



## 1. Bases

### 1.1 Types de systèmes de chauffage, de ventilation, de climatisation et de réfrigération

Les systèmes de chauffage, de ventilation, de climatisation et de réfrigération sont regroupés sous le terme générique de systèmes CVC. Ces installations peuvent remplir une seule ou une combinaison de plusieurs fonctions.

Les chauffages sont des installations servant au chauffage de bâtiments et de locaux (chauffage de bâtiment) et à la production d'eau chaude sanitaire. Les centrales de cogénération d'une puissance électrique allant jusqu'à 1 MW et les installations de combustion de plaquettes (pellets) et de granulés de bois sont assimilées aux installations de chauffage.

Les ventilations sont des installations servant à la ventilation et l'aération de bâtiments et de locaux sans réfrigération et sans dés-/humidification de l'air.

Les systèmes de climatisation sont des installations servant à la génération et au maintien de températures et de valeurs d'humidité de l'air réglables dans des bâtiments et locaux.

Les systèmes de réfrigération sont des dispositifs servant à la génération de températures inférieures à la température ambiante à des fins de refroidissement de locaux ou de processus.

### 1.2 Champ d'application

La présente aide à l'exécution s'applique de manière générale aux systèmes de chauffage, de ventilation, de climatisation et de réfrigération (systèmes CVC) au sens de l'annexe 6, chiffre 1, alinéa 1, lettre e de l'ordonnance sur la protection contre le bruit (OPB). Elle s'applique notamment aussi bien aux installations fixes que mobiles, ainsi qu'aux installations servant temporairement à l'exploitation d'une installation fixe.

Exemples de systèmes de chauffage, de ventilation, de climatisation et de réfrigération au sens de l'annexe 6, ch. 1, al. 1, let. e OPB :

- Chauffages à mazout et à gaz
- Chauffages au bois
- Centrales de cogénération

*L'aide à l'exécution est disponible en plusieurs langues. En cas de divergences entre les différentes versions linguistiques, seule la version allemande fait foi. Les autres versions linguistiques sont des traductions de la version allemande.*

- Systèmes de ventilation
- Systèmes de ventilation du foin, ventilation et aération d'étables
- Ventilateurs aspirants
- Climatiseurs
- Aérorefroidisseurs
- Installations de refroidissement
- Groupes frigorifiques pour camions
- Conteneurs frigorifiques sur trains stationnés
- Systèmes de ventilation et de climatisation des trains de voyageurs stationnés

Les dispositions de la présente aide à l'exécution sont valables aussi bien pour les équipements des bâtiments que pour les systèmes CVC destinés aux processus.

Pour les pompes à chaleur air/eau, l'aide à l'exécution 6.21 « Évaluation acoustique des pompes à chaleurs air/eau » est applicable.

La présente aide à l'exécution ne traite pas de l'évaluation du bruit des équipements techniques des bâtiments au sens de la norme SIA 181 « Protection contre le bruit dans le bâtiment ».

Les centrales thermiques (chauffage à distance) et les installations servant à la production de biogaz issu de la biomasse destiné à l'exploitation de centrales de cogénération dépassent le champ d'application de cette aide à l'exécution, raison pour laquelle celle-ci ne traite pas des centrales de cogénération alimentées au biogaz ni de la production même de gaz.

Pour les installations de production d'énergie d'une puissance électrique de plus de 1 MW, les différentes parties de l'installation sont à considérer en fonction du type d'installation selon l'annexe 6, ch. 1, al. 1, let. a resp. let. e OPB.

Certains systèmes CVC peuvent émettre des vibrations et du bruit solidien. Cette thématique doit être prise en compte, mais n'est pas l'objet de cette aide à l'exécution.

Dans le but de démarquer la présente aide à l'exécution des « installations industrielles, artisanales et agricoles » au sens de l'annexe 6, ch. 1, al. 1, let. a OPB, quelques exemples d'installations correspondant à la let. a sont énumérés ci-dessous :

- Systèmes d'air comprimé
- Groupes électrogènes de secours
- Installations techniques de processus (p.ex. lyophilisation)

### 1.3 Bases légales

- Loi sur la protection de l'environnement du 7 octobre 1983 (LPE; RS 814.01)
- Ordonnance sur la protection contre le bruit du 15 décembre 1986 (OPB; RS 814.41)
- Jurisprudence

#### **Art. 11 al. 2 LPE (principe de précaution)**

*Indépendamment des nuisances existantes, il importe, à titre préventif, de limiter les émissions dans la mesure que permettent l'état de la technique et les conditions d'exploitation et pour autant que cela soit économiquement supportable.*

#### **Art. 7 al. 1 OPB (nouvelles installations fixes)**

*Les émissions de bruit d'une nouvelle installation fixe seront limitées conformément aux dispositions de l'autorité d'exécution :*

- dans la mesure où cela est réalisable sur le plan de la technique et de l'exploitation et économiquement supportable, et*
- de telle façon que les immissions de bruit dues exclusivement à l'installation en cause ne dépassent pas les valeurs de planification.*

#### **Art. 36 al. 1 OPB**

*L'autorité d'exécution détermine les immissions de bruit extérieur dues aux installations fixes ou ordonne leur détermination si elle a des raisons de supposer que les valeurs limites d'exposition en vigueur sont déjà ou vont être dépassées.*

#### **Art. 37a al. 1 et 2 OPB Fixation des immissions de bruit et contrôle**

*Dans sa décision concernant la construction, la modification ou l'assainissement d'une installation, l'autorité d'exécution consigne les immissions de bruit admissibles.*

*S'il est établi ou à craindre que les immissions de bruit dues à l'installation diffèrent notablement et durablement des immissions consignées dans la décision, l'autorité d'exécution prend les mesures nécessaires.*

#### **Annexe 6, chiffre 1, alinéa 1, lettre e OPB (champ d'application)**

*Les valeurs limites d'exposition selon le chiffre 2 s'appliquent au bruit produit par les installations de chauffage, de ventilation et de climatisation.*

## Conclusion

Le principe de précaution et le respect des valeurs de planification sont de valeur équivalente. Lors de l'évaluation, les deux doivent être pris en compte.

## Jurisprudence

La jurisprudence actuelle est disponible sur le site internet du Cercle Bruit [bruit.ch](http://bruit.ch)<sup>1</sup>.

