

ETUDE ACOUSTIQUE

13/10/2025

ETUDE DU BRUIT GENERE PAR LES EQUIPEMENTS TECHNIQUES
EN TOITURE DE L'ECOLE PARADIS

Etude réalisée à la demande de :
TEEN CONSULTING srl

Chaussée de Nivelles 60
7181 ARQUENNES

Acoustics Studies & Measurements

Bureau d'étude acoustique agréé par la région wallonne

Responsables de l'étude :

SOMMAIRE

1	INTRODUCTION	3
2	CONTEXTE REGLEMENTAIRE ET NOTIONS ACOUSTIQUES	3
2.1	Contexte réglementaire	3
2.2	Notions acoustiques.....	3
3	ETUDE DE LA SITUATION EXISTANTE	4
3.1	Plan d'affectation	4
3.2	Niveaux de bruit applicables.....	4
3.3	Sources de bruit indépendantes de l'équipement étudié	5
4	ETUDE DE LA SITUATION PROJETEE	7
4.1	Descriptif technique et implantation de l'unité de pompe à chaleur (PAC)	7
4.2	Identification et localisation des riverains les plus proches.....	8
4.3	Modélisation simplifiée de la situation projetée	10
4.4	Conclusion.....	11
5	RECOMMANDATIONS.....	12
5.1	Installation d'un écran anti-bruit périphérique	12
5.2	Désolidarisation des équipements.....	13
6	ANNEXE : Extrait de la fiche technique de l'unité de pompe à chaleur.....	14

1 INTRODUCTION

La présente étude a pour but d'évaluer le bruit généré par l'installation d'une unité de pompe à chaleur (PAC) du complexe scolaire Paradis des Enfants situé 110 Avenue des Volontaires à 1040 Etterbeek.

Pour cela les niveaux de bruit générés par la nouvelle installation au droit des riverains les plus proches sont déterminés sur base de la fiche technique de l'équipement. Les résultats prévisionnels sont comparés aux valeurs limites réglementaires applicables en région Bruxelles-Capitale.

Enfin, si besoin, des recommandations pour réduire le bruit au niveau de l'ensemble des riverains sont émises.

2 CONTEXTE REGLEMENTAIRE ET NOTIONS ACOUSTIQUES

2.1 Contexte réglementaire

- › Arrêté du gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale du 1^{er} décembre 2022 fixant la méthode de contrôle et les conditions de mesures de bruit ;
- › Arrêté du gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale du 21 novembre 2002 relatif à la lutte contre le bruit et les vibrations générées par les installations classées ;
- › Arrêté du gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale du 21 novembre 2002 relatif à la lutte contre les bruits de voisinage.

2.2 Notions acoustiques

› Niveau de bruit L_r :

Le niveau de bruit ambiant L_r est défini comme étant le niveau de pression acoustique équivalent mesuré lorsque les sources sonores incriminées sont à l'arrêt.

› Niveau de bruit L_{tot} :

Le niveau de bruit total L_{tot} est défini comme étant le niveau de pression acoustique équivalent mesuré lorsque les sources sonores incriminées sont en fonctionnement. Ce niveau sonore comprend le niveau L_r et le niveau spécifique L_{sp} .

› Niveau de bruit L_{sp} :

Le niveau de bruit spécifique L_{sp} est défini comme le niveau de pression acoustique équivalent spécifique à la source de bruit incriminée. Il est calculé par différence logarithmique entre le niveau L_{tot} et le niveau L_r éventuellement corrigé de termes correctifs pour tonalité marqué et/ou caractère impulsif.

› Bruit de fond / résiduel :

Bruit ambiant, en l'absence du bruit particulier. Dans la réglementation Bruxelloise il s'agit du niveau L_r .

› L_{Aeq} : Niveau de pression acoustique continu équivalent sur une durée donnée pondéré A.

› Niveaux acoustiques fractiles, par exemple $L_{A90,1s}$:

Niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A dépassé pendant 90% de l'intervalle de mesurage, avec une durée d'intégration égale à 1s.

› Emergence :

Modification du niveau de bruit ambiant induite par l'apparition ou la disparition d'un bruit particulier.

› Niveau en bande d'octave ou tiers d'octave :

Niveau de bruit après filtrage passe-bande entre deux fréquences limites d'une bande (de tiers) d'octave. Les bandes d'octave forment un découpage de l'échelle des fréquences tel que la fréquence centrale d'une bande d'octave est le double de la fréquence de la bande qui la précède. Cette représentation logarithmique des fréquences est fidèle à la perception de l'oreille humaine. Le tiers d'octave est un découpage plus fin que les bandes d'octave (3 bandes par octave).

