilisés dans le système de refroidissement, équipement de refroidissement évaporatif compris.
2. Les produits chimiques de traitement d'eau doivent être ajoutés à l'eau de recirculation par un système d'injection automatique et proportionnel. Cela évitera les fortes concentrations localisées de produits chimiques, qui peuvent provoquer la corrosion. Les produits chimiques de traitement d'eau doivent être injectés de préférence dans le système de refroidissement côté refoulement de la pompe de recirculation. Les produits chimiques ne doivent pas être introduits sous forme concentrée ni être ajoutés dans le bassin d'eau froide de l'équipement sous forme de traitement choc en quantité importante.
3. Le traitement acide de l'eau n'est pas recommandé. Le traitement acide peut être envisagé pour les tours de refroidissement à circuit ouvert dotées du système de protection anticorrosion BALTIBOND® ou construites en acier inoxydable, à condition de suivre les conseils ci-dessus.
4. Consulter une société compétente en matière de traitement d'eau pour le programme de traitement d'eau spécifique à appliquer. Outre la fourniture de l'équipement de dosage et de contrôle ainsi que des produits chimiques, le programme doit comprendre le suivi mensuel de la qualité de l'eau de circulation et d'appoint.

Contrôle de la pollution biologique et traitement de l'eau

Le développement incontrôlé d'algues, de limons et autres microorganismes réduira l'efficacité du transfert de chaleur et pourrait contribuer à la prolifération de microorganismes potentiellement nuisibles, comme les bactéries du type Legionella, dans le système de recirculation d'eau. Par conséquent, il faut mettre en œuvre un programme de traitement spécifiquement conçu pour contrôler le niveau bactériologique, et ce la première fois qu'on remplit le système d'eau, puis lors de la maintenance périodique de ce dernier, conformément aux réglementations (nationales, régionales) existantes ou aux règlements et usages de bonne pratique EUROVENT 9-5 et 6.

Il est fortement recommandé de contrôler régulièrement la contamination bactériologique de l'eau de recirculation (par exemple, en effectuant chaque semaine un test de flore totale (quantité totale de bactéries aérobies) par Dip slide ou languettes imprégnées et d'enregistrer tous les résultats. (TAB = Total Aerobic Bacteria ou quantité totale de bactéries aérobies)

Outre le contrôle constant de la pollution bactériologique, il peut être nécessaire de mettre en œuvre un traitement d'eau pour éviter l'entartrage ou la corrosion.

Afin d'identifier tous les risques et de mettre en œuvre les mesures de protection les plus adaptées au système et à son environnement, il est recommandé de faire réaliser une analyse méthodique des risques par un spécialiste en matière d'évaluation des risques. Il est également recommandé de développer un plan de fonctionnement du système de refroidissement.

Emplacement

Chaque tour de refroidissement, refroidisseur ou condenseur évaporatif doit être installé et positionné de manière à empêcher que l'air refoulé, et les gouttelettes qui lui sont associées, susceptibles de contenir des polluants comme les bactéries du type Legionella, n'entre dans les systèmes de ventilation ou les fenêtres ouvertes des bâtiments. Afin d'exploiter au maximum la performance thermique, le lieu d'installation de l'équipement doit être choisi de sorte que l'air alimente librement toute la surface de la prise d'air. De plus, il faut garantir l'accès à tous les points de maintenance et d'inspection. Si l'équipement est installé dans une enceinte ou entouré de murs, son sommet doit être au même niveau ou plus haut que le sommet des murs adjacents afin de réduire la possibilité que l'air refoulé chaud et humide ne retourne vers la ou les prises d'air.

Dans certains cas, l'équipement devra alors être surélevé ou équipé de hottes ou de gaines au refoulement. En cas de surélévation (plus de 300 mm au-dessus du sol), il est nécessaire de doter l'équipement VX d'un panneau de fond plein afin d'assurer la protection des pièces mobiles et de garantir que l'air sera aspiré horizontalement dans la tour de refroidissement et non par le fond (l'aspiration d'air par le fond peut être envisagée, mais requiert la réduction de la vitesse nominale de ventilation pour éviter la surcharge du moteur de ventilateur).





Pour les installations intérieures d'un équipement avec ventilateur centrifuge à soufflage forcé, il est courant d'installer une gaine à l'aspiration et au refoulement d'air. Cette gaine doit être conçue pour une distribution d'air uniforme et une perte de charge minimale et des portes doivent être prévues pour accéder à l'intérieur de la gaine et, de là, à l'équipement. Dans certains cas, le local technique peut servir de plenum d'aspiration ; dans ce cas, seule la gaine au refoulement est nécessaire. Dans ce cas, il faut prendre des mesures pour éviter une distribution d'air non uniforme lors de la marche ou de l'arrêt des ventilateurs et/ou des cellules, par exemple en utilisant des registres de fermeture au refoulement ou à l'aspiration.