## 1.4 Objectifs d'une exécution uniformisée

Il est nécessaire de s'assurer, déjà au niveau des procédures d'autorisation, que l'exploitation des systèmes CVC respecte les prescriptions légales fédérales de protection contre le bruit (prévention et valeur de planification) et ne conduira à aucun problème juridique lié au bruit. Par le biais d'une exécution uniformisée de l'évaluation des systèmes CVC, une sécurité est donnée aux fabricants, concepteurs de projets, maîtres d'ouvrage, voisins, installateurs et autorités d'exécution dans la préparation, la soumission et le traitement des demandes d'autorisation et des plaintes pour cause de bruit.

## 1.5 Valeur juridique de l'aide à l'exécution

La présente aide à l'exécution du Cercle Bruit est destinée en premier lieu aux autorités d'exécution. Elle concrétise des notions juridiques indéterminées provenant de lois et d'ordonnances et favorise une pratique d'exécution uniforme. Si les autorités d'exécution en tiennent compte, elle peuvent partir du principe que leur exécution est conforme au droit fédéral ; d'autres solutions sont également licites dans la mesure où elles sont conformes au droit en vigueur.

## 1.6 Moyens d'exécution

Les moyens suivants favorisent une uniformisation de l'évaluation acoustique des systèmes de chauffage, de ventilation, de climatisation et de réfrigération :

- Examen de l'application du principe de prévention (chapitre 2.1)
- Catalogue de mesures possibles de protection contre le bruit (chapitre 2.2)
- Indications pour la détermination du niveau d'évaluation (chapitre 2.3)
- Formulaire « Attestation du respect des exigences de protection contre le bruit pour les systèmes CVC pour les situations simples » (annexe 1)
- Exemples pratiques (annexe 2)

## 2. Évaluation

---

### 2.1 Principes pour le respect du principe de prévention

Le principe de prévention doit être pris en compte, indépendamment des nuisances existantes et du respect des valeurs de planification. Pour l'installation de nouveaux systèmes CVC, ce principe est respecté lorsque les émissions de bruit se situent dans un domaine correspondant à l'état de la technique, que l'emplacement est correctement choisi et que les horaires d'exploitation sont limités dans la mesure où cela est réalisable sur le plan de l'exploitation.

Il importe d'examiner au cas par cas si les émissions de bruit sont limitées dans la mesure que le permettent l'état de la technique et les conditions

d'exploitation, et pour autant que cela soit économiquement supportable.

Si les valeurs de planification sont respectées, d'autres mesures préventives ne sont considérées comme économiquement supportables par la jurisprudence uniquement lorsqu'une réduction considérable des émissions peut être obtenue à moindre coût (voir ATF 124 II 517 cons. 5a).

Des mesures supplémentaires de protection contre le bruit sont à prévoir lorsque les valeurs limites d'exposition sont respectées, mais que les immissions de bruit sont perceptibles chez les voisins et qu'une réduction considérable des émissions de bruit peut être obtenue à moindre coût.

<sup>1</sup> [www.bruit.ch](http://www.bruit.ch) > Gestion du bruit > Droit et loi > Jurisprudence > Bruit de l'industrie et de l'artisanat

Les mesures suivantes de réduction des émissions doivent être examinées dans le cadre de l'application du principe de prévention :

- Choix d'une installation avec un niveau de puissance acoustique bas : le système CVC correspond-il à l'état de la technique ou le niveau de puissance acoustique est-il excessivement haut ?
- Emplacement des parties bruyantes de l'installation : l'emplacement a-t-il été choisi de manière à ce que les immissions soient aussi faibles que possible dans le voisinage ?
- Mesures d'insonorisation et d'atténuation du bruit de toutes sortes : des mesures de protection contre le bruit sont-elles planifiées/ont-elles été mises en place ?
- Régulation de l'exploitation : les horaires d'exploitation ont-ils été limités dans la mesure que le permettent les conditions d'exploitation ?

### **2.11 L'état de la technique en tant que partie intégrante du principe de prévention**

L'état de la technique en matière de protection contre le bruit correspond à l'état de développement actuel de processus, d'installations ou de méthodes d'exploitation avancés qui permettent d'atteindre un niveau élevé de protection de l'environnement. Il s'agit de mesures permettant de limiter efficacement les émissions acoustiques, qui sont disponibles sur le marché et - tout en préservant la proportionnalité entre les coûts et les avantages - ont déjà fait leurs preuves dans la pratique.

## **2.2 Mesures de protection contre le bruit pour les systèmes CVC**

### **2.2.1 Systèmes de chauffage**

#### **Systèmes de chauffages à mazout et à gaz**

Mesures de protection contre le bruit :

- Capot d'insonorisation pour le brûleur
- Silencieux d'échappement
- Absorption acoustique dans le local d'installation
- Silencieux d'aspiration
- Brûleur modulant, dont la puissance s'adapte au besoin en puissance thermique
- Le bruit élevé à l'allumage du brûleur peut être réduit grâce à l'adaptation du brûleur à la chaudière
- Choix judicieux de la taille de la chaudière

#### **Systèmes de chauffage à plaquettes (pellets) et granulés de bois**

Mesures de protection contre le bruit :

- Capot d'insonorisation sur le moteur de vis sans fin
- Silencieux d'échappement
- Absorption acoustique dans le local d'installation
- Silencieux d'aspiration

#### **Centrales de cogénération**

D'un point de vue acoustique, il n'est pas nécessaire de faire la différence entre les divers types de moteurs tels que les moteurs diesel, à injection, à allumage par étincelle ou autres moteurs à quatre temps pour les centrales de cogénération (CCF), car ils ne se distinguent pas de manière significative les uns des autres d'un point de vue acoustique. La principale source sonore des CCF est généralement le moteur à combustion. Les bruits d'échappement sont à basse fréquence avec des pics de niveau autour de 60 à 80 Hz souvent perçus comme gênants ou dérangement [6]. Les pics de niveau à basse fréquence sont pris en compte dans l'évaluation du bruit à travers une augmentation de la composante tonale allant jusqu'à 6 dB.

Remarque : Les CCF peuvent également émettre des vibrations et du bruit solidien. Ceci doit être pris en compte lors de l'évaluation.

