



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. En font également partie les centrales de cogénération et les installations de combustion de plaquettes (pellets) et de granulés de bois.

Les ventilations sont des installations servant à la ventilation et l'aération de bâtiments et de locaux ou de processus 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 au fonctionnement d'une installation fixe.

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

La présente 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. L'image de couverture est générée par IA.

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 plus importantes, 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 :

- a) *dans la mesure où cela est réalisable sur le plan de la technique et de l'exploitation et économiquement supportable, et*

- b) *de telle façon que les immissions de bruit dues exclusivement à l'installation en cause ne dépassent pas les valeurs de planification.*

Art. 8 OPB Limitation des émissions d'installations fixes modifiées

¹ *Lorsqu'une installation fixe déjà existante est modifiée, les émissions de bruit des éléments d'installation nouveaux ou modifiés devront, conformément aux dispositions de l'autorité d'exécution, être limitées dans la mesure où cela est réalisable sur le plan de la technique et de l'exploitation, et économiquement supportable.*

² *Lorsque l'installation est notablement modifiée, les émissions de bruit de l'ensemble de l'installation devront au moins être limitées de façon à ne pas dépasser les valeurs limites d'immission.*

³ *Les transformations, agrandissements et modifications d'exploitation provoqués par le détenteur de l'installation sont considérés comme des modifications notables d'une installation fixe lorsqu'il y a lieu de s'attendre à ce que l'installation même ou l'utilisation accrue des voies de communication existantes entraînera la perception d'immissions de bruit plus élevées. La reconstruction d'installations est considérée dans tous les cas comme modification notable.*

⁴ *Lorsqu'une nouvelle installation fixe est modifiée, l'art. 7 est applicable.*

Art. 13 OPB (assainissement)

¹ *Pour les installations fixes qui contribuent de manière notable au dépassement des valeurs limites d'immission, l'autorité d'exécution ordonne l'assainissement nécessaire, après avoir entendu le détenteur de l'installation.*

² *Les installations seront assainies :*

- a) *dans la mesure où cela est réalisable sur le plan de la technique et de l'exploitation et économiquement supportable, et*
b) *de telle façon que les valeurs limites d'immission ne soient plus dépassées.*

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. 40 al. 2 OPB

² *Les valeurs limites d'exposition sont aussi dépassées lorsque la somme des immissions de bruit de même genre, provenant de plusieurs installations, leur est supérieure. Ce principe n'est pas valable pour les valeurs de planification de nouvelles installations fixes (art. 7, al. 1)*

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 s'appliquent de manière cumulative. 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.

1.4 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, elles 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.

1.5 Objectifs d'une exécution uniformisée

Il est nécessaire de s'assurer, au niveau des procédures d'autorisation, que l'exploitation des systèmes CVC respecte les prescriptions légales fédérales de protection contre le bruit (principe de précaution et valeurs limites d'exposition). Par le biais d'une exécution uniformisée de l'évaluation des systèmes CVC, une sécurité juridique 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.

Les contenus suivants de l'aide à l'exécution favorisent une uniformisation de l'évaluation acoustique des systèmes de chauffage, de ventilation, de climatisation et de réfrigération :

- Évaluation des mesures possibles de protection contre le bruit (chapitre 2.3)
- Indications pour la détermination du niveau d'évaluation (chapitre 2.4)
- 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)
- Concept de mesurage et d'évaluation standardisé pour la vérification des informations à fournir dans le cadre de la procédure d'octroi du permis de construire et pour le traitement d'éventuelles plaintes liées au bruit (annexe 3)

¹ www.bruit.ch > Gestion du bruit > Bases légales > Jurisprudence

2 Évaluation

2.1 Mesures préventives

Indépendamment des nuisances sonores existantes et en plus du respect des valeurs de planification, des mesures préventives de réduction des émissions doivent être examinées.

Si les valeurs de planification sont respectées, la jurisprudence considère que des mesures supplémentaires de limitation des émissions ne sont économiquement supportables que si elles permettent d'obtenir une réduction supplémentaire significative des émissions à un coût relativement faible.

