

OPLEIDING DUURZAME GEBOUWEN

WARMTEPOMP: KEUZE EN ONTWERP

LENTE 2024

Uitdagingen inzake akoestiek voor aerothermische installaties

Benoît FAUVILLE



bruxelles
environnement
leefmilieu
brussel
.brussels

Julie RENAUX

écORce
INGÉNIEURS CONSULTANTS



- ▶ Voorstellen van de geldende regelgeving en eisen inzake akoestiek voor WP in het BHG
- ▶ Behandelen van de definities en basisprincipes van geluidsvoortplanting (luchtgeluid en contactgeluid), toegepast op het geval van de aerothermische warmtepomp.
- ▶ Formuleren van basisaanbevelingen inzake akoestiek, van toepassing op elke warmtepompinstallatie om de geluidsimpact ervan te beperken.
- ▶ Voorstellen van de verschillende essentiële en aanvullende akoestische inrichtingen om het gegenereerde geluidsniveau te verlagen.
- ▶ Bepalen van de rol van de ingenieur akoestiek/akoestisch expert (metingen en studies)
- ▶ Toelichten van enkele vereenvoudigde praktische tools ter ondersteuning van het ontwerp.



BASISBEGRIPPEN INZAKE AKOESTIEK

NORMATIEVE EN REGLEMENTAIRE CONTEXT

ALGEMENE AANBEVELINGEN

AKOESTISCHE INRICHTINGEN

STUDIES & PRAKTISCHE REKENTOOLS



Akoestische begrippen dB en dB(A)

- Geluid = logaritmische schaal (met 0 dB, de drempel van hoorbaarheid)