Tuyauterie

Généralités

La tuyauterie doit être dimensionnée et installée selon les règles de bonne pratique. Il faut éviter les situations de bras morts et de stagnation d'eau dans la tuyauterie. Si plus d'un raccordement d'entrée est requis, il faut installer des vannes d'équilibrage pour bien équilibrer le débit vers chaque entrée. Selon la conception du circuit hydraulique, il peut également être nécessaire d'installer des vannes d'équilibrage aux raccordements d'aspiration des tours. L'utilisation de vannes d'arrêt est dictée par la nécessité d'isoler (automatiquement ou manuellement) les cellules ou les tours pour la modulation de capacité ou la maintenance. Si l'équipement est installé sur des rails anti-vibration, il faut installer des compensateurs dans la tuyauterie de raccordement.

Tours de refroidissement à circuit ouvert

La capacité du bassin de toutes les tours de refroidissement étant limitée, celui-ci ne peut accumuler qu'une certaine quantité d'eau de vidange depuis le système vers la tour lorsque la pompe de circulation s'arrête. Il faut donc installer tous les échangeurs de chaleur et la majeure partie possible de la tuyauterie de la tour en dessous du niveau de fonctionnement de la tour. Un représentant BAC Balticare peut indiquer la capacité disponible du bassin pour la vidange du système selon le modèle donné et les conditions de fonctionnement.

En cas d'utilisation de plusieurs tours de refroidissement sur un système commun, installer des conduites d'égalisation entre les bassins des tours pour garantir l'équilibre du niveau d'eau. Les conduites d'égalisation standard sont conçues pour une différence de niveau d'eau maximale (entre bassins) de 25 mm et un débit d'égalisation de 15 % du débit d'eau de circulation pour la plus grande tour d'un système dont les tours de refroidissement sont très proches les unes des autres. Pour bien fonctionner, la tuyauterie de raccordement (posée par des tiers) doit maintenir le même diamètre sur toute la longueur. Si l'on souhaite l'isolation hydraulique de cellules individuelles, une vanne d'arrêt est nécessaire dans la tuyauterie d'égalisation.

Tours de refroidissement à circuit fermé

La tuyauterie de fluide doit permettre une flexibilité de dilatation et de contraction entre les composants du système. Toute la tuyauterie de fluide doit être supportée séparément de l'équipement par des crochets ou autres supports. Dans un système entièrement fermé, il faut installer un vase d'expansion pour purger l'air du système et permettre l'expansion du fluide.

Il faut installer un purgeur ou un événement au point haut de la tuyauterie et une vidange au point bas pour permettre la vidange complète des batteries.

Condenseurs évaporatifs

Voir le manuel technique des condenseurs évaporatifs BAC. Pour les installations dotées de vannes à flotteur haute pression, s'assurer que la tuyauterie de fluide entre la sortie du condenseur et la ou les vannes est dimensionnée pour une faible vitesse de réfrigérant (0,5 m/s) de sorte que le fonctionnement des vannes ne soit pas gêné par le gaz vaporisé, et qu'une conduite d'égalisation est correctement installée. Pour les systèmes à refroidissement par huile en thermosiphon, assurer une égalisation adéquate et une différence de hauteur suffisante entre le ou les condenseurs et l'accumulateur de liquide.

Modulation de capacité

Généralités

La plupart des systèmes de refroidissement sont sujets à des changements substantiels des conditions de charge thermique et de température ambiante durant la saison de fonctionnement. La capacité de l'équipement de refroidissement évaporatif varie considérablement lorsque la température au bulbe humide change. Pour éviter que l'intérieur de l'équipement ne gèle à une température ambiante inférieure à 0°C et/ou si l'on souhaite maintenir une température relativement constante de l'eau de refroidissement, certaines méthodes de modulation de capacité sont

requises. La meilleure méthode de modulation est de réduire le débit d'air dans l'équipement pour adapter les conditions de charge thermique et de température ambiante. La modulation du débit d'eau (de fluide) comme mode de régulation de capacité n'est pas recommandée. Quelle que soit la méthode de modulation de capacité adoptée, il est nécessaire de mettre la pompe de circulation en marche avant le ou les moteurs de ventilateurs. Il faut également éviter le fonctionnement prolongé de la ou des pompes de circulation seules, sans que le ou les ventilateurs ne tournent, lorsque la température est inférieure à 0°C.

Fonctionnement intermittent des ventilateurs

Le fonctionnement intermittent des ventilateurs est la méthode de modulation de capacité la plus simple et elle adaptée aux installations à plusieurs cellules. Le nombre d'étages de modulation disponibles pour le fonctionnement intermittent des ventilateurs est généralement déterminé par le nombre de moteurs de ventilateurs. Sur certains modèles toutefois, deux moteurs de ventilateurs doivent fonctionner simultanément par intermittence pour éviter que la distribution d'air ne soit pas uniforme. Pour plus de détails, consulter le représentant BAC Balticare. Plus le nombre d'étages disponibles est élevé, meilleure sera la régulation de la température de l'eau de refroidissement. Un fonctionnement intermittent rapide peut provoquer la surchauffe du moteur de ventilateur. Il est recommandé de régler la modulation pour autoriser un maximum de 6 cycles marche/arrêt par heure.

Variateurs de vitesse

Le nombre d'étages disponibles pour le fonctionnement intermittent des ventilateurs peut être augmenté à l'aide de systèmes d'entraînement à plusieurs vitesses. Cette opération peut être effectuée en installant des moteurs à plusieurs vitesses (Dahlander/Deux vitesses à enroulements séparés) ou le système d'entraînement BALTIGUARD®.