Afin de déterminer si une mesure supplémentaire de limitation des émissions est nécessaire et proportionnée selon le principe de précaution lorsque les valeurs de planification sont respectées, il

convient tout d'abord de vérifier si elle entraînerait une réduction supplémentaire significative du niveau d'immission. Dans un deuxième temps, se pose également la question du coût de la mesure.

Réduction de niveau requise et coûts supportables des mesures supplémentaires visant à limiter les émissions

Les réductions du niveau d'évaluation inférieures à 1 dB sont en principe considérées comme imperceptibles. En dessous des valeurs de planification, seules les réductions de niveau de 3 dB et plus doivent donc être considérées comme significatives, en particulier pour les installations au sens de l'annexe 6, ch. 1, al. 1, let. e OPB. Les mesures qui ont un effet moindre ne doivent donc pas être mises en œuvre.

Les mesures ayant un effet de réduction des émissions de 3 dB ou plus peuvent en principe être atteintes au moyen des mesures de planification à examiner en priorité énumérées au chapitre 2.2.1. Si les coûts de la mesure sont relativement faibles (en particulier pour les petites installations, de l'ordre de quelques pourcents des coûts d'investissement), la mesure doit être mise en œuvre. Les mesures techniques et constructives supplémentaires énumérées au chapitre 2.3 permettent également d'obtenir des réductions significatives des niveaux acoustiques. La proportionnalité de ces mesures doit être examinée au cas par cas en tenant compte non seulement des coûts, mais aussi de leur efficacité. Cependant, leurs coûts sont en règle générale supérieurs à quelques pourcents des coûts d'investissement de l'installation, surtout pour les petites installations. Lorsque les valeurs de planification sont respectées, la proportionnalité de ces mesures n'est alors souvent pas donnée.

2.2 Mesures de protection contre le bruit

2.2.1 Mesures primaires

Les mesures suivantes de réduction des émissions doivent être examinées et documentées dans l'attestation du respect des exigences de protection contre le bruit :

- Choix d'une installation avec un faible niveau de puissance acoustique.
- 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 ?
- 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 ?
- Régulation de la puissance : un fonctionnement à charge partielle et donc une réduction du niveau acoustique pendant la nuit sont-ils possibles ?

2.3 Mesures de protection contre le bruit spécifiques aux systèmes CVC

2.3.1 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
- Ouverture d'aspiration pour l'air de combustion avec filtre à air
- Système de refroidissement (ventilateurs des aéroréfrigérants)
- 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

2.3.2 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

2.3.3 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.

2.3.4 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 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

2.4 Détermination du 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 2.5.

Évaluation du bruit

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)². 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 précaution - ne doivent pas dépasser les valeurs de planification selon l'annexe 6 OPB³.

Il est à noter que les valeurs de planification et les valeurs limites d'immission sont supérieures de 5 dB pour les locaux d'exploitations situées dans des secteurs avec des degrés de sensibilité I, II ou III⁴.

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 la source de bruit et le lieu d'immission
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

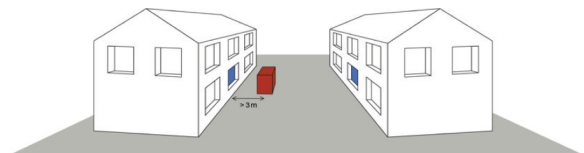
² Art. 39 LSV

³ Art. 7 Abs. 1 Bst. b LSV

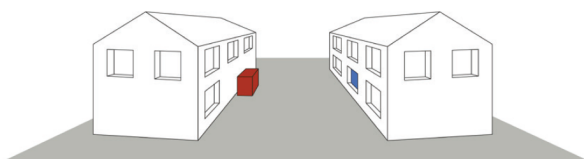
⁴ Art. 42 LSV

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.

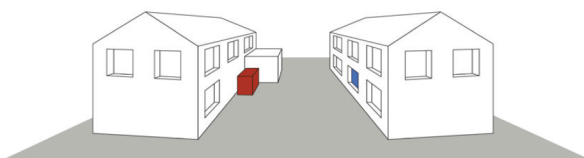
Le facteur de directivité D_c dépend de l'emplacement de la source de bruit :