Une CCF avec moteur de combustion est constituée des composantes principales suivantes d'un point de vue acoustique :

- Bloc moteur y compris générateur électrique (Genset resp. module)
- Ouverture d'aspiration pour l'air de combustion avec filtre à air
- Système de refroidissement (ventilateurs des Aéro-refroidisseurs)
- Orifice d'échappement

Mesures de protection contre le bruit :

- Capot d'insonorisation et enceinte anti-bruit
- Silencieux d'échappement
- Absorption acoustique dans le local d'installation
- Silencieux d'aspiration et de refoulement
- Montage à faible vibration afin d'éviter la transmission de bruit solidien

## 2.22 Systèmes de ventilation

Mesures de protection contre le bruit :

- Régulation de la vitesse des ventilateurs et agrégats
- encoffrement des agrégats
- Silencieux d'aspiration et de refoulement
- Isolation contre les vibrations

## 2.23 Systèmes de climatisation

### Systèmes de climatisation compacts et split

Les systèmes de climatisation compacts et split sont semblables aux pompes à chaleur dans leur principe, mais avec un flux de chaleur inversé. En conséquence, les mesures de protection contre le bruit pour les pompes à chaleur (aide à l'exécution 6.21) peuvent être appliquées également aux systèmes de climatisation.

## 2.24 Systèmes de réfrigération

### Compresseur

Mesures de protection contre le bruit :

- Enceinte anti-bruit
- Montage à faible vibration afin d'éviter la transmission de bruit solidien
- Absorption acoustique dans le local d'installation

### Condenseur refroidi par air

Mesures de protection contre le bruit :

- Orientation de l'entrée et de la sortie d'air
- Produit à faible indice de bruit : ventilateurs à rotation lente avec surface de condensation agrandie en conséquence (en cas d'emplacement exposé, la fréquence de rotation ne doit pas dépasser  $500 \text{ min}^{-1}$  [6])
- Silencieux

### Tours de refroidissement

Mesures de protection contre le bruit :

- Ventilateur à faible bruit
- Réduction du bruit de l'eau dans la zone d'impact

## 2.3 Attestation du respect des exigences de protection contre le bruit

Les valeurs limites d'exposition applicables selon l'OPB ne doivent pas être dépassées. Le respect des valeurs limites doit être démontré à l'aide d'une attestation du respect des exigences de protection contre le bruit.

En application de l'annexe 6 OPB, le niveau d'évaluation  $L_r$  se calcule comme suit :

$$L_{r,i} = L_{eq,i} + K1_i + K2_i + K3_i + 10 \cdot \log(t_i / t_0)$$

$L_{r,i}$	Niveau d'évaluation partiel pendant la phase de bruit i
$L_{eq,i}$	Niveau moyen pondéré A pendant la phase de bruit i au lieu d'immission (valeur mesurée ou calculée)
$K1_i$	Correction de niveau pour la phase de bruit i selon le type d'installation
$K2_i$	Correction de niveau pour la phase de bruit i selon l'audibilité des composantes tonales du bruit au lieu d'immission
$K3_i$	Correction de niveau pour la phase de bruit i selon l'audibilité des composantes impulsives du bruit au lieu d'immission
$10 \cdot \log(t_i / t_0)$	Correction de la durée d'exploitation pour la phase de bruit i
$t_i$	Durée journalière moyenne de la phase de bruit i en minutes
$t_0$	720 minutes

$$L_r = 10 \cdot \log \sum 10^{0,1 \cdot L_{r,i}}$$

$L_r$	Niveau d'évaluation (Somme énergétique des niveaux d'évaluation partiels $L_{r,i}$ )
-------	--

Des explications supplémentaires concernant les corrections de niveau  $K1$  à  $K3$  et la correction de la durée d'exploitation  $10 \cdot \log(t_i/t_0)$  sont données au chapitre 2.4.

Le niveau d'évaluation  $L_r$  doit être déterminé au milieu des fenêtres ouvertes des locaux à usage sensible au bruit, respectivement à l'alignement des constructions pour les parcelles à bâtir non construites (limite de parcelle + distance de construction réglementaire)<sup>2</sup>. Les immissions de bruit dues exclusivement à une nouvelle installation - une fois garanti le respect des exigences et la mise en œuvre des mesures applicables en vertu du principe de prévention - ne doivent pas dépasser les valeurs de planification selon l'annexe 6 OPB<sup>3</sup>.

Pour les installations dans des immeubles, les valeurs limites sont également applicables à l'immeuble lui-même. Les locaux d'exploitation et les appartements situés sur sa propre aire d'exploitation font office d'exception.

Il est à noter que les valeurs de planification et les valeurs limites d'immission sont supérieures de 5 dB pour les locaux dans des exploitations situées dans des secteurs avec des degrés de sensibilité I, II ou III<sup>4</sup>.

<sup>2</sup> Art. 39 OPB

<sup>3</sup> Art. 7 al. 1 let. b OPB

<sup>4</sup> Art. 42 OPB

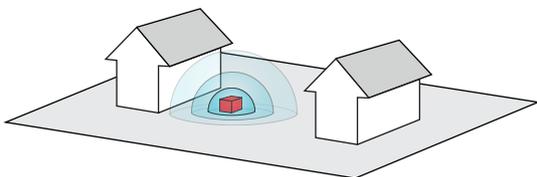
Le niveau moyen pondéré A  $L_{eq}$  au milieu des fenêtres ouvertes des locaux à usage sensible au bruit (lieu d'immission) peut être déduit du niveau de puissance acoustique  $L_{WA}$  de l'installation comme suit :

$$L_{eq} = L_{WA} - 11 \text{ dB} + D_C - 20 \cdot \log(s / s_0)$$

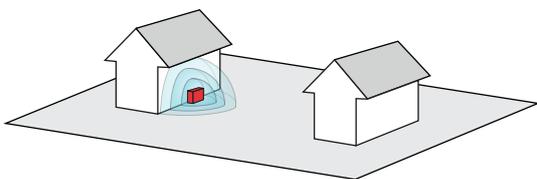
$L_{eq}$	Niveau moyen pondéré A au milieu des fenêtres ouvertes de locaux à usage sensible au bruit (valeur mesurée ou calculée)
$L_{WA}$	Niveau de puissance acoustique pondéré A
$D_C$	Facteur de directivité
$20 \cdot \log(s / s_0)$	Atténuation due à la distance
$s$	Distance $s$ en mètres entre l'installation et la fenêtre déterminante ou l'alignement des constructions pour les zones à bâtir non construites
$s_0$	1 mètre

Le niveau de puissance acoustique  $L_{WA}$  de l'installation est indiqué dans les spécifications du fabricant. Si des données détaillées telles que la répartition du niveau de pression acoustique en champ libre (caractéristique de directivité) sont disponibles et si l'orientation de l'installation est connue, celle-ci peut être prise en compte pour le calcul.