Le ventilateur tournant deux fois plus lentement (Dahlander/Deux vitesses à enroulements séparés), la capacité nominale de la tour sera d'environ 60 % ; le ventilateur tournant aux 2/3 de la vitesse nominale (BALTIGUARD), la capacité nominale de la tour sera d'environ 70%. Lors du passage de la grande à la petite vitesse, il faut prévoir un intervalle d'au moins 15 s avant de pouvoir activer l'entraînement à petite vitesse pour permettre aux ventilateurs de ralentir.

Modulation de capacité

La modulation de capacité est recommandée si l'on souhaite contrôler plus précisément la température d'eau de refroidissement ou la pression de condensation et, en particulier, si le fonctionnement en mode « free cooling » par température extérieure négative est prévu. La modulation de capacité peut être réalisée avec des registres de régulation (uniquement pour les modèles à ventilateur centrifuge). Les registres de régulation modulent le débit d'air pour aligner la capacité de la tour sur la charge thermique et la température ambiante du système. Les servomoteurs des registres fera passer le ou les moteurs de ventilateur en petite vitesse et ensuite à l'arrêt lorsque les registres atteignent la position minimale (fermeture).

En alternative aux registres de régulation, on peut installer des dispositifs de variation de la vitesse de rotation du ventilateur. Dans ce cas, il faut prendre des mesures pour éviter de les utiliser à la ou à proximité de la «vitesse critique» de rotation du ventilateur. Consulter le représentant BAC ou la société BAC Balticare pour toutes les applications utilisant des variateurs de vitesse afin de déterminer si une vitesse critique est possible et si le moteur de ventilateur prévu est adapté à cette application. Les moteurs de ventilateurs doivent être équipés de sondes PTC pour ces applications afin de faciliter la protection contre la surchauffe des moteurs. En cas d'utilisation de rails anti-vibration en association avec des dispositifs de variation de vitesse de rotation du ventilateur, les ressorts anti-vibration doivent être à forte déflexion et la vitesse minimale de rotation du ventilateur fonctionnant en continu doit être limitée pour éviter les fréquences de résonance avec les ressorts.

La modulation de capacité est le meilleur moyen de contrôler précisément les températures de l'eau de refroidissement bien que, même avec la modulation de capacité, la température de l'eau de refroidissement ou la pression de condensation variera quelque peu, en particulier, à faible charge thermique ou lors de la mise en service. Dans les applications avec tours de refroidissement à circuit ouvert ou fermé, où ces variations ne peuvent être tolérées (mise en service du groupe froid à absorption), il faut prévoir un by-pass supplémentaire pour stabiliser les températures.

Protection hivernale

Généralités

À moins d'arrêter et de vidanger le système durant la saison froide, il faut prendre des mesures pour le protéger du gel en hiver, durant le fonctionnement et à l'arrêt. La protection antigel durant le fonctionnement est réalisée en sélectionnant une méthode adéquate de modulation de capacité. Pour des charges relativement constantes et des températures d'eau de refroidissement ou de condensation supérieures à 15°C, la régulation à étages est





habituellement appropriée. Pour des charges variables, en particulier, si elles sont associées au fonctionnement en mode « free cooling », la modulation de capacité est recommandée.

En cas d'arrêt de l'équipement lorsqu'il gèle, il faut protéger l'eau du bassin. Cela peut être réalisé en installant des thermoplongeurs dans le bassin. Les thermoplongeurs standard sont dimensionnés pour maintenir l'eau du bassin à +4°C lorsque la température ambiante descend à -18°C.

Tous les thermoplongeurs ont six bornes d'alimentation et une borne de terre. Les thermoplongeurs à six bornes peuvent être câblés en étoile sur un réseau électrique de 400 volts triphasé ou en triangle sur un réseau électrique de 230 volts triphasé. En alternative, tous les thermoplongeurs peuvent être utilisés sur un réseau électrique de 230 volts monophasé si les bornes sont câblées en parallèle. Les thermoplongeurs doivent être dimensionnés pour maintenir l'eau du bassin à une température de 4°C à une température ambiante définie (par exemple : -18°C). Ils sont installés avec un thermostat et un interrupteur de niveau d'eau bas pour éviter que les thermoplongeurs ne fonctionnent lors de la vidange du bassin.

La vidange du bassin dans un bassin séparé installé dans une zone protégée contre le gel est une alternative au chauffage auxiliaire du bassin intégré. Le dimensionnement du bassin séparé doit comprendre la vidange de la tuyauterie extérieure, du système de distribution d'eau de la tour, de l'eau en suspension sur la surface de ruissellement ou la batterie et du bassin ainsi que l'eau nécessaire pour éviter la cavitation à l'intérieur du bassin séparé.

En plus du bassin, toute la tuyauterie d'eau exposée, les pompes et les conduites d'appoint d'eau, y compris les vannes mécaniques ou électriques, non vidangées à l'arrêt, doivent être pourvues de traçage chauffant et d'isolation.