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

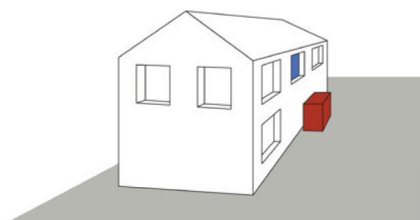


En façade +6 dB



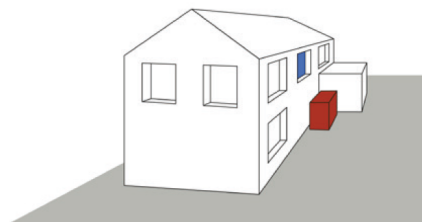
Dans un angle de façade rentrant +9 dB

Lorsque la source de bruit et la fenêtre du lieu de réception déterminante se trouvent sur la même façade, le facteur de directivité D_c est de +3 dB, car les réflexions générées par cette façade n'ont pas d'influence sur le niveau acoustique à la fenêtre de cette même façade.



Même façade resp. alignement de façade + 3 dB

En présence d'un angle rentrant sur la même façade, le facteur de directivité augmente en raison de la paroi réfléchissante supplémentaire.



Même façade resp. alignement de façade dans un angle rentrant + 6 dB

2.5 Corrections de niveau et correction de la durée d'exploitation

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 (selon l'aide à l'exécution OFEV) 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 2.6 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.

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 généralement effectuée pour l'évaluation générale au cours de la phase de planification.

Pour les systèmes CVC dont la durée d'exploitation est techniquement limitée par des horaires d'allumage et d'arrêt fixes (minuterie), ou pour lesquelles une durée d'exploitation réduite peut être démontrée de manière plausible, 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.

Dans de tels cas, une expertise acoustique est généralement nécessaire.

2.6 Systèmes avec composantes de bruit à basses fréquences

Les bruits d'un système CVC sont surtout perçus comme dérangeant lorsqu'un vrombissement est perceptible. Ce genre de nuisance se produit avant tout la nuit et dans un environnement résidentiel calme.

Le bruit peut être dérangeant déjà lorsqu'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 (principe de précaution).

La norme DIN 45680 [14] peut être utilisée pour évaluer le degré de nuisance.

2.7 Systèmes avec plusieurs 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.

2.8 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.

S'il existe un lien spatial et fonctionnel entre différentes installations, les niveaux doivent être additionnés (cf. art. 40, al. 2 OPB).

Dans une situation avec plusieurs sources de bruit, chaque source peut être calculée séparément pour le point de réception. Les niveaux partiels peuvent ensuite être additionnés énergétiquement (annexe 2, exemple pratique 5).

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.

Examen des mesures préventives

L'examen des mesures préventives visant à réduire les émissions doit être déclaré dans l'attestation du respect des exigences de protection contre le bruit.

Respect des valeurs limites d'exposition

Lorsque les niveaux d'évaluation au lieu d'immersion dépassent les valeurs limites d'exposition déterminantes, des mesures opérationnelles ou techniques supplémentaires visant à réduire les émissions sont nécessaires et doivent être documentées de manière compréhensible dans l'attestation du respect des exigences de protection contre le bruit ou dans le dossier de demande d'autorisation.

2.9 Systèmes CVC de maisons familiales individuelles

Les habitants d'une maison familiale individuelle (en général les propriétaires et requérants) ont une influence sur le fonctionnement p. ex. de la climatisation et également un intérêt personnel à se protéger de manière adéquate contre le bruit. Néanmoins, les valeurs limites déterminantes d'exposition au bruit doivent en principe également être respectées pour les maisons familiales individuelles (MFI).

Si les composants bruyants de l'installation se trouvent à proximité de la façade de la MFI, l'optimisation de l'emplacement appelle à les placer à un endroit où :

- il n'y a pas de fenêtres de locaux à usage sensible au bruit de la MFI ;
- la distance jusqu'aux fenêtres des locaux à usage sensible au bruit est aussi grande que possible ;

- les locaux à usage sensible au bruit concernés disposent d'une autre fenêtre sur un côté détourné de l'installation.

2.10 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 du 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 et doit si possible être effectué selon l'annexe 3 de la présente aide à l'exécution.