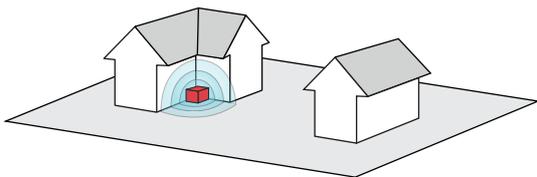
Le facteur de directivité  $D_C$  est de :



propagation libre +3 dB  
(à une distance d'au moins 5 mètres de la façade)



en façade +6 dB



dans un angle de façade rentrant +9 dB

## 2.4 Corrections de niveau et correction de la durée d'exploitation

### 2.4.1 Corrections de niveau

#### Correction de niveau K1

La correction de niveau K1 est de 5 dB le jour et de 10 dB la nuit pour les installations entrant dans le champ d'application de la présente aide à l'exécution.

Si les immissions des systèmes CVC d'un processus ne diffèrent à aucun moment du bruit général causé par l'installation industrielle, l'évaluation des immissions du système CVC peut exceptionnellement se faire par attribution à l'annexe 6, ch. 1, al. 1, let. a OPB. Leur est attribuée une correction de niveau de 5 dB pour les heures de jour et de nuit.

#### Correction de niveau K2

La « détermination » de la composante tonale est effectuée par un spécialiste qui détermine la correction de niveau sur la base de son expérience. Des techniques issues d'études peuvent également être utilisées [9], [10]. En outre, le chapitre 2.5 doit être pris en compte.

#### Correction de niveau K3

La « détermination » de la composante impulsive est effectuée par un spécialiste qui détermine la correction de niveau sur la base de son expérience. Des techniques issues d'études peuvent également être utilisées [10]. L'allumage et l'arrêt des systèmes CVC ne provoquent en général pas de pics de niveau. Par conséquent, la correction de niveau doit être fixée à  $K3 = 0$  dans la prévision du bruit. La présence effective d'une composante impulsive nettement ou fortement audible indique un défaut de fonctionnement. En application du principe de précaution, la composante impulsive de ces systèmes doit dans tous les cas être éliminée par le propriétaire du système, que les valeurs limites soient respectées ou non.

#### 2.42 Durée journalière moyenne des phases de bruit (Correction de la durée d'exploitation)

Pour les systèmes CVC exploités individuellement, aucune correction de la durée d'exploitation n'est effectuée pour l'évaluation générale.

Pour les systèmes CVC dont la durée d'exploitation est techniquement limitée par des horaires d'allumage et d'arrêt fixes (minuterie), une correction de la durée d'exploitation peut être prise en compte pour l'évaluation générale.

Si un système CVC fait partie d'une plus grande exploitation comprenant plusieurs systèmes fonctionnant en partie aussi bien simultanément qu'à des moments différents, la durée d'exploitation effective de chaque système peut être prise en compte en considérant une correction de la durée d'exploitation.

### 2.5 Systèmes avec composantes de bruit à basses fréquences

Les bruits d'un système CVC sont principalement perçus comme dérangent lorsqu'un vrombissement est perceptible. La nuisance se produit avant tout la nuit et dans un environnement résidentiel calme.

Le bruit peut déjà être dérangent même s'il est si faible qu'il est tout juste perceptible. En outre, selon les dimensions d'une pièce, les bruits techniques à basses fréquences peuvent former des « ondes stationnaires ». Cela peut signifier que le vrombissement peut être clairement entendu près des murs, mais pratiquement pas au milieu de la pièce.

Des bruits à basses fréquences peuvent être émis par exemple par les centrales de cogénération, les brûleurs, les compresseurs et les ventilateurs. Si ces bruits à basses fréquences ne dépassent pas les limites d'exposition mais provoquent néanmoins des nuisances, des mesures visant à limiter les émissions peuvent être définies sur la base de l'art. 11, al. 2 LPE. La norme DIN 45680 [14] peut être utilisée pour évaluer le degré de nuisance. Cette norme contient le critère d'évaluation  $L_{Ceq}-L_{Aeq}$ , qui doit être supérieur à 20 dB pour qu'il y ait nuisance

sonore à basse fréquence<sup>5</sup>. Si tel est le cas, une analyse de la bande de tiers d'octave est effectuée en tenant compte des seuils d'audibilité correspondants. L'analyse démontre quelles fréquences apparaissent resp. doivent être atténuées. Des mesures peuvent être définies en conséquence.

### 2.6 Systèmes avec niveaux de fonctionnement, plusieurs parties d'installation et installations à fréquence de rotation variable

Pour les systèmes CVC avec plusieurs niveaux de fonctionnement et les installations à fréquence de rotation variable, l'exploitation moyenne est évaluée. Si les niveaux de fonctionnement ont lieu durant des périodes clairement délimitées, les différents niveaux de fonctionnement sont considérés comme des phases de bruit au cours de la période d'évaluation.

Dans le cas de systèmes CVC de l'industrie, des arts et métiers et de l'agriculture composés de plusieurs installations partielles, l'exposition moyenne au bruit lors de l'exploitation représentative est évaluée. Si la charge opérationnelle de l'installation est limitée dans le temps ou si des phases de bruit spécifiques ont lieu qui diffèrent sensiblement de l'exploitation moyenne, celles-ci doivent être prises en compte spécifiquement.

### 2.7 Outil de calcul pour installations et situations simples

Pour le calcul du bruit d'installations individuelles et de situations environnantes simples, le formulaire « Attestation du respect des exigences de protection contre le bruit pour les systèmes CVC pour les situations simples » (annexe 1) peut être utilisé. Les grandes installations comprenant plusieurs sources partielles et les installations présentant des situations de propagation complexes doivent faire l'objet d'une expertise de bruit détaillée. Des programmes usuels de calcul du bruit peuvent être utilisés à cette fin.

<sup>5</sup> Le projet DIN 45680:2020-06 prévoit une nouvelle valeur seuil de 15 dB pour la différence de niveau  $L_{Ceq}-L_{Aeq}$ .

## 2.8 Vérification des immissions de bruit en cas de plaintes

Dans des circonstances particulières ou en cas de doute, il est judicieux d'effectuer des mesurages. La vérification des immissions de bruit à l'aide de mesurages est également indiquée en cas de plaintes. Dans la mesure de possible, le mesurage se fera à

la fenêtre ouverte du local à usage sensible au bruit le plus exposé. Le mesurage est déterminant pour l'évaluation.