Protection des batteries des tours de refroidissement à circuit fermé, des aéroréfrigérants et des refroidisseurs adiabatiques

Si le système le permet, la meilleure protection contre le gel des batteries est d'utiliser une solution antigel. Si ce n'est pas possible, le système doit être conçu pour remplir les conditions suivantes.

1. Maintenir constamment le débit minimum recommandé (voir les données techniques des produits BAC) dans la ou les batteries.
2. Maintenir une charge thermique sur le fluide en circulation de sorte que la température du fluide sortant du refroidisseur ne descende pas en dessous de 10°C (voir les « Données techniques » relatives aux déperditions thermiques).

La vidange de la ou des batteries n'est pas recommandée comme méthode de protection antigel ordinaire à moins que la ou les batteries ne soient en acier inoxydable ou du type nettoyable. Pour les batteries galvanisées en plein bain standard, la vidange est acceptable comme méthode de protection antigel extraordinaire. Dans ce cas, il faut installer une vanne de vidange automatique et un événement pour vidanger la ou les batteries si le débit s'arrête ou si la température du fluide descend en dessous de 10°C lorsque la température ambiante est inférieure à 0°C.

Panache et diminution du panache

Côté refoulement, des gouttelettes d'eau peuvent se former par condensation de l'air refoulé chaud et humide au contact de l'air ambiant plus froid lorsqu'il sort de l'équipement. Ce type de condensation correspond au panache visible qui apparaît souvent au-dessus de l'équipement de refroidissement évaporatif en hiver. La vapeur d'eau issue de la condensation contient des gouttelettes d'eau pure non nuisible. Dans certains cas, le panache visible est considéré comme une gêne ; il faut alors prendre des mesures pour réduire au minimum ou éliminer la formation du panache. Pour en savoir plus, consulter le représentant BAC Balticare.

Câblage électrique et commandes

Le câblage vers les composants électriques peut être effectué via des presse-étoupes adéquats. Les entrées électriques inutilisées doivent être hermétiquement bouchées.

Si les moteurs sont équipés de sondes PTC, ces dernières doivent être incorporées dans le circuit de commande pour protéger les moteurs contre la surchauffe. L'utilisation de thermoplongeurs anti-condensation est, elle aussi, fortement recommandée.

Démarrage des moteurs de ventilateurs

Les moteurs de ventilateurs ayant une puissance nominale plaquée de 5,5 kW peuvent généralement être mis en marche en mode direct. Au-delà de cette puissance, le moteur doit être mis en marche avec un démarreur en étoile/triangle et non en mode direct. Le démarrage en mode direct requiert une forte intensité de courant de démarrage et impose un couple de démarrage élevé sur les entraînements de ventilateurs. En alternative, un dispositif de démarrage progressif ou un variateur de fréquence peut être utilisé à la place du démarreur étoile/triangle, selon les besoins du projet. Dans tous les cas, il faut incorporer des dispositifs de protection dans le circuit de commande pour protéger le moteur contre la surchauffe.

Bruit

BAC fournit des données acoustiques sous forme de niveaux de pression acoustique dans 5 directions, à 1,5 m et 15 m de l'équipement, ainsi que sous forme de niveaux de puissance sonore totale. Les données sont disponibles pour l'équipement avec et sans atténuateurs acoustiques et doivent servir de référence pour toute spécification acoustique et garantie pour les installations extérieures. Pour les installations intérieures, il est préférable de spécifier des niveaux de puissance sonore partielle pour les zones d'aspiration et de refoulement d'air. Pour les spécifications de pression acoustique relatives aux installations intérieures, consulter le représentant BAC Balticare.

Maintenance

La maintenance régulière, conformément aux instructions d'utilisation et de maintenance BAC appropriées et aux principaux règlements et usages locaux, est essentielle au fonctionnement efficace et sûr d'une tour de refroidissement, d'un refroidisseur ou d'un condenseur évaporatif. Un programme de maintenance et d'inspection régulier doit être défini, exécuté et documenté. Pour bien exécuter la maintenance et l'inspection, selon les conditions du site, il pourrait être nécessaire d'installer des échelles, des crinolines, des escaliers, des plates-formes d'accès avec mains courantes et garde-pieds appropriés à la sécurité et au confort du personnel de service et de maintenance autorisé.

Sécurité

Pour la sécurité de fonctionnement d'un équipement non protégé, exposé à un vent dépassant les 120 km/h, installé à plus de 30 m du sol, contacter le représentant BAC Balticare local.

Pour la sécurité de fonctionnement d'un équipement installé dans une zone à risque moyen et élevé, contacter le représentant BAC Balticare local.





Glossaire

Climatisation : régulation de la température, de l'humidité, de la pureté (qualité) et de la circulation de l'air dans un espace confiné.

Débit d'air : distribution ou déplacement de l'air dans un espace ; généralement mesuré en mètre cube par minute (m³/min).

Appareil de ventilation : composant central d'un système HVAC qui distribue l'air climatisé vers des destinations variées.

Algues : petites plantes, habituellement aquatiques, ayant besoin de lumière pour pousser.

Air ambiant : atmosphère environnante.

Température ambiante : température de l'air ambiant telle que la température de l'air extérieur qui circule autour d'un bâtiment.

Approche : différence entre la température d'eau sortante et la température au bulbe humide.