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.) 2024 : Détermination et évaluation du bruit de l'industrie et de l'artisanat. Aide à l'exécution pour les installations industrielles et artisanales. Office fédéral de l'environnement, Berne. L'environnement pratique n° 1636.
- [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 Nussdorf
- [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 Raumlufttechnischen 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 Schallleistungspegels; Deutsche Fassung EN 12102:2013
- [14] DIN 45680: Messung und Beurteilung tieffrequenter Geräuschemissionen in der Nachbarschaft; DIN 45680:1997-03⁵
- [15] EMPA Untersuchungsbericht Nr. 460'395-2a: Beurteilung und Begrenzung des Lärms von abgestellten Zügen

⁵ Norme en révision: E DIN 45680:2020-06

Manuel « Attestation du respect des exigences de protection contre le bruit »

Aide à l'exécution 6.20 / Annexe 1

L'attestation du respect des exigences de protection contre le bruit pour les systèmes CVC dans des situations simples peut être téléchargé sous forme de fichier Excel depuis le site web du Cercle Bruit⁶.

Attestation du respect des exigences de protection contre le bruit pour les systèmes CVC et similaires dans des situations simples			
Évaluation des émissions sonores pour les installations de chauffage, de ventilation et de climatisation			
Informations générales			
Requérant			
Adresse		N° de parcelle	
NPA / Lieu		Demande de permis de construire n°	
Informations sur l'installation (fiche tech. + plan de situation avec l'installation à fournir en annexe)			
Type d'installation :	☐ Ventilation	☐ Climatisation	☒ Aérorefroidisseur
Installation nouvelle ou modifiée ?	☒ Nouvelle installation		
Fabricant		Puissance acoustique L_{WA}	56 dbA ☒ L_{WA}
Modèle / type		Pression acoustique L_{pA}	dbA ☐ L_{pA}
Puissance		à une distance s_1 de	m
Locaux à usage sensible au bruit au lieu de réception	Locaux d'exploitation	Jour	Nuit
Valeur limite d'exposition déterminante au lieu de réception (Degré de sensibilité DS)	DS IV (zone industrielle)	65 dB(A)	55 dB(A)

Informations sur l'installation

Les informations relatives à l'installation doivent être aussi complètes que possible. Le type d'installation n'a aucune influence sur les calculs.

Si aucune information sur le niveau de puissance acoustique L_{WA} de l'installation n'est disponible, le niveau de pression acoustique L_{pA} à une distance s_1 (distance selon les indications du fabricant) peut être saisi pour le calcul. Ce niveau de pression acoustique est ensuite converti en niveau de puissance acoustique.

Remarque : Une indication du niveau de pression acoustique sans précision de la distance est une information incomplète et ne peut donc pas être utilisée.

Valeur de planification déterminante au lieu de la détermination (degré de sensibilité DS)

Le degré de sensibilité au bruit (DS) au lieu de réception est déterminant pour l'évaluation de l'exposition au bruit.

Le DS ressort des plans d'aménagement locaux ou des plans de degrés de sensibilité au bruit. Souvent, ces plans sont également consultables sur un portail cartographique communal ou cantonal.

Remarque : En milieu urbain, une façade côté rue peut être classée dans une zone DS plus élevée que les autres façades du même bâtiment.

⁶ www.cerclebruit.ch/?inc=enforcement&e=6/620.html

Respect des valeurs limites d'exposition

L'attestation du respect des exigences de protection contre le bruit calcule le respect des valeurs limites d'exposition aussi bien de jour que de nuit.

Respect des valeurs limite d'exposition		
Niveau de puissance acoustique L	56 dB(A)	56 dB(A)
Terme de conversion niveau de pression acoustique	-11 dB	-11 dB
Correction de la directivité D _c	Installation en façade	6 dB
		
Distance par rapport au lieu de réception	10 m	-20 dB
Bâtiment voisin; si parcelle voisine non construite, alignement resp. distance aux limites; pour immeubles collectifs, à l'intérieur de l'immeuble.		
Mesures de protection contre le bruit	☐ Atténuateur phonique ☐ Autre : ☐ Autre : ☐ Diminution de la fréquence de rotation la nuit ☐ Plusieurs installations en cascade	0.0 dB
Installations en cascade		0.0 dB
Niveau de pression acoustique L _{pA} au lieu de réception	31.0 dB(A)	31.0 dB(A)
Correction de niveau K1 pour installations CVC	5 dB	10 dB
Correction de niveau K2	Légèrement audible (régime normal) +2 dB	2 dB
Audibilité des composantes tonales		
Correction de niveau K3	Non audible	0 dB
Audibilité des composantes impulsives		
Correction de la durée d'exploitation	Fonctionnement continu	0.0 dB
Niveau d'évaluation L _r	38.0 dB(A)	43.0 dB(A)