### Précisions :

- Les corrections de niveau K2 (composante tonale) et K3 (composante impulsive) doivent être déterminées par un spécialiste au lieu d'immission.

## 3. Documentation complémentaire

---

### 3.1 Littérature

- [1] OFEV (Éd.) 2016: Détermination et évaluation du bruit de l'industrie et de l'artisanat. Office fédéral de l'environnement, Berne. L'environnement pratique n° 1636: 41 p.
- [2] SUVA, Des enceintes pour lutter contre le bruit, feuillet d'information réf. 66026
- [3] SUVA, Mesurage des émissions acoustiques produites par les machines, feuillet d'information réf. 66027
- [4] SUVA, Lutte contre le bruit des machines et des installations, feuillet d'information réf. 66076
- [5] Lips W., Strömungsakustik in Theorie und Praxis, Expert Verlag, Band 474
- [6] Lips W., Akustik für Gebäudetechnik-Ingenieure, Hochschule Luzern
- [7] Bayerisches Landesamt für Umwelt, Tieffrequente Geräusche bei Biogasanlagen und Luftwärmepumpen, Ein Leitfaden, 2011
- [8] VDI-Richtlinie 2715: Schallschutz an heiztechnischen Anlagen, November 2011
- [9] Bericht über die Beurteilungshilfe zur Bestimmung der Tonhaltigkeit von Wärmepumpen nach Anhang 6 der Lärmschutz-Verordnung, Autoren: Prof. Ercolino Rosa und Prof. Dr. Urs Bopp, Trefzer Rosa + Partner GmbH, Bündtenweg 4B, 4453 Nusshof
- [10] NDS-U Abschlussarbeit Modul E, Beurteilung von Ton- und Impulshaltigkeit nach LSV vom 23.3.2003, FHBB Fachhochschule Nordwestschweiz beider Basel / Autor: Bruno Buchmann / Betreuung: Dr. M. Ringger
- [11] VDI-Richtlinie 2081 Blatt 2: Geräuscherzeugung und Lärminderung in Raumluftechnischen Anlagen – Beispiele. Mai 2005
- [12] VDI-Richtlinie 2715: Schallschutz an heiztechnischen Anlagen. November 2011
- [13] DIN EN 12102: Klimageräte, Flüssigkeitskühlsätze, Wärmepumpen und Entfeuchter mit elektrisch angetriebenen Verdichtern zur Raumbeheizung und -kühlung - Messung der Luftschallemissionen - Bestimmung des Niveau de puissance acoustiques; Deutsche Fassung EN 12102:2013
- [14] DIN 45680: Messung und Beurteilung tieffrequenter Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft; DIN 45680:1997-03<sup>6</sup>
- [15] EMPA Untersuchungsbericht Nr. 460'395-2a: Beurteilung und Begrenzung des Lärms von abgestellten Zügen

<sup>6</sup> Norme en révision: E DIN 45680:2020-06

### Lärmschutznachweis für HLKK Anlagen bei einfachen Situationen

Beurteilung der Lärmimmissionen von Heizungs-, Lüftungs-, Klima- und Kühlanlagen

#### Generelle Angaben / Standort der Anlage

Adresse  Parzelle Nr.   
 PLZ / Ort  Baugesuchs-Nr.

Angaben zur Anlage (techn. Datenblatt + Situationsplan mit eingezeichneter Anlage beilegen)

Art der Anlage:  Lüftung  Klimatisierung  Rückkühler  andere   
 Hersteller  Schalleistung  $L_{WA}$   dBA  LwA  
 Modell / Typ  Schalldruckpegel  $L_{pA}$   dBA  LpA  
 Leistung  kW bei  $s_1$  m

Schalleistungspegel aussen  $L_{WA}$   dBA

Distanz (s) Quelle - Empfänger:  m  
 (Nachbargebäude; wenn unbebaute Nachbarparzelle: Baulinie, resp. Grenzabstand; MFH: im Gebäude selber)

Planungswert gemäss Anhang 6 LSV  ES II (Wohnzone)  ES III (z.B. Mischzone)  ES IV   
 50 dBA Nacht  
 60 dBA Tag

Betroffener Raum ist Betriebsraum gemäss Art. 42 LSV?  Ja

#### Berechnung des Beurteilungspegels $L_r$ am Empfangsort

##### Korrekturfaktoren

Richtwirkungs-   Anlage im Gebäude, Schacht an der Fassade (+ 6 dB)  
 korrektur  $D_c$    Anlage im Gebäude, Schacht in einspringender Fassadenecke (+ 9 dB)  
  Anlage aussen an der Fassade (+ 6 dB)  
  Anlage aussen in einspringender Fassadenecke (+ 9 dB)  
  Anlage freistehend, auf Dach (+ 3 dB)  6 dB

Schalldruckpegel  $L_{pA}$  am Empfangsort ( $L_{pA} = L_{WA} - 11 + D_c - 20 \cdot \log(s/s_0)$ )  dBA

Pegelkorrektur K1 Betrieb während der Nacht (19:00 - 07:00 Uhr)  10 dB  
 Betrieb am Tag (07:00 - 19:00 Uhr)  5 dB

Pegelkorrektur K2 Hörbarkeit der Tonhaltigkeit  
 nicht hörbar  
 schwach hörbar + 2 dB (Normalfall)  
 deutlich hörbar + 4 dB  
 stark hörbar + 6 dB  2 dB

Pegelkorrektur K3 Hörbarkeit der Impulshaltigkeit  
 nicht hörbar (Normalfall: 1-stufiger monovalenter Betrieb)  
 schwach hörbar + 2 dB (2-stufiger Betrieb od. Doppelanlage)  
 deutlich hörbar + 4 dB  
 stark hörbar + 6 dB  0 dB

Pegelkorrektur durch Betriebsdauer t:  720 Min. in der Nacht  0.0 dB  
 (In der Regel: t = 720 Min, Abweichungen sind zu begründen)  720 Min. am Tag  0.0 dB

Lärmschutzmassnahmen  Schalldämpfer  dB  
 Andere:  dB  dB  0 dB

Beurteilungspegel  $L_r$   Nacht  dBA  
 Tag  dBA

Der Planungswert von  50 dBA wird in der Nacht  
 60 dBA wird am Tag

Wurde das Vorsorgeprinzip berücksichtigt?  Ja  Nein

Verfasser

Ort, Datum

Unterschrift

### 1. Chauffages à mazout / gaz

#### 1.1 Faits

En 2004, le chauffage existant dans une maison individuelle a été remplacé par un nouveau système de chauffage à mazout ou à gaz. Il a été installé sans mesures particulières de protection contre le bruit. Le chauffage sert à la production d'eau chaude sanitaire et au chauffage du bâtiment. Le système s'allume et s'éteint pendant 24 heures en fonction du besoin de chaleur.