3 ETUDE DE LA SITUATION EXISTANTE

3.1 Plan d'affectation

Les équipements techniques étudiés sont situés sur une des terrasses techniques du bâtiment principal de du complexe scolaire Paradis des Enfants, 110 Av. des Volontaires 1040 Etterbeek en zone d'équipement d'intérêt collectif ou de service public (voir Figure 1).

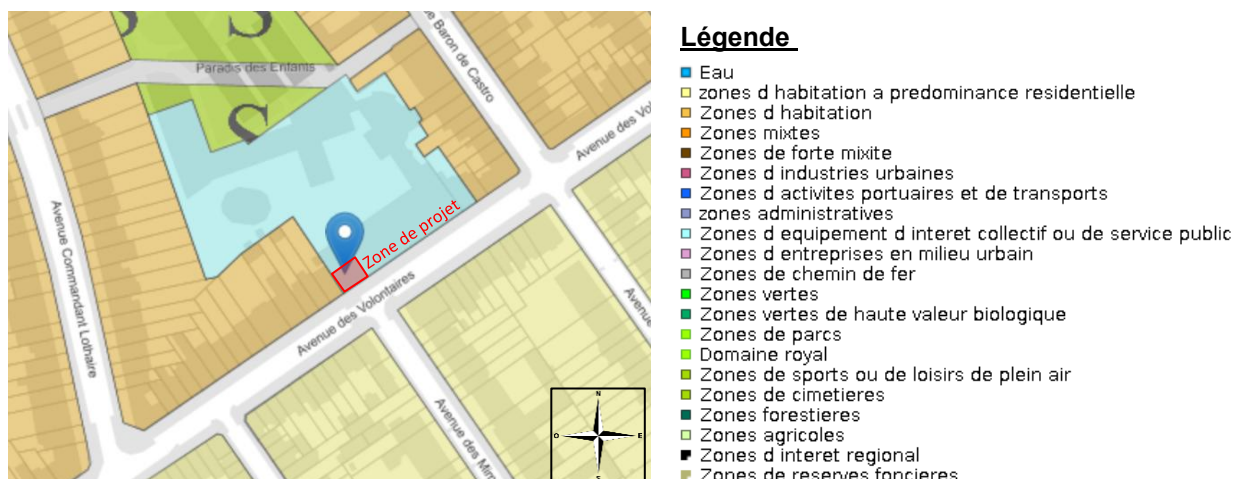


Figure 1 : Extrait du plan de secteur de la ville de Bruxelles avec localisation du bâtiment concerné (source : Brugis).

3.2 Niveaux de bruit applicables

Au vu de l'implantation de l'installation de la PAC en toiture/terrasse technique de l'établissement, celle-ci aura un impact sonore direct chez les riverains les plus proches situés en zone d'habitation limitrophe à la zone d'équipement d'intérêt collectif.

L'Arrêté du gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale du 21 novembre 2002 relatif à la lutte contre les bruits de voisinage fixe les valeurs limites suivantes à l'extérieur :

► Valeurs réglementaires générales s'appliquant aux bruits de voisinage à l'extérieur pour zone d'équipement d'intérêt collectif ou de service public (zone de type 3).

Tableau 1 : Valeurs limites des émergences dues à des bruits de voisinage à l'extérieur.

Périodes	Lundi-Vendredi 7h-19h (Période A)			Lundi-Vendredi 19h-22h et samedi 7h-19h (Période B)			Tous les jours 22h-7h, samedi 19h-22h et dimanche et jours fériés 7h-22h (Période C)		
	Lsp	N	Spte	Lsp	N	Spte	Lsp	N	Spte
Zone 3 - Zone d'équipement d'intérêt collectif ou de service public	48	30	78	42 / 48 ^b	20	72	36 / 42 ^{a,b}	10 / 20 ^a	66 / 72 ^a

a : Limites applicables aux installations dont le fonctionnement ne peut être interrompu.

b : Limites applicables aux magasins pour la vente de détail.

L'horaires de fonctionnement de l'équipement correspond à une version élargie des horaires de l'école. C'est-à-dire que l'unité de PAC en question va être mise à l'arrêt entre 22h et 7h du matin entre lundi et vendredi ainsi que le weekend. Dans ce cas, la période réglementaire à considérer est la période B tel que la valeur limite à ne pas dépasser est $L_{sp} = 42dB(A)$.