Correction de la directivité D_c

Selon l'emplacement du composant bruyant, le son ne peut pas se propager dans toutes les directions et est réfléchi. Par conséquent, l'emplacement de l'installation par rapport au lieu de réception doit être indiqué :

- Installation indépendante (propagation libre ; au minimum à 3 mètres de la façade) ;
- Installation à l'extérieur en façade ;
- Installation dans un angle rentrant de la façade ;
- Installation et lieu de réception sur la même façade ;
- Installation et lieu de réception sur la même façade avec angle rentrant.

Distance par rapport au lieu de réception

Il s'agit de la distance entre la source de bruit et la fenêtre la plus proche de locaux à usage sensible au bruit (salle de séjour, chambre à coucher etc.) situés dans les environs. Pour les parcelles à bâtir non construites, cette distance correspond à la distance entre la source de bruit et l'alignement ou la distance aux limites de construction de la parcelle.

Mesures de protection contre le bruit

Ici, les mesures de protection contre le bruit ainsi que leurs effets peuvent être indiqués. Les mesures techniques d'atténuation sont énumérées au chapitre 2.3.

Installations en cascade

Lorsque plusieurs installations de construction identique sont installées au même endroit et exploitées en cascade, ceci peut être indiqué dans l'attestation du respect des exigences de protection contre le bruit et le nombre d'installations précisé. L'augmentation du niveau sera alors calculée en fonction du nombre d'installations indiqué.

Niveau de pression acoustique L_{pA} au lieu de réception

Le niveau de pression acoustique au lieu de réception résulte de la somme des valeurs précédentes.

Corrections de niveau K1 à K3 et correction de la durée d'exploitation

Les corrections de niveau sont préréglées selon l'aide à l'exécution. Les explications y relatives se trouvent au chapitre 2.5 de l'aide à l'exécution. Si l'exploitation de l'installation est limitée par une minuterie pendant la nuit, la durée de délestage (de / à heures) doit être indiquée. Celle-ci sera alors considérée comme une exigence contraignante et fera l'objet d'une décision, car elle entraîne une baisse du niveau d'évaluation L_r .

Correction de la durée d'exploitation	Durée d'exploitation limitée la nuit	0.0 dB	-6.0 dB
	Durée de délestage de 21.00 h à 06.00 h		

Niveau d'évaluation L_r

Si toutes les données requises sont fournies, le niveau d'évaluation L_r est calculé automatiquement et le respect ou le non-respect des valeurs limites d'exposition (valeurs de planification) pour le DS choisi indiqué.

Examen des mesures préventives

Outre le respect des valeurs de planification, il convient de démontrer dans l'attestation du respect des exigences de protection contre le bruit que des mesures préventives ont été examinées.

Examen des mesures préventives	
Si les valeurs limites d'exposition sont respectées (en particulier dans une zone de DS II), des mesures additionnelles de réduction des émissions ne sont en règle générale considérées comme économiquement supportables uniquement si une réduction supplémentaire significative des émissions (≥ 3 dB) peut être obtenue à un coût relativement faible.	
Niveau de puissance acoustique	☒ Des composants d'installations avec un faible niveau de puissance acoustique ont été choisis
Emplacement optimisé	Emplacement optimisé pour le voisinage et son propre bâtiment
Limitation de la durée d'exploitation	Durée d'exploitation limitée dans la mesure du possible sur le plan opérationnel et technique.
Autres mesures	D'autres mesures préventives ont déjà été mises en œuvre.
Les mesures préventives suivantes ont été prévues ou déjà mises en œuvre :	Énumération des mesures préventives examinées.
Évaluation du bruit	
Respect des valeurs limite d'exposition	Les valeurs de planification sont respectées.
Évaluation du respect du principe de précaution	Les mesures préventives envisageables ont été examinées et les mesures proportionnées sont mises en œuvre. Le principe de prévention est donc respecté.