La durée d'exploitation moyenne est de :

	Jour (7–19h)	Nuit (19–7h)	Total
Été	3 h	3 h	6 h
Hiver	7 h	5 h	12 h

En raison de plaintes de la part des voisins, des mesurages du bruit sont effectués. Les voisins se trouvent dans un secteur avec un degré de sensibilité au bruit (DS) II.

#### 1.2 Évaluation

Le niveau d'immission mesuré du chauffage est de 36,8 dB(A). Une composante tonale faiblement audible et une composante impulsive non audible sont présentes. L'évaluation se fait de nuit.

	Valeurs
$L_{eq}$	36,8 dB(A)
K1 nuit	10 dB
K2	2 dB
K3	0 dB
t	240 minutes
VP DS II nuit	45 dB(A)

La durée d'exploitation journalière moyenne est de  $(3\text{ h} + 7\text{ h}) / 2 = 5\text{ h}$  de jour et  $(3\text{ h} + 5\text{ h}) / 2 = 4\text{ h}$  de nuit.

$$L_r = L_{eq} + K1 + K2 + K3 + 10 \cdot \log(t / t_0)$$

$$L_r = 36,8\text{ dB(A)} + 10\text{ dB} + 2\text{ dB} + 0\text{ dB} + 10 \cdot \log(240\text{ min.} / 720\text{ min.}) = 48,8\text{ dB(A)} - 4,8\text{ dB} = 44,0\text{ dB(A)}$$

Le niveau d'évaluation est de 44 dB(A). La valeur de planification est donc tout juste respectée. Si la correction de la durée d'exploitation n'était pas prise en compte resp. si le chauffage était toujours en marche, le niveau d'évaluation serait de 49 dB(A) et la valeur de planification serait donc dépassée de 4 dB.

Comme aucune mesure préventive n'a été mise en œuvre jusqu'à présent en matière de protection contre le bruit, un silencieux doit être mis en place. L'installation d'un silencieux avec un effet d'atténuation de 10 dB réduit les immissions de bruit à environ 27 dB(A). Celles-ci ne se distinguent plus de manière significative des autres bruits ambiants dans une zone résidentielle.

### 1.3 Explications et précisions

Un silencieux peut être monté soit entre le chauffage et la cheminée, soit intégré à la cheminée, soit placé sur la cheminée. Les coûts d'un silencieux se situent entre 500 et 1 000 CHF. Selon sa conception, un silencieux peut atteindre un effet d'atténuation de 10 à 25 dB.

Le montage d'un silencieux est considéré comme correspondant à l'état de la technique et représente une mesure préventive réalisable sur le plan de la technique et de l'exploitation ainsi qu'économiquement supportable.

## 2. Ventilation du foin

### 2.1 Faits

Un système de ventilation du foin est en service sur une exploitation agricole durant la saison d'été (de mai à octobre) pour sécher le foin et empêcher un incendie dans la grange. Le système de ventilation du foin est situé en façade à l'extérieur de la grange.

Après l'introduction du foin ou du regain dans la grange, le système de ventilation du foin fonctionne sans interruption pendant 2 jours, puis durant 2 à 4 jours supplémentaires sous forme de ventilation intermittente (selon l'humidité de l'air et la température). Ceci a lieu 15 fois par été.

	Durée	par jour
Ventilation continue	2 jours	24 h
Ventilation intermittente	2–4 jours	4 h

Dans le hameau de « Matten », qui se trouve dans une zone de sensibilité au bruit (DS) III, plusieurs nouveaux résidents se sentent dérangés par les immissions sonores. En raison des plaintes, une évaluation acoustique est nécessaire.

### 2.2 Évaluation

Le niveau sonore du système de ventilation du foin a été mesuré à une distance de 7 m de l'installation et se monte à 74 dB(A). Le hameau de « Matten » se trouve à une distance de 75 m. Une composante tonale nettement audible et une composante impulsive non audible sont présentes au lieu d'immission (cas normal). L'évaluation est faite de nuit.

À des fins d'essai, un mur temporaire en bois faisant office de mesure de protection contre le bruit a été installé près du système de ventilation du foin. Une réduction du niveau de 10 dB a été mesurée avec le mur en bois.

	Valeurs
$L_p$ à une distance de 7 m	74 dB(A)
s	75 m
K1 nuit	10 dB
K2	4 dB
K3	0 dB
VP DS III nuit	50 dB(A)
VLI DS III nuit	55 dB(A)
Effet du mur en bois	10 dB

La durée d'exploitation journalière moyenne est calculée à partir de la durée annuelle (T) et du nombre de jours d'exploitation annuels (B) ( $t = T / B$ ). Par analogie avec l'évaluation de l'exploitation saisonnière des installations d'enneigement<sup>7</sup>, un nombre fixe de jours d'exploitation doit être pris en compte. Dans le cas des systèmes de ventilation du foin, un nombre de jours B = 100 doit être utilisé dans tous les cas pour déterminer la durée d'exploitation journalière moyenne.

<sup>7</sup> Leitfaden Lärmschutz bei Beschneigungsanlagen, Amt für Umwelt Graubünden

$T = 15 \cdot (2 \text{ jours} \cdot 24 \text{ h/jour} + 3 \text{ jours} \cdot 4 \text{ h/jour}) = 900 \text{ h}$  resp. 450 h de jour ainsi que de nuit

$t = 450 \text{ h} / 100 \text{ jours} = 4,5 \text{ h}$  de jour et de nuit

Dans les situations simples, le formulaire CB peut être utilisé pour le calcul du niveau d'évaluation.