Avec :

- Le L_f correspond au niveau sonore L_{Aeq} de bruit ambiant mesuré sans les sources incriminées : il peut être parfois assimilé au niveau de bruit résiduel (ou bruit de fond).
- Le L_{tot} correspond au niveau sonore L_{Aeq} de bruit ambiant mesuré avec les sources incriminées. Il est également assimilé au Niveau sonore global.
- Le L_{sp} est le niveau de bruit spécifique (niveau de bruit généré par la source sonore considérée éventuellement pondéré d'une pénalité pour cause de tonalité marquée (correction K) ou de bruits impulsifs).

$$L_{sp} = 10 \times \text{Log} (10L_{tot} / 10 - 10L_f / 10) + K$$

- S_{pte} : Seuil de pointe (seuil maximum) en dB(A)
- N : nombre de fois que l'installation a généré un dépassement du seuil de pointe (S_{pte}) par période d'une heure
- K est le terme correctif à prendre en compte en cas de tonalité marquée à une fréquence. Il est défini sur base des spectres selon le tableau suivant :

Tableau 2 : Facteur correctif K en fonction de l'émergence tonale.

Emergence tonale en dB	Facteur de correction K en dB(A)
$E \leq 3$	0
$3 < E \leq 6$	2
$6 < E \leq 9$	3
$9 < E \leq 12$	4
$12 < E \leq 15$	5
$15 < E$	6

3.3 Sources de bruit indépendantes de l'équipement étudié

Les sources de bruits actuelles environnantes exerçant une influence sur le niveau de bruit ambiant sont :

- › Le trafic routier de l'Avenue des Volontaires ;
- › Le bruit généré par les enfants dans la cour de récréation.

A titre indicatif, un relevé sonore a été effectué en bordure de la terrasse technique sur une période de 10 minutes afin de caractériser l'ambiance sonore existante en période de jour (période A) à cet endroit. Les résultats obtenus sont présentés ci-dessous.



Figure 2 : Photos du point de mesure de courte durée.