Niveau de puissance acoustique

Les installations avec des niveaux de puissance acoustique élevés sont à éviter. À noter que les installations à fréquence de rotation variable fonctionnent à charge partielle pendant une grande partie de la durée d'exploitation et que des niveaux de puissance acoustique élevés ou maximaux ne surviennent en règle générale que sous certaines conditions.

Emplacement optimisé

Des indications relatives à l'optimisation de l'emplacement doivent être données :

- Emplacement optimisé pour le voisinage (p. ex. à proximité de son propre bâtiment)
- Emplacement optimisé pour le voisinage et son propre bâtiment (p. ex. installation du côté de la route)
- Emplacement optimisé pour son propre bâtiment (p. ex. masquage par un bâtiment annexe)
- Installations cloisonnées
- Autre justification (p. ex. niveau d'évaluation nettement inférieur à la valeur de planification)

Limitation de la durée d'exploitation

La limitation de la durée d'exploitation doit être examinée dans un souci de prévention et mise en œuvre dans la mesure où cela est réalisable sur le plan technique et de l'exploitation.

Autres mesures préventives

Si les valeurs de planification ne sont pas dépassées, des mesures préventives supplémentaires visant à limiter les émissions ne sont considérées comme économiquement supportables que si une réduction

supplémentaire des émissions d'au moins 3 dB peut être obtenue à un coût relativement faible. Il convient d'indiquer que des mesures additionnelles de réduction des émissions ont été examinées et, le cas échéant, de mentionner les mesures proportionnées sous « Mesures de protection contre le bruit ». Dans le cas contraire, il doit être confirmé que les mesures examinées ne se sont pas révélées proportionnées (coût supérieur à quelques pourcents du coût de l'installation, en particulier pour les petites installations, ou effet inférieur à 3 dB).

Si d'autres mesures préventives envisageables ont été examinées ou sont déjà planifiées, elles doivent être également être mentionnées.

Évaluation du respect du principe de précaution

Si l'examen des mesures préventives est dûment rempli, il est indiqué ici si les mesures préventives ont été examinées et mises en œuvre de manière adéquate.

Informations générales

Les champs « Requêteur », « Adresse » et « NPA / Lieu » doivent obligatoirement être remplis pour générer l'attestation du respect des exigences de protection contre le bruit au format PDF. L'adresse indiquée doit correspondre à l'emplacement de l'installation.

Informations générales			
Requêteur			
Adresse		N° de parcelle	
NPA / Lieu		Demande de permis de construire n°	

Contact en cas de questions

Les coordonnées de l'auteur de l'attestation du respect des exigences de protection contre le bruit doivent impérativement être indiquées pour d'éventuelles demandes d'informations complémentaires de la part des autorités.

Contact en cas de questions			
Auteur	Nom		
	E-mail		
	Téléphone		
Lieu, date	Signature		
Annexes			
☐ Plan de situation avec emplacement de l'installation			
☐ Fiche technique avec indications acoustiques			
☐ Documentation des mesures de protection contre le bruit			

Annexes:

Un plan de situation indiquant l'emplacement de l'installation ainsi qu'une fiche technique avec les données acoustiques doivent toujours être fournis.

Si des mesures spéciales de protection contre le bruit sont prévues (silencieux, capot insonorisant, etc.), la documentation y relative doit également être fournie.

1. Chauffages à mazout / gaz

1.1 Situation

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.

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.

	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)

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

$$L_r = 36.8 \text{ dB(A)} + 10 \text{ dB} + 2 \text{ dB} + 0 \text{ dB} + 10 \cdot \log(240 \text{ min} / 720 \text{ min}) = 48.8 \text{ dB(A)} - 4.8 \text{ dB} = 44.0 \text{ dB(A)}$$

Le niveau d'évaluation de nuit 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 dans l'ordre de grandeur de 1000 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 Situation

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'enneigement⁷, 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.

$T = 15 \cdot (2 \text{ jours} \cdot 24 \text{ h / jour} + 3 \text{ jours} \cdot 4 \text{ h / jour}) = 900 \text{ h}$ 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 du CB (annexe 1) peut être utilisé pour le calcul du niveau d'évaluation.