ARI : Air-Conditioning and Refrigeration Institute (Institut de climatisation et réfrigération).

ASHRAE : American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers (Société américaine des ingénieurs en chauffage, réfrigération et climatisation).

Biocide : produit chimique capable de tuer les microorganismes vivants.

Polluants biologiques : organismes vivants ou agents issus de ces organismes (ex. : virus, bactéries, champignons, antigènes de mammifères et oiseaux) pouvant être inhalés et provoquer divers types de problèmes de santé, dont réactions allergiques, troubles respiratoires, hypersensibilités et maladies infectieuses. Également appelés « organismes microbiologiques » ou « organismes microbiens ».

Purge : eau délibérément éliminée de l'équipement de refroidissement évaporatif pour réguler la concentration des solides dissous dans le système.

Raccordement de by-pass : raccordement d'entrée équipant le bassin d'eau froide d'un appareil, qui permet à l'eau de recirculation de contourner le média de transfert de chaleur lorsque les pompes tournent alors que le refroidissement évaporatif n'est pas requis.

Capacité : puissance ou potentiel de production d'une pièce de l'équipement. La capacité de refroidissement évaporatif est généralement exprimée en kW.

Entraînement d'eau : perte excessive de gouttelettes.

Caisson : panneaux extérieurs d'un appareil de refroidissement évaporatif.

Cellule : plus petite subdivision d'un appareil, pouvant fonctionner de manière indépendante ; plusieurs cellules sont souvent utilisées ensemble pour former un « appareil » de plus grande capacité.

Celsius (C) : échelle de températures basée sur les points de congélation (0 degrés) et d'ébullition (100 degrés) de l'eau. Également connu sous le nom de « centigrade ». *Conversion en Fahrenheit* : $^{\circ}\text{F} = 1.8(^{\circ}\text{C}) + 32$

Charge : quantité de réfrigérant remplie dans un appareil de réfrigération.

Groupe froid : dispositif produisant de l'eau réfrigérée pour le refroidissement d'applications HVAC et industrielles.

Eau de circulation : voir « Eau de recirculation ».

Cogénération : production simultanée d'au moins deux formes d'énergie utilisable à partir d'un seul combustible, comme l'énergie thermique et l'énergie électrique ou mécanique, dans une même installation.

Batterie : tube, souvent aileté, contenant un gaz ou un liquide et échangeant l'énergie thermique avec l'air ou l'eau qui l'entoure aux fins du chauffage ou du refroidissement.

Bassin d'eau froide : bassin de réception qui contient l'eau froide traitée par l'appareil de refroidissement évaporatif.

Courant combiné : utilisation simultanée d'une batterie et d'une surface de ruissellement aux fins de l'échange de chaleur dans une tour de refroidissement à circuit fermé ou dans un condenseur évaporatif. Le courant combiné réduit l'évaporation dans la section batterie.

Refroidissement de confort : processus de traitement de l'air pour réguler sa température afin d'assurer le confort aux occupants d'un espace climatisé.

Secteur commercial : définit généralement des établissements non destinés à la production ; cette classification comprend les hôtels, les restaurants, les bureaux, les magasins, les écoles, etc.

Mise en service : mise en route d'un bâtiment, comprenant essais et réglages du système HVAC, de l'électricité, de la plomberie et autres systèmes afin d'assurer leur bon fonctionnement et leur conformité aux critères de conception. La mise en service comprend également la formation du personnel chargé du fonctionnement à l'utilisation des systèmes du bâtiment.

Compresseur : pompe d'un mécanisme de réfrigération qui aspire un gaz à basse pression côté refroidissement du cycle de réfrigération et le comprime côté haute pression du cycle. Le compresseur maintient une pression adéquate afin que le débit de réfrigérant soit suffisant pour remplir les conditions de refroidissement du système.

Conduction : transfert de chaleur à travers un matériau solide. Transfert de chaleur à travers un matériau (solide, liquide ou gazeux) par le mouvement des atomes et molécules adjacents sans gros déplacement des particules.

Contacteur : interrupteur servant à ouvrir ou fermer un circuit électrique.

Convection : mouvement de chaleur par débit d'air.

Tour de refroidissement : appareil dans lequel l'air et l'eau sont distribués ensemble sur un média de transfert de chaleur afin d'abaisser la température de l'eau via refroidissement évaporatif.

Inhibiteurs de corrosion : produits chimiques conçus pour éviter ou ralentir la corrosion des métaux côté eau.

Contre-courant : écoulement de l'air en sens contraire de celui de l'eau.

Courant croisé : écoulement de l'air perpendiculairement au sens d'écoulement de l'eau.

CTI : Cooling Technology Institute ou Institut de la technologie du refroidissement. Organisation, composée de propriétaires et d'utilisateurs d'équipements de refroidissement évaporatif, de constructeurs d'équipements et de fournisseurs de composants ainsi que de spécialistes en matière de traitement d'eau, qui préconise et promeut l'utilisation de systèmes de transfert de chaleur par évaporation respectueux de l'environnement au bénéfice du public à travers la formation, la recherche, le développement de normes, les relations avec les gouvernements et l'échange d'informations techniques.

Courant : flux d'électrons dans un conducteur électrique. Son intensité ou son débit est généralement mesuré en ampères.