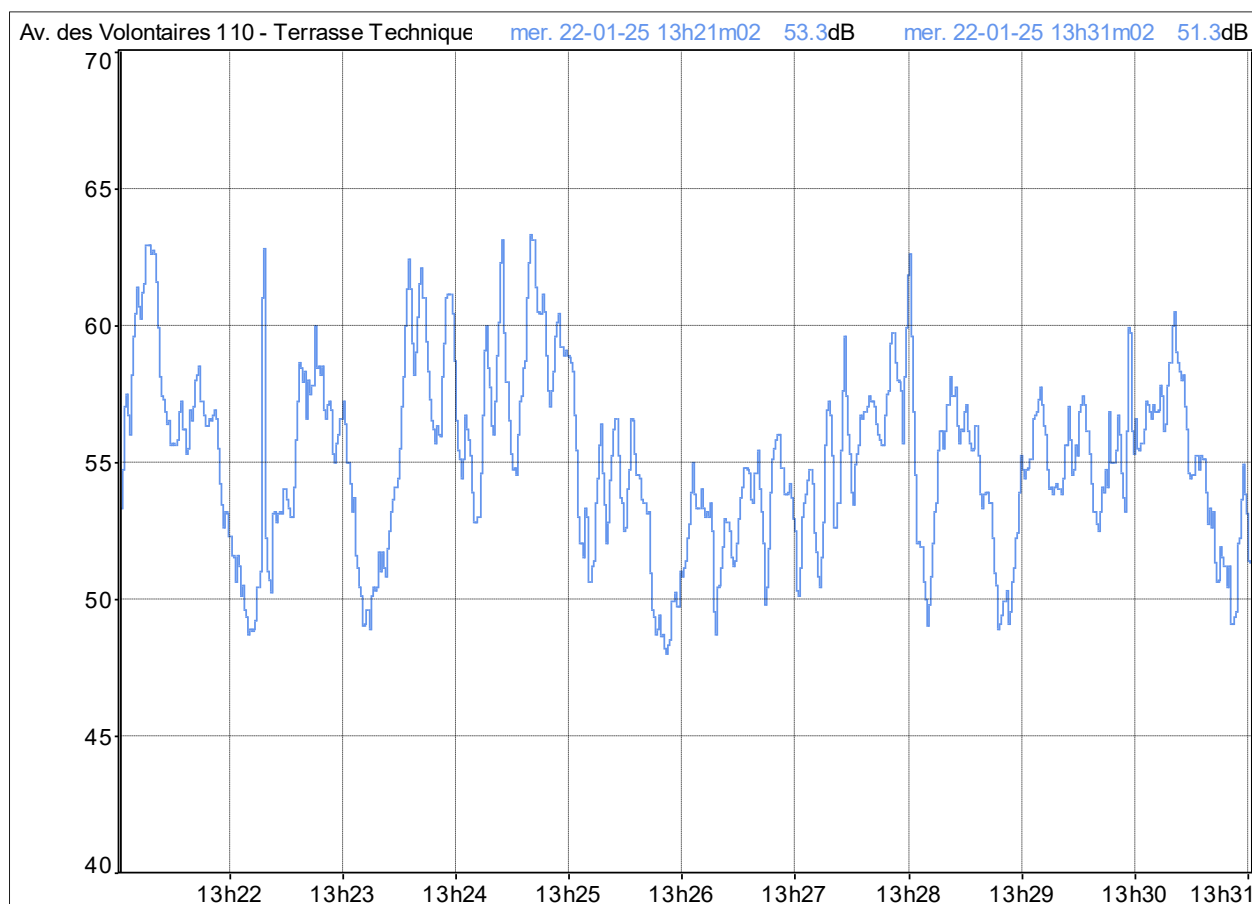


Figure 3 : Evolution temporelle du niveau sonore mesuré.

Tableau 3 : Résultats du relevé sonore de courte durée.

Relevé	Date	Heure de début	Heure de fin	L _{Aeq}	L ₉₀	L _{max}
CD1	22/01/2025	13h21	13h31	56,3 dB(A)	50,4 dB(A)	63,3 dB(A)

Analyse :

Les niveaux sonores instantanés mesurés sont compris entre 47 et 63 dB(A) tandis que le niveau sonore moyen mesuré sur la période de courte durée est de 56,3 dB(A). Le niveau de bruit de fond est caractérisé par un L₉₀ de 50,4 dB(A).

Ces niveaux sonores relevés sont cohérents avec les niveaux de bruits L_{den} donnés par les cartographies de niveaux de bruits multi-exposition de Bruxelles Environnement (2021) et représentent une ambiance sonore qui peut être qualifiée calme à légèrement bruyante.

4 ETUDE DE LA SITUATION PROJETEE

Une seule unité de PAC air/eau monobloc de 150kW de puissance nominale doit être installée. Le modèle *AquaSnap 30RQ 160R A* de la marque *Carrier* qui a été retenu présente un niveau de puissance sonore très élevée sans l'option de réduction de bruit (i.e. 92dB(A)).

4.1 Descriptif technique et implantation de l'unité de pompe à chaleur (PAC)

L'unité de pompe à chaleur a été analysée sur base de sa fiche technique dont les extraits d'intérêts sont disponibles en Annexe 1.

Celle-ci fournit uniquement la valeur acoustique de puissance sonore globale tel qu'un spectre type a été considéré pour les calculs prévisionnels.

A ce stade, il d'ores et déjà nécessaire de prévoir l'option 15SL à réduction de bruit.

Le spectre en bande d'octave d'une machine est présenté dans le tableau suivant :

Tableau 4 : Puissance acoustique de l'unités de pompe à chaleur avec l'option 15LS.

	Total
Puissance acoustique en dB(A)	85

Dimension de la PAC : 2275 x 2150 x 1371mm (L x l x H).

L'image ci-dessous illustre la position de l'équipement sur la toiture principale de l'établissement scolaire.



Figure 4 : Implantation de l'unité de pompe à chaleur sur la toiture principale de l'établissement.

4.2 Identification et localisation des riverains les plus proches

4.2.1 Riverain #1 et #2

Les riverains numéro 1 et 2 sont les résidents du dernier étage des logements situés respectivement au 108 et 106 Av. des Volontaires.

La toiture plate directement adjacente à la toiture principale de l'école est située en contre-bas et ne dispose pas de fenêtre comme le montre la figure ci-dessous.