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

$L_{eq} = 74 \text{ dB(A)} - 20 \cdot \log(75 \text{ m} / 7 \text{ m}) - 10 \text{ dB} = 74 \text{ dB(A)} - 20.6 \text{ dB} - 10 \text{ dB} = 43.4 \text{ dB(A)}$

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

$L_r = 43.4 \text{ dB(A)} + 10 \text{ dB} + 4 \text{ dB} + 0 \text{ dB} + 10 \cdot \log(270 \text{ min} / 720 \text{ min}) = 57.4 \text{ dB(A)} - 4.3 \text{ dB} = 53.1 \text{ dB(A)}$

⁷ Leitfaden Lärmschutz bei Beschneiungsanlagen, Amt für Umwelt Graubünden

Si le système de ventilation du foin a été réalisé 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 mesures 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 Situation

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'évaluation. 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 120 m 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'évaluation. 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 déterminantes au lieu d'évaluation dans le cas présent.

	Valeurs
Groupes frigorifiques	5 pcs
$L_{W,A}$	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 Situation

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 120m.

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 pcs
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'aérorefroidisseurs;
- 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 aérorefroidisseurs 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.

	Valeurs	
Aérefroidisseurs	4 pcs	6 pcs
Niveau de fréquence de rotation	II	I
Durée d'exploitation	6 – 22 h	22 – 6 h
L_p à une distance de 10m	55 dB(A) chacun	43 dB(A) chacun
$L_{p,tot}$ à une distance de 10m	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.

5. Installation comportant plusieurs sources de bruit différentes

5.1 Situation

La ventilation d'un bâtiment commercial doit être remplacée. Outre le groupe de ventilation proprement dit (monobloc), l'installation d'un système de réfrigération est également prévue. Les deux groupes doivent être placés sur le toit plat, le monobloc directement contre la façade d'une superstructure en toiture et le système de réfrigération un peu à l'écart, placé de manière dégagée sur le toit plat.

Le bâtiment avec le système de ventilation existant a été réalisé après l'entrée en vigueur de la LPE et est donc considéré comme une nouvelle installation fixe. Les valeurs de planification doivent donc toujours être respectées conformément à l'art. 7 OPB.

Le lieu de mesurage déterminant est un appartement situé dans le bâtiment voisin, qui se trouve dans une zone mixte avec degré de sensibilité DS III. Le facteur décisif est notamment l'évaluation de la situation de nuit.

5.2 Évaluation

Les deux groupes peuvent être évalués séparément à l'aide de l'attestation du respect des exigences de protection contre le bruit pour les systèmes CVC.

Monobloc

Le monobloc se trouve à 52 m du lieu d'évaluation, contre une façade, et fonctionne toute la nuit.

	Valeurs
L_p à une distance de 10m	46 dB(A)
L_{WA}	74 dB(A)
Distance s	52 m
Correction de la directivité D_c	6 dB
K1 nuit	10 dB
K2	2 dB
K3	0 dB
Durée d'exploitation t	720 minutes
Niveau d'évaluation partiel 1 $L_{r,1}$	46.7 dB(A)

Système de réfrigération

Le système de réfrigération est situé à 41 mètres du lieu d'évaluation et est placé librement sur le toit. Il ne fonctionne pas entre 22 et 6 heures.

	Valeurs
L_p à une distance de 10m	68 dB(A)
L_{WA}	76 dB(A)
Distance s	41 m
Correction de la directivité D_c	3 dB
K1 nuit	10 dB
K2	2 dB
K3	0 dB
Durée d'exploitation t	240 minutes
Correction de niveau	-4.8 dB
Niveau d'évaluation partiel 2 $L_{r,2}$	43.0 dB(A)

Comme les deux groupes font partie de la même installation, il faut ensuite vérifier que les émissions sonores combinées des deux groupes ne dépassent pas la valeur limite fixée pour l'installation. Pour ce faire, les deux niveaux d'évaluation partiels sont additionnés énergétiquement :

$$L_{r, \text{tot}} = 10 \cdot \log(10^{0.1 \cdot L_{r,1}} + 10^{0.1 \cdot L_{r,2}}) = 48.2 \text{ dB(A)}$$

La valeur de planification de nuit de 50 dB(A) pour le DS III peut ainsi être respectée.