Registre : série de plaques mobiles pouvant être ouvertes ou fermées pour réguler le débit d'air dans un espace.

Décibel (dB) : intensité d'un son. Unité de mesure sans dimension utilisée dans le contrôle du bruit. Logarithmiquement, elle exprime l'intensité sonore par rapport à un niveau de référence (0,00002 microbar).

Cycle de dégivrage : processus d'élimination de la glace ou du givre qui s'accumule sur un composant de l'équipement en hiver.

Delta (ou Delta T ou fT) : différence de température. Souvent utilisée en matière de différence entre la température de l'eau entrante et la température de l'eau sortante d'une tour de refroidissement ou d'une tour de refroidissement à circuit fermé.

Demande (utilisation) : débit auquel l'électricité ou le gaz naturel sont fournis à ou par un système, une partie du système ou un composant de l'équipement à un moment donné ou en moyenne sur une période donnée. La demande d'électricité est généralement exprimée en kilowatts.

Facturation de la demande : Les besoins en puissance électrique pour lesquels un gros utilisateur paie. La facturation peut être basée sur la pointe de demande du client durant l'année du contrat, sur un maximum précédent ou un minimum convenu. Elle est mesurée en kilowatts.

Montant de la demande : somme due par un gros consommateur d'électricité pour son niveau de pointe de demande.

Conditions de conception : Ensemble de conditions spécifiques au climat local et à l'utilisation prévue du bâtiment, utilisées pour calculer la charge de refroidissement du bâtiment.

Point de saturation : température à laquelle l'air devient saturé d'eau et commence à se condenser et à former de la rosée.

Perte de gouttelettes : génération d'aérosols par l'air refoulé d'un appareil de refroidissement évaporatif.

Éliminateur de gouttelettes : composant de la plupart des appareils de refroidissement évaporatif conçu pour éliminer les gouttelettes d'eau de l'air qui y circule.

Température au bulbe sec (BS) : température mesurée par un thermomètre standard. Mesure de la température sensible de l'air.

Efficacité : rapport entre l'énergie utilisable et l'énergie mise en œuvre de n'importe quel système.

Réchauffeur à résistance électrique : dispositif produisant de la chaleur à travers une résistance électrique.

Énergie : selon la définition générale, l'énergie est la capacité de travail. Dans l'industrie électrique, l'énergie est plus précisément l'électricité fournie dans le temps et elle est généralement exprimée en kilowatts.

Système de gestion de l'énergie : système de contrôle conçu pour réguler la consommation d'énergie d'un bâtiment en contrôlant le fonctionnement des systèmes consommant de l'énergie tels que les systèmes de chauffage, ventilation et climatisation (CVC), d'éclairage et de chauffage de l'eau.





Sources Techniques

Température de l'eau entrante : température du fluide lorsqu'il retourne vers l'équipement de refroidissement évaporatif depuis la source de chaleur du système.

Enthalpie : fonction thermodynamique d'un système, qui équivaut à la somme de l'énergie interne du système plus le produit de son volume multiplié par la pression que son environnement exerce sur lui.

Raccordement d'équilibrage : raccordement du bassin d'eau froide d'un appareil, permettant de relier la tuyauterie (dite « conduite d'égalisation ») entre cet appareil et le bassin d'un autre appareil ; les conduites d'égalisation servent à corriger toute différence de niveaux d'eau susceptible de se former durant le fonctionnement.

Refroidissement évaporatif : refroidissement réalisé par l'échange de chaleur latente sous forme d'évaporation.

Volume de descente (Volume de Pulldown) : volume d'eau à l'intérieur d'une tuyauterie extérieure et d'un échangeur de chaleur qui retourne vers l'appareil lorsque la pompe s'arrête, égal au volume de descente total moins l'eau en suspension dans l'appareil et son système de distribution.

Pression statique extérieure : pression exercée sur l'équipement de refroidissement par des sources extérieures telles que gaines et atténuateurs acoustiques.

Fahrenheit (F) : échelle de température sur laquelle les points d'ébullition de l'eau sont de 212 degrés et de 32 degrés à une pression atmosphérique normale. *Conversion en Celsius* : $^{\circ}\text{C} = ({}^{\circ}\text{F} - 32)/1,8$

Ventilateur axial : dispositif de ventilation constitué par des pales de turbine orientée autour d'un arbre central, habituellement avec anneau d'entrée d'air aérodynamique ; les ventilateurs axiaux brassent généralement de grosses quantités d'air à basse pression par rapport aux ventilateurs centrifuges pour la même puissance de ventilation.

Ventilateur centrifuge : dispositif de ventilation constitué par des pales de turbine orientées radialement et parallèlement à l'arbre central, tenu par un anneau et un moyeu ; les ventilateurs centrifuges brassent généralement de plus petites quantités d'air que les ventilateurs axiaux, mais à une plus haute pression pour la même puissance de ventilation.

Centrale Monobloc : appareil fournissant l'air climatisé directement à l'espace occupé.

Plate-forme de ventilateur : surface finie adjacente à un ventilateur axial monté à l'horizontale servant parfois de surface de travail pour effectuer la maintenance si les mesures de sécurité appropriées sont prises (mains courantes, échelle, etc.)