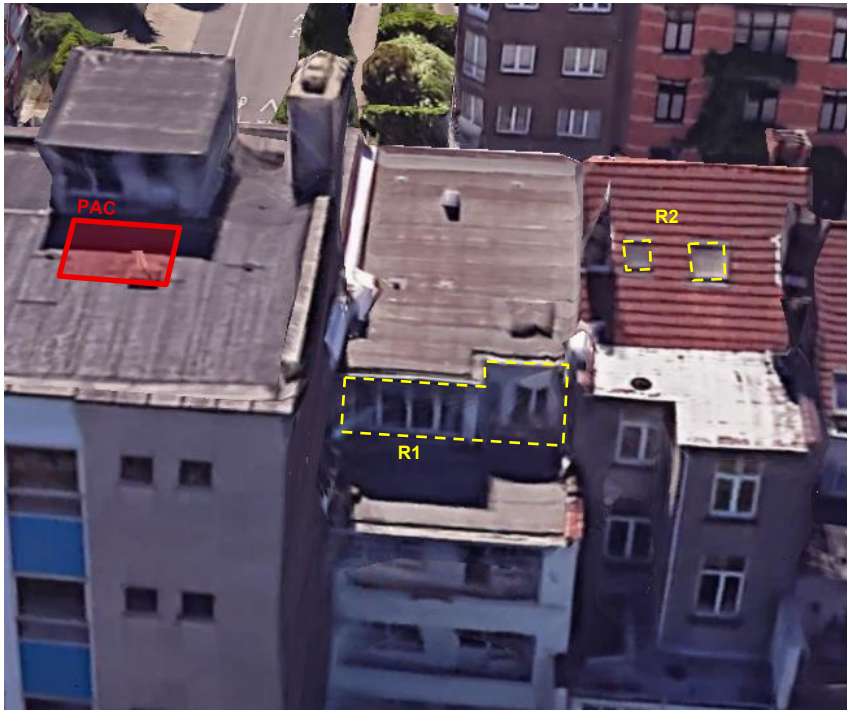


Figure 5 : Photo de localisation des riverains #1 et #2.

4.2.2 Riverains #3 et #4

Les riverains numéro 3 et 4 sont respectivement situés au dernier étage des numéros 195 et 199 Av. des Volontaires. Tous deux sont en face (i.e. de l'autre côté de la rue) et légèrement en contre-bas vis-à-vis de la toiture principale de l'établissement scolaire.



Figure 6 : Photos de localisation des riverains #3 et #4.

4.2.3 Synthèse des distances jusqu'au droit des riverains

Le tableau ci-dessous indique les distances entre l'équipement technique et les riverains considérés.

Figure 7 : Tableau récapitulatif des distances jusqu'au droit des riverains les plus proches.

	R1	R2	R3	R4
Distances	10.5m	16.5m	35.0m	37.0m

Il est par ailleurs à noter que les riverains #3 et #4 profite d'une réduction de bruit relative à la présence de l'abris en toiture qui fait écran. Celui-ci est identifié en bleu dans la figure ci-dessous.