1. Mesurage du bruit

1.1 Généralités

Dans certains cas, il peut s'avérer nécessaire de déterminer le bruit émis par un système CVC à l'aide de mesurages. L'exposition au bruit (niveau d'évaluation) aux lieux d'immissions pertinents peut être déterminée sur la base du niveau de pression acoustique mesuré.

Ainsi, un mesurage du bruit d'une installation de référence peut par exemple s'avérer nécessaire lorsqu'aucune donnée relative au niveau de puissance acoustique d'un système n'est fournie par le fabricant et que le respect des valeurs de planification ne peut donc pas être attesté préalablement (p. ex. dans le cadre une procédure d'octroi de permis de construire). Par ailleurs, des mesurages peuvent être indiqués dans le cadre du traitement de plaintes relatives au bruit ou en cas de doute concernant l'exactitude des données.

1.2 Exigences en matière de mesurage

En cas de plainte pour nuisance sonore, les mesurages sont réalisés dans la mesure du possible chez le plaignant, au milieu de la fenêtre ouverte (lieu de la détermination, art. 39 OPB), pour autant que les bruits parasites ne perturbent pas les mesurages. Le cas échéant, le bruit de fond sera mesuré séparément et soustrait énergétiquement de la valeur mesurée. Alternativement, le niveau de pression acoustique sera mesuré plus près de l'installation et extrapolé au lieu d'évaluation (fenêtre) en fonction de la distance.

Étant donné que les bruits parasites sont fréquents le jour et qu'il est difficile de forcer manuellement un état de fonctionnement défini présentant un régime maximal pour les installations modulantes (avec réglage de la fréquence rotative), il est recommandé d'effectuer un mesurage de longue durée s'étalant sur plusieurs nuits et par des températures extérieures aussi représentatives que possible, telles qu'elles sont habituelles à l'emplacement de l'installation durant son exploitation. Le microphone peut être fixé directement à l'extérieur sur la fenêtre fermée selon les directives de l'OFEV.⁸

En comparaison avec la valeur mesurée avec la fenêtre ouverte, 5 dB doivent être soustraits de la valeur mesurée sur la vitre de la fenêtre fermée.

- a) Autant que possible, le dispositif de mesurage doit être simple et reproductible.
- b) Le mesurage ne doit pas être faussé par des bruits parasites. À l'endroit du mesurage, le bruit de fond doit être nettement plus bas que le niveau de pression acoustique de l'installation. Le cas échéant, le mesurage doit se faire plus près de l'installation, pour autant que cela soit possible et justifiable.
- c) L'instrument de mesure doit correspondre à la classe 1 selon la norme IEC 61672 et faire l'objet d'un étalonnage valable de METAS.

1.3 Contenu du rapport de mesurage

Les indications suivantes doivent être données dans le protocole de mesurage :

- a) Appareil de mesurage (type, numéro d'appareil ou numéro de fabrication, numéro du microphone, dernière certification)

⁸ Méthode pour la détermination des immissions sonores extérieurs avec fenêtre fermée

- b) Calibration (heure, calibre utilisé, niveau de calibration, dernière certification)
- c) Emplacement du mesurage (emplacement du microphone : plan et photos, distance à la source, obstacles)
- d) Source (si disponibles : type d'installation, fabricant, numéro de série, année de construction, niveau de puissance acoustique $L_{WA,ErP}$, $L_{WAmax,jour}$ et $L_{WAmax,nuit}$, emplacement, orientation, dimensions, mode d'exploitation, éventuelles mesures de réduction du bruit, evt. photo)
- e) Heure et durée du mesurage (date et heure)
- f) Météorologie (température, si disponible : direction et vitesse du vent, degré de couverture nuageuse)
- g) Bruits de fond (types de bruit, niveau sonore, durée)
- h) Incertitude du mesurage

On indiquera les niveaux Leq individuels mesurés, la moyenne énergétique qui en résulte et les éventuelles corrections de niveau pour les composantes tonales et impulsives déterminées sur place ou à l'aide d'enregistrements sonores pendant la mesure.

Le niveau moyen pondéré A au lieu d'immission calculé à l'aide des mesurages et les corrections de niveau à établir pour les composantes tonales et impulsives constituent la base de la détermination du niveau d'évaluation selon le chapitre 2.4 de la présente aide à l'exécution.