Polyester renforcé à la fibre de verre : matériau composite non corrosif constitué par une matrice en résine plastique, d'un renforcement en fibre de verre et autres additifs.

Surface de ruissellement : surface de transfert de chaleur où l'air et l'eau s'interfacent.

Filtration : processus de séparation des solides d'un liquide au moyen d'un média filtrant au travers duquel seul le liquide passe.

Boîte d'écoulement : petit canal reliant deux tours de refroidissement et permettant à l'eau de s'écouler d'un bassin d'eau froide à un autre ; la boîte d'écoulement sert à corriger toute différence de niveaux d'eau susceptible de se former durant le fonctionnement et elle a généralement un plus fort débit qu'une conduite d'égalisation.

Soufflage forcé : lié à l'installation du ou des ventilateurs sur l'équipement de refroidissement évaporatif. Sur l'équipement à soufflage forcé, les ventilateurs sont installés côté aspiration pour « forcer » ou pousser l'air au travers de l'appareil.

Encrassement : développement organique ou autres dépôts sur les surfaces de transfert de chaleur provoquant une perte d'efficacité.

Fréquence : nombre de cycles développés par un courant alternatif en une seconde. La fréquence d'utilisation électrique standard en Europe Unis est de 60 cycles par seconde (60 Hertz).

Ampérage à pleine charge : intensité de courant d'un moteur à pleine charge.

Échangeur de chaleur : dispositif de transfert de chaleur de la source au média de transport.

Pompe à chaleur : dispositif capable à la fois de chauffer et de refroidir un espace, selon les besoins de l'utilisateur en matière de confort. Les pompes à chaleur sont généralement contrôlées individuellement et, par conséquent, une pompe à chaleur dans une pièce peut chauffer alors qu'une pompe à chaleur dans une pièce adjacente peut refroidir.

Transfert de chaleur : transport de chaleur d'un endroit à un autre.

Hertz (Hz) : unité de fréquence des ondes électromagnétiques égale à un cycle par seconde.

Bassin d'eau chaude : bassin de réception contenant l'eau chaude d'un appareil de refroidissement évaporatif et doté d'un système de distribution par gravité.

Humidité : quantité d'eau dans l'air.

HVAC (ou CVC) : Heating, Ventilation and Air Conditioning ou Chauffage, ventilation et climatisation.

Tirage induit : lié à l'installation du ou des ventilateurs sur l'équipement de refroidissement évaporatif. Sur l'équipement à tirage induit, les ventilateurs sont installés côté refoulement pour « induire » l'air dans l'appareil.

Secteur industriel : définit généralement des établissements de production, de construction, d'extraction minière, de l'agriculture, de la pêche et de l'industrie forestière.

Interférence : réintroduction d'air refoulé chaud d'un appareil de refroidissement évaporatif dans la prise d'air d'un appareil adjacent. Pour éviter l'interférence, suivre précisément les recommandations d'exécution et d'implantation fournies par les constructeurs de l'équipement.

Inverseur : voir « Variateur de fréquence ».

ISO 9001: 2000: norme reconnue internationalement traitant de tous les aspects de la gestion de la qualité en matière de conception et de réalisation d'un produit.

l/s : mesure du débit de liquide (litres par seconde).

Chaleur latente : chaleur provoquant un changement d'état si ajoutée ou enlevée, mais ne produisant pas de changement de température. Par exemple, chaleur transformant une substance de l'état de liquide à l'état de vapeur, mais n'augmentant pas sa température.

Température de l'eau sortante : température du fluide lorsqu'il sort de l'équipement de refroidissement évaporatif pour retourner à la source de chaleur du système.

Legionella : type de bactérie ; la plupart des espèces de ce type sont capables de provoquer des maladies chez l'homme. La légionellose ou maladie du légionnaire, une maladie semblable à la pneumonie, est provoquée par une bactérie du type *Legionella*.

Coût de durée de vie : somme d'argent nécessaire pour posséder, utiliser et entretenir un composant de l'équipement au cours de sa durée de vie.

Charge : demande de services ou de performances à une machine ou un système ; ex. : quantité de réjection de chaleur requise par l'équipement de refroidissement évaporatif.

Déflecteur : série de clapets inclinés permettant à l'air d'entrer, mais empêchant les gouttelettes d'eau de sortir.

m/s (mètre cube par seconde) : mesure standard du débit indiquant combien de mètres cube d'air passent par un point fixe en une seconde.

Eau d'appoint : eau ajoutée à l'eau de recirculation pour compenser les pertes dues à l'évaporation et à la purge.

NEMA : National Electric Manufacturing Association ou Association nationale de production d'électricité.

Pulvérisateur : dispositif servant à réguler et orienter l'écoulement d'un fluide.

Parties par millions (ppm) : unité représentant une comparaison de masse à masse, de volume à volume, de masse à volume, etc. ; généralement utilisée pour représenter la concentration de solides dissous dans l'eau de recirculation de l'équipement de refroidissement évaporatif.

Plenum : espace ouvert d'un appareil de refroidissement évaporatif à courant croisé à travers lequel l'air est aspiré avant d'être refoulé dans l'atmosphère.