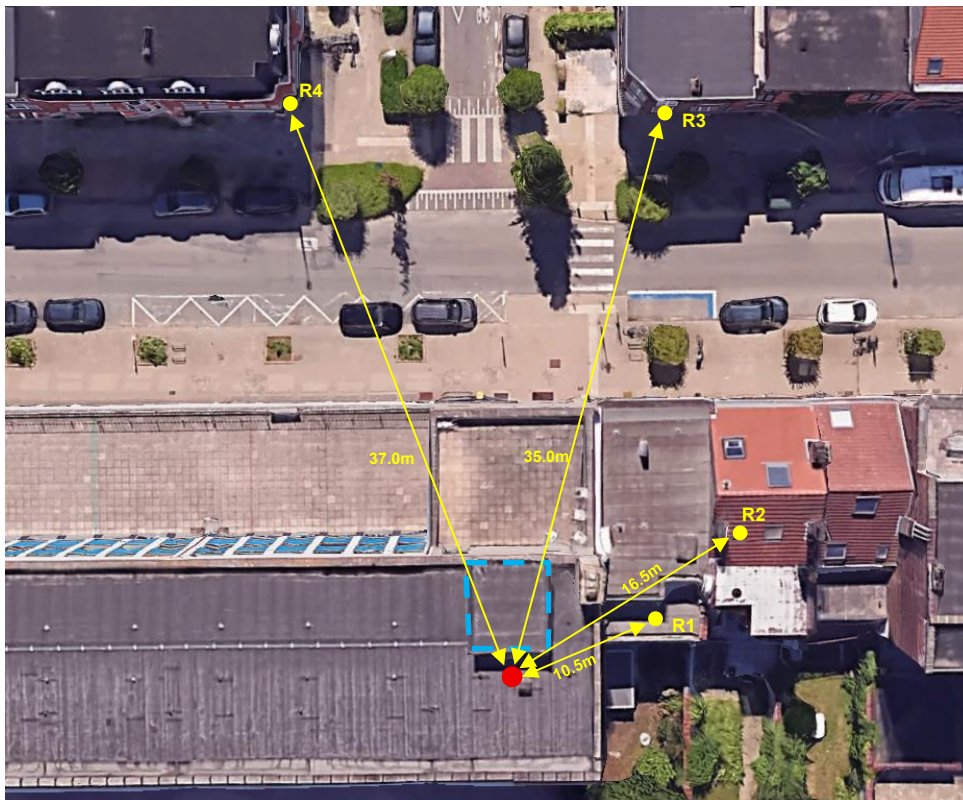


Figure 7 : Synthèse des distances entre l'équipement et les riverains à proximité.

4.3 Modélisation simplifiée de la situation projetée

4.3.1 Modèle de calcul

La formule de propagation des ondes sonores en champs libre pour des sources ponctuelles (concepts d'acoustique théorique) a été utilisée :

$$L_w = L_{sp} - 10 \times \log(Q/(4\pi r^2))$$

Avec :

Q : coefficient de directivité considéré, dans le cas présent Q = 4 a été considéré pour toutes les sources ;
r : distance à la source en mètre ;
L_w : niveau de puissance acoustique de la source en dB(A) ;
L_p : niveau de pression sonore mesuré à la distance r de la source.

4.3.2 Niveaux de bruits particuliers aux droits des riverains – Sans traitement acoustique

Sur base de la formule de propagation des ondes sonores en champs libre pour des sources ponctuelles (voir Section 4.3.1), et des distances par rapport aux riverains (voir Section 4.2.3), il est possible d'évaluer le niveau de bruit particulier perçu par les riverains les plus proches.

Dans la configuration actuelle, sans dispositif acoustique, les valeurs obtenues sont les suivantes :

Tableau 9 : Résultats issus de la modélisation – Bruit généré par la PAC au droit des riverains les plus proches

Points considérés	L _{sp} calculé en dB(A)	Valeur limite applicable en dB(A) Période B	Conformité	Gain à atteindre en dB(A)
Riverain 1	58,0	42,0	Non	16,0
Riverain 2	55,4	42,0	Non	13,4
Riverain 3	36,7	42,0	Oui	-
Riverain 4	36,3	42,0	Oui	-

Les calculs montrent que pour la situation projetée sans dispositif acoustique, le bruit généré par l'équipement technique prévu n'est conforme à la valeur limites applicable en période B que pour les riverains #3 et #4.

Des dépassements de la valeur réglementaire applicable compris entre 13 et 16dB(A) ont été obtenus pour les riverains #1 et #2.

4.3.3 Niveaux de bruits particuliers aux droits des riverains – Avec traitement acoustique

Compte tenu des gains à atteindre, il est strictement nécessaire de prévoir un bardage antibruit tout autour de l'équipement. Les propriétés physiques et les performances de cette solution acoustiques seront présentées et détaillées dans le chapitre suivant.

En prenant compte de l'atténuation liées au dispositif acoustique, les valeurs obtenues sont les suivantes :

Tableau 10 : Résultats issus de la modélisation – Bruit généré par la PAC au droit des riverains les plus proches

Points considérés	L _{sp} calculé en dB(A)	Valeur limite applicable en dB(A) Période B	Conformité	Gain à atteindre en dB(A)
Riverain 1	41,9	42,0	Oui	-
Riverain 2	41,3	42,0	Oui	-
Riverain 4	36,7	42,0	Oui	-
Riverain 3	36,3	42,0	Oui	-

Les calculs montrent que pour la situation projetée avec dispositif acoustique, le bruit généré par les deux équipements techniques prévus est conforme à la valeur limite applicable en période C pour tous les riverains considérés.

4.4 Conclusion

Les calculs montrent que sans traitement acoustique le bruit l'équipement envisagé ne permet pas d'être conforme vis-à-vis de la valeur limite réglementaire en période B (i.e. 42dB(A)).

En effet, des dépassements compris entre 13 et 16dB(A) ont été calculés au niveau des riverains R1 et R2.

Les calculs réalisés montrent que la mise en place d'un écran acoustique permet d'atteindre un niveau de bruit particulier qui respecte la valeur limite réglementaire en période B aux droits de riverains les plus proches. Les détails de compositions et de dimensionnement de cet écran seront donnés dans le chapitre suivant.