$L_{eq} = L_{p,7m} - 20 \cdot \log(s / 7 \text{ m})$  - effet du mur en bois

$L_{eq} = 74 \text{ dB(A)} - 20 \cdot \log(75 \text{ m} / 7 \text{ m}) - 10 \text{ dB} = 74 \text{ dB(A)} - 20,6 \text{ dB} - 10 \text{ dB} = 43,4 \text{ dB(A)}$

$L_r = L_{eq} + K1 + K2 + K3 + 10 \cdot \log(t / t_0)$

$L_r = 43,4 \text{ dB(A)} + 10 \text{ dB} + 4 \text{ dB} + 0 \text{ dB} + 10 \cdot \log(270 \text{ min.} / 720 \text{ min.}) = 57,4 \text{ dB(A)} - 4,3 \text{ dB} = 53,1 \text{ dB(A)}$

Si la ventilation du foin a été réalisée avant 1985, la valeur limite d'immission peut être respectée. Si par contre le système de ventilation du foin a été réalisé après 1985, la valeur de planification est dépassée dans le hameau de « Matten ».

Mesures possibles de protection contre le bruit :

- Amélioration du mur antibruit
- Encapsulage/encoffrement insonorisant du moteur à proximité de la source
- Insonorisation de l'aspiration d'air
- Préchauffer l'air afin de réduire la durée de ventilation et de pouvoir passer à la ventilation intermittente plus rapidement
- Emplacement sur le côté, là où il n'y a pas de bâtiments habités et de zones à bâtir non construites à proximité

## 2.3 Explications et précisions

En tant que source de bruit bruyante et très dérangeante, le système de ventilation du foin doit être évalué individuellement. Seuls les jours d'exploitation effectifs de la ventilation du foin sont pris en compte. Les jours d'exploitation restants de la ferme, lors desquels le système de ventilation du foin n'est pas exploité, ne doivent pas être pris en compte dans l'évaluation du bruit.

Le niveau sonore des systèmes de ventilation du foin varie entre 60 et 80 dB(A) à une distance de 7 m. Une liste détaillée des ventilateurs (2011) est disponible sur le site internet d'Agroscope. Il n'existe guère de données plus récentes sur internet concernant le niveau de puissance acoustique des ventilateurs ou des systèmes de ventilation du foin. Il est donc recommandé d'effectuer des mesurages pour les installations existantes.

Dans la pratique, des anciens modèles et des modèles usagés sont souvent utilisés. Il convient de vérifier leur bon fonctionnement et s'ils sont exploités correctement.

## 3. Groupe frigorifique pour camions

---

### 3.1 Faits

L'aire d'exploitation d'une nouvelle entreprise de logistique est adjacente à un quartier résidentiel auquel est attribué un niveau de sensibilité au bruit (DS) III. La plupart des sources de bruit déterminantes sont situées du côté opposé au quartier résidentiel et ne sont donc pas prises en considération dans l'évalua-

tion. En revanche, cinq places de stationnement pour des conteneurs frigorifiques équipés de groupes frigorifiques alimentés par des moteurs diesel sont critiques, car elles sont situées du côté du quartier résidentiel à une distance d'environ 120m des propriétés à usage sensible au bruit les plus proches.

### 3.2 Évaluation

Le niveau de puissance acoustique des groupes frigorifiques est de 90 dB(A) chacun. Les 5 places de stationnement étant situées directement les unes à côté des autres et la distance au récepteur étant relativement importante, le calcul peut être effectué de manière approximative avec un niveau global de  $90 \text{ dB(A)} + 10 \cdot \log(5) = 97 \text{ dB(A)}$  et une distance moyenne.

Les places de stationnement sont situées sur un espace libre. Une composante tonale nettement audible et une composante impulsive non audible sont présentes au lieu d'immissions. L'évaluation est effectuée de nuit. Seuls les groupes frigorifiques alimentés par des moteurs diesel sont pris en compte, car les autres sources de bruit ne sont pas déterminante au lieu d'immission dans le cas présent.

	Valeurs
Groupes frigorifiques	5 pce.
$L_{W,A}$	90 dB(A) chacun
$L_{W,A,tot}$	97 dB(A)
s	120 m
$D_C$	3 dB
K1 nuit	10 dB
K2	4 dB
K3	0 dB
t	180 minutes chacun
VP DS III nuit	50 dB(A)

$$L_{eq} = L_{W,A,tot} - 11 \text{ dB} + D_C - 20 \cdot \log(s / s_0)$$

$$L_{eq} = 97 \text{ dB(A)} - 11 \text{ dB} + 3 \text{ dB} - 20 \cdot \log(120 \text{ m} / 1 \text{ m}) = 89 \text{ dB(A)} - 41,6 \text{ dB} = 47,4 \text{ dB(A)}$$

$$L_r = L_{eq} + K1 + K2 + K3 + 10 \cdot \log(t / t_0)$$

$$L_r = 47,4 \text{ dB(A)} + 10 \text{ dB} + 4 \text{ dB} + 0 \text{ dB} + 10 \cdot \log(180 \text{ min.} / 720 \text{ min.}) = 61,4 \text{ dB(A)} - 6,0 \text{ dB} = 55,4 \text{ dB(A)}$$

La valeur de planification du degré de sensibilité au bruit DS III est dépassée durant la nuit sur la propriété la plus exposée.

Mesures possibles de protection contre le bruit:

- Déplacement des places de stationnement sur le côté opposé de l'exploitation
- Alimentation électrique des groupes frigorifiques (réduction allant jusqu'à 10 dB)
- Montage d'un mur antibruit entre les places de stationnement et les habitations

### 3.3 Explications et précisions

Dans le cas des entreprises de logistique, les groupes frigorifiques sont souvent les principales sources sonores en raison de la correction de niveau K1 de +10 dB durant la nuit. Toutefois, la manutention des conteneurs frigorifiques, le chargement, le déchargement et le réagencement de la charge, etc. doivent en règle générale également être pris en compte dans de telles situations. Ceci n'est cependant pas l'objet de cette aide à l'exécution.

Dans le cas où les différents groupes frigorifiques sont plus éparpillés ou la distance au récepteur considérablement moindre, chaque source peut être calculée séparément et les niveaux individuels additionnés énergétiquement. Dans les cas plus complexes, l'utilisation d'un logiciel de calcul de la propagation du son peut s'avérer judicieuse.

## 4. Aérorefroidisseurs

### 4.1 Faits

Sur le toit d'un centre de données, des aérorefroidisseurs sont exploités pour refroidir les locaux techniques. Six aérorefroidisseurs interconnectés mécaniquement (conception standard) sont utilisés pour toutes les parties de l'installation devant être refroidies. Lorsque le centre de données est exploité à pleine charge et que les températures extérieures sont élevées (en été), un maximum de quatre aérorefroidisseurs fonctionnent à pleine capacité 24 heures sur 24. Les aérorefroidisseurs restants servent de réserve en cas de défaillance.