Panache : air refoulé saturé formant un nuage visible au-dessus de l'équipement de refroidissement évaporatif dans certaines conditions de température et d'humidité.

Polychlorure de vinyle (PVC) : polymère de chlorure de vinyle souvent utilisé pour la surface (film) d'un média de transfert de chaleur et la tuyauterie d'un équipement de refroidissement évaporatif assemblé en usine.

Puissance : force de transfert de l'énergie. L'électricité utilisée comme énergie est également appelée « puissance ».

Maintenance préventive : maintenance régulière réalisée pour réduire les possibilités de pannes soudaines ou imprévues de l'équipement.

Descente (Pulldown) : eau recueillie dans le bassin d'eau froide d'un appareil lorsque les pompes du système s'arrêtent.

Pompe de pulvérisation : dispositif de déplacement d'eau sur une tour de refroidissement à circuit fermé ou un condenseur évaporatif permettant de transporter l'eau de pulvérisation du bassin au système de distribution d'eau afin de mouiller la surface de transfert de chaleur.

Pompe du système : dispositif de déplacement de fluide permettant de transporter le fluide à refroidir (eau dans une tour de refroidissement, eau, glycol ou autre fluide dans une tour de refroidissement à circuit fermé) vers la tour et de le renvoyer au système en continu.

Plage : différence entre la température de l'eau entrante et la température de l'eau sortante d'un appareil de refroidissement évaporatif. Voir également « Delta ».

Eau de recirculation : eau circulant sur la batterie ou la surface de ruissellement d'un appareil de refroidissement évaporatif.





Sources Techniques

Recirculation : situation se présentant lorsque l'air refoulé chaud retourne dans les prises d'air de l'équipement de refroidissement évaporatif. Pour éviter la recirculation, suivre précisément les recommandations d'exécution et d'implantation fournies par les constructeurs de l'équipement.

Récupération : traitement ou renvoi du réfrigérant utilisé au fabricant ou à la société de traitement pour destruction ou réutilisation.

Réfrigérant : produit chimique qui passe de l'état de vapeur à l'état de liquide et, au cours de ce processus, diminue en température.

Charge de réfrigérant : quantité de réfrigérant dans un système.

Modification : terme générique s'appliquant à tout changement après l'achat originel tel qu'ajout d'équipements ou d'accessoires à une installation existante.

Température de saturation : également appelée « point d'ébullition » ou « température de condensation ». Température à laquelle un réfrigérant passe de l'état de liquide à l'état de vapeur et vice-versa.

Tartre : accumulation de solides issus des matières minérales contenues dans l'eau comme le calcium et le magnésium, la plupart du temps appelée « dépôts de tartre ».

Inhibiteur de tartre : produit chimique ajouté à l'eau pour inhiber la formation du tartre.

Chaleur sensible : chaleur provoquant un changement de température si ajoutée ou enlevée, mais ne produisant pas de changement d'état.

Séparateur : dispositif utilisant la force centrifuge pour séparer les particules d'une suspension ; utilisé pour éliminer le sédiment des systèmes de refroidissement évaporatif.

Point de consigne : température sur laquelle un thermostat est réglé pour obtenir la température voulue dans un espace chauffé.

Atténuateur acoustique : composant monté à l'aspiration ou au refoulement d'air d'un appareil de refroidissement évaporatif pour réduire le bruit d'origine aéraulique.

Chaleur spécifique : quantité de chaleur, en kJ, nécessaire pour augmenter la température de 1 kilogramme de matériau de 1°C.

Tamis : filtre servant à éliminer les gros solides en suspension d'un liquide.

Liquide sous-refroidi : réfrigérant liquide refroidi en dessous de sa température de saturation.

Raccordement d'aspiration : raccordement de sortie à travers lequel l'eau sortante est renvoyée par pompage vers le groupe froid.

Bassin : bassin d'eau froide de l'équipement de refroidissement évaporatif.

Vapeur surchauffée : vapeur de réfrigérant chauffée au-delà de sa température de saturation.

Stockage de glace (énergétique) : technologie réduisant la quantité d'électricité nécessaire à la climatisation de confort durant les périodes de pointe de charge. Le système de stockage de glace (énergétique) d'un bâtiment peut, par exemple, utiliser l'énergie pendant les heures creuses pour fabriquer la glace de nuit, puis utiliser la glace pour refroidir de jour.

Thermostat : dispositif de régulation de la température constitué par une série de sondes et de relais qui contrôlent et commandent les fonctions d'un système de chauffage et de refroidissement.

Volume de descente (pulldown) total : quantité d'eau en suspension dans l'appareil et son système de distribution durant le fonctionnement plus l'eau contenue dans la tuyauterie extérieure et les échangeurs de chaleur qui retourne vers l'appareil lorsque la pompe s'arrête.

Vanne : tout dispositif servant à réguler le débit d'un fluide dans la tuyauterie.

Variateur de fréquence : dispositif électronique qui régule la vitesse d'un moteur en variant la fréquence de la tension alimentant ce moteur. Également connu sous le nom d'« inverseur ».

Température au bulbe humide (BH) : température à laquelle l'eau, en s'évaporant dans l'air, peut saturer l'air à la même température.

Glossaire



Baltimore Aircoil