Il est important de rappeler que les valeurs prévisionnelles obtenues sont basées sur une puissance acoustique global de 85dB(A) ce qui implique que l'unité de pompe à chaleur soit commandée avec l'option de réduction de bruit 15LS (voir Section 4.1).

5 RECOMMANDATIONS

Les descriptifs des solutions et les conseils de mise en œuvre ci-dessous sont donnés à titre indicatif et sont sous réserve des fiches techniques, descriptifs et cahiers des charges constructeurs relatifs aux matériaux et systèmes choisis.

En outre, il est essentiel de s'assurer que les solutions choisies seront adaptées aux autres contraintes techniques du bâtiment et de l'activité (sécurité incendie / ventilation / accessibilités...).

Enfin, sous réserve de mise en œuvre soignée, l'intervention d'un entrepreneur spécialisé en isolation acoustique n'est pas absolument nécessaire.

5.1 Installation d'un écran anti-bruit périphérique

Le résultat des calculs prévisionnels présentés dans la Section 4.3.2 montrent que l'installation de l'unité de pompe à chaleur nécessite un traitement acoustique pour respecter les valeurs réglementaires de niveau de bruits particuliers en environnement.

Au vu du gain à atteindre, la solution acoustique à prévoir consiste en l'installation d'un écran anti-bruit d'une hauteur de 2.6m tout autour de l'équipement. En d'autres termes, l'écran acoustique doit dépasser la hauteur culminante de l'équipement de minimum 1.2m minimum. Il se peut donc que la hauteur définitive de l'écran soit plus élevée si la PAC est installée sur un support qui la réhausse.

Afin d'optimiser sa performance cet écran devra être positionné au plus proche de l'équipement tout en respectant les distances minimales fournies par le constructeur. Ces valeurs sont données pour permettre d'accéder et d'assurer la maintenance de l'unité de pompe à chaleur.

L'écran acoustique à prévoir sera composé de panneaux sandwich (voir *Figure 8*) d'épaisseur minimale de 80mm avec tôle acier 8/10^{ème} du côté extérieur puis une épaisseur minimale de 80mm de laine minérale haute densité (70kg/m³) et tôle perforée 8/10^{ème} côté équipement.

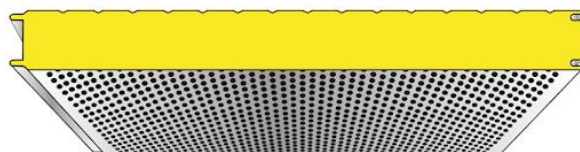
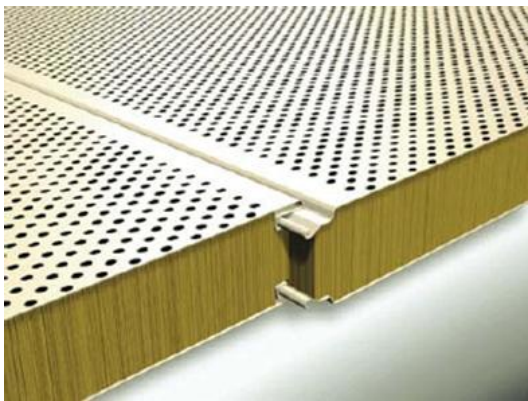


Figure 8 : Illustration de panneaux sandwichs pouvant être utilisés pour la réalisation de l'écran.

L'écran devra présenter la performance acoustique suivante : indice d'affaiblissement $R_w \geq 20\text{dB}$.