Dans la demande de permis de construire, une condition a été formulée pour le centre de données, exigeant l'attestation du respect de la valeur limite d'exposition applicable aux aérorefroidisseurs dans le voisinage. Les locaux à usage sensible au bruit les plus proches sont situés dans le DS III à une distance de 120 m.

### 4.2 Évaluation

Le niveau sonore des aérorefroidisseurs avec ventilateurs axiaux standards, à 2 vitesses et d'une puissance nominale de 100 à 400 kW, est de 51 à 58 dB(A) à une distance de 10 m selon la norme EN 13487. Le niveau global de 4 aérorefroidisseurs à pleine charge est de  $58 \text{ dB(A)} + 10 \cdot \log(4) = 64 \text{ dB(A)}$ . Aucune mesure de protection contre le bruit n'est prévue.

Une composante tonale faiblement audible et une composante impulsive non audible sont supposées (cas normal). L'évaluation est effectuée de nuit.

	Valeurs
Aérorefroidisseurs	4 pce.
$L_p$ à une distance de 10 m	58 dB(A) chacun
$L_{p,tot}$ à une distance de 10 m	64 dB(A)
s	120 m
K1 nuit	10 dB
K2	2 dB
K3	0 dB
t	720 minutes chacun
VP DS III nuit	50 dB(A)

Le formulaire du CB peut être utilisé pour le calcul du niveau d'évaluation.

$$L_{eq} = L_{p,tot,10m} - 20 \cdot \log(s / 10 \text{ m})$$

$$L_{eq} = 64 \text{ dB(A)} - 20 \cdot \log(120 \text{ m} / 10 \text{ m}) = 64 \text{ dB(A)} - 21,6 \text{ dB(A)} = 42,4 \text{ dB(A)}$$

$$L_r = L_{eq} + K1 + K2 + K3 + 10 \cdot \log(t / t_0)$$

$$L_r = 42,4 \text{ dB(A)} + 10 \text{ dB} + 2 \text{ dB} + 0 \text{ dB} + 10 \cdot \log(720 \text{ min.} / 720 \text{ min.}) = 54,4 \text{ dB(A)} - 0 \text{ dB} = 54,4 \text{ dB(A)}$$

Le niveau d'évaluation est de 54 dB(A) pour une exploitation à pleine charge des quatre aérorefroidisseurs. La nuit, les aérorefroidisseurs dépassent donc la valeur de planification définie à 50 dB(A). Des mesures de réduction de la propagation du bruit de l'installation sont nécessaires.

Afin de respecter la valeur de planification de nuit, les mesures suivantes sont envisageables :

- Limitation de la fréquence de rotation (exploitation à charge partielle), mais exploitation simultanée d'un plus grand nombre d'aérefroidisseurs
- Remplacer les appareils de conception standard par des appareils plus silencieux, optimisés sur le plan acoustique (plus grandes surfaces d'échange de chaleur, ventilateurs à fréquence de rotation moindre)
- Vérifier l'emplacement des aérefroidisseurs et éventuellement amortir à l'aide d'un mur antibruit du côté du voisinage

Les mesures de protection contre le bruit suivantes sont planifiées : installation d'aérefroidisseurs plus silencieux et réduction de la fréquence de rotation de 22 heures à 6 heures du matin. Le niveau sonore des nouveaux aérefroidisseurs à une distance de 10 m se situe entre 43 et 55 dB(A). Le niveau global de 4 aérefroidisseurs avec une haute fréquence de rotation est de 55 dB(A) +  $10 \cdot \log(4) = 61,0$  dB(A) et celui de 6 aérefroidisseurs avec une faible fréquence de rotation 43 dB(A) +  $10 \cdot \log(6) = 50,8$  dB(A).

Une composante tonale faiblement audible et une composante impulsive non audible sont supposées (cas normal). L'évaluation est effectuée de nuit.

Aérefroidisseurs	Valeurs	
	4 pce.	6 pce.
Niveau de fréquence de rotation	II	I
Durée d'exploitation	6–22 Uhr	22–6 Uhr
$L_p$ à une distance de 10 m	55 dB(A) chacun	43 dB(A) chacun
$L_{p,tot}$ à une distance de 10 m	61 dB(A)	51 dB(A)
s	120 m	
K1 nuit	10 dB	
K2	2 dB	
K3	0 dB	
VP DS III nuit	50 dB(A)	

Phase de bruit 1 (19–22 h et 06–07 h) :  $t_1 = 4$  heures = 240 min.

Phase de bruit 2 (22–06 h) :  $t_2 = 8$  heures = 480 min.

$$L_{eq,1} = 61 \text{ dB(A)} - 20 \cdot \log(120 \text{ m} / 10 \text{ m}) = 61 \text{ dB(A)} - 21,6 \text{ dB(A)} = 39,4 \text{ dB(A)}$$

$$L_{r,1} = 39,4 \text{ dB(A)} + 10 \text{ dB} + 2 \text{ dB} + 0 \text{ dB} + 10 \cdot \log(240 \text{ min.} / 720 \text{ min.}) = 51,4 \text{ dB(A)} - 4,8 \text{ dB} = 46,6 \text{ dB(A)}$$

$$L_{eq,2} = 50,8 \text{ dB(A)} - 20 \cdot \log(120 \text{ m} / 10 \text{ m}) = 50,8 \text{ dB(A)} - 21,6 \text{ dB(A)} = 29,2 \text{ dB(A)}$$

$$L_{r,2} = 29,2 \text{ dB(A)} + 10 \text{ dB} + 2 \text{ dB} + 0 \text{ dB} + 10 \cdot \log(480 \text{ min.} / 720 \text{ min.}) = 41,4 \text{ dB(A)} - 1,8 \text{ dB} = 39,4 \text{ dB(A)}$$

$$L_r = 10 \cdot \log(10^{0,1 \cdot L_{r,1}} + 10^{0,1 \cdot L_{r,2}}) = 47,4 \text{ dB(A)}$$

Le niveau d'évaluation lors de l'exploitation des aérefroidisseurs est de 47 dB(A). La valeur de planification de nuit de 50 dB(A) est donc respectée avec les mesures de protection contre le bruit planifiées.

### 4.3 Explications et précisions

Le calcul des deux différents niveaux de fréquence de rotation est effectué à l'aide de deux phases de bruit distinctes. Pour l'évaluation des immissions de bruit de l'installation, les niveaux d'évaluation des deux phases de bruit sont additionnés énergétiquement.