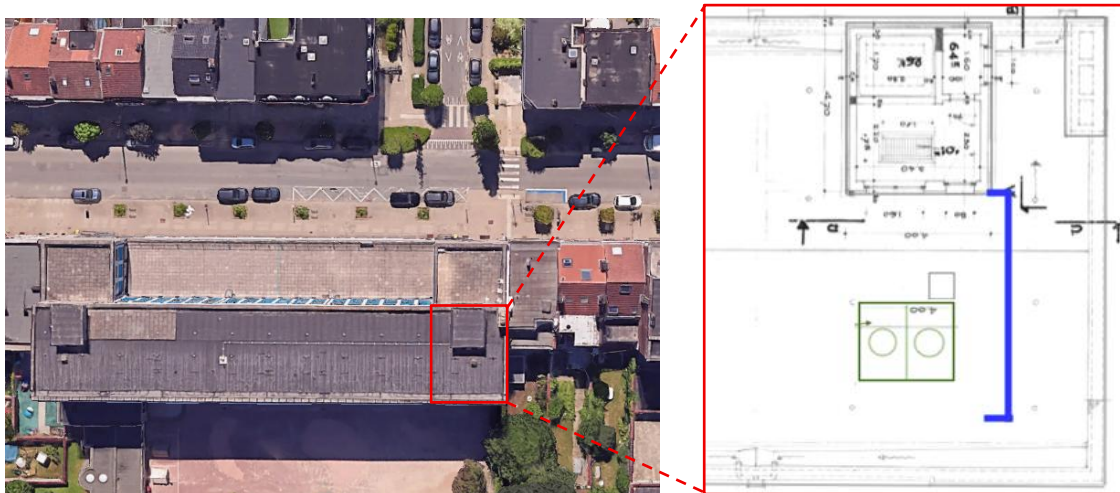


Figure 9 : Plan d'implantation de la PAC en vert et du bardage acoustique prescrit en bleu.

5.2 Désolidarisation des équipements

Afin de limiter les transmissions du bruit par les voies solidiennes, il est impératif que le nouvel équipement soit entièrement désolidarisé du sol (i.e. aucun contact rigide direct entre la PAC et la terrasse technique).

Pour cela, l'unité de pompe à chaleur doit être installée sur un système de désolidarisation adapté. Le dimensionnement des supports anti-vibratiles (plot, matelas, ...) doit prendre en compte les caractéristiques des équipements et doit être réalisé par un spécialiste.

A savoir qu'il en existe différents types : à ressort, conique en caoutchouc, à rails intégrés,...



Figure 10 : Illustrations de solutions anti-vibratiles.

6 **ANNEXE : Extrait de la fiche technique de l'unité de pompe à chaleur**



INSTALLATION, OPERATION AND
MAINTENANCE INSTRUCTIONS



**Air-Cooled Liquid Chillers
Reversible heat pumps
30RB/30RQ 040R-160R**

Rated cooling capacity 40-160 kW

Informations sur l'unité				
Source		Montluel		
Type de réfrigérant		R32		
Masse de réfrigérant	kg	18.30		
Tonnes équivalent CO2	Tonnes	12.35		
Catégorie PED		CAT III		
Nombre de circuits frigorigènes		2		
Nombre de compresseurs		4		
Nombre de ventilateurs		2		
Puissance absorbée des ventilateurs	kW	1.40		
Débit d'air total des ventilateurs	m3/h	26577.6		
Service	Poids	kg	1018	
	Longueur	mm	2275	
	Largeur	mm		
	Hauteur	mm	1371	
Livraison	Poids	kg	1003	
	Longueur	mm	2275	
	Largeur	mm		
	Hauteur	mm	1371	

30RQ		040R	045R	050R	060R	070R	080R	090R	100R	120R	140R	160R
Chauffage												
Niveaux sonores												
Unité + option 16												
Puissance acoustique ⁽¹⁾	dB(A)	82,0	83,0	84,0	89,0	89,5	89,5	92,0	92,0	92,0	92,5	92,0
Pression acoustique à 10 m ⁽²⁾	dB(A)	50,0	51,0	52,5	57,5	58,0	58,0	60,5	60,5	60,5	61,0	60,5
Puissance acoustique Écoconception Conditions SCOPC	dB(A)	77,0	79,0	83,0	83,5	83,5	81,0	84,5	82,0	82,5	90,0	90,0
Unité standard												
Puissance acoustique ⁽¹⁾	dB(A)	82,0	83,0	84,0	89,0	89,5	89,5	92,0	92,0	92,0	92,5	92,0
Pression acoustique à 10 m ⁽²⁾	dB(A)	50,0	51,0	52,5	57,5	58,0	58,0	60,5	60,5	60,5	61,0	60,5
Puissance acoustique Écoconception Conditions SCOPC	dB(A)	77,0	79,0	83,0	83,5	83,5	81,0	84,5	82,0	82,5	90,0	90,0
Unité + option 15LS⁽³⁾												
Puissance acoustique ⁽¹⁾	dB(A)	78,5	79,0	80,5	80,5	80,5	80,5	83,5	83,5	83,5	83,5	83,5
Pression acoustique à 10 m ⁽²⁾	dB(A)	47,0	47,5	49,0	49,0	48,5	49,0	52,0	52,0	51,5	52,0	51,5
Puissance acoustique Écoconception Conditions SCOPC	dB(A)	74,5	77,0	80,0	81,0	81,0	79,0	82,0	80,0	81,0	86,0	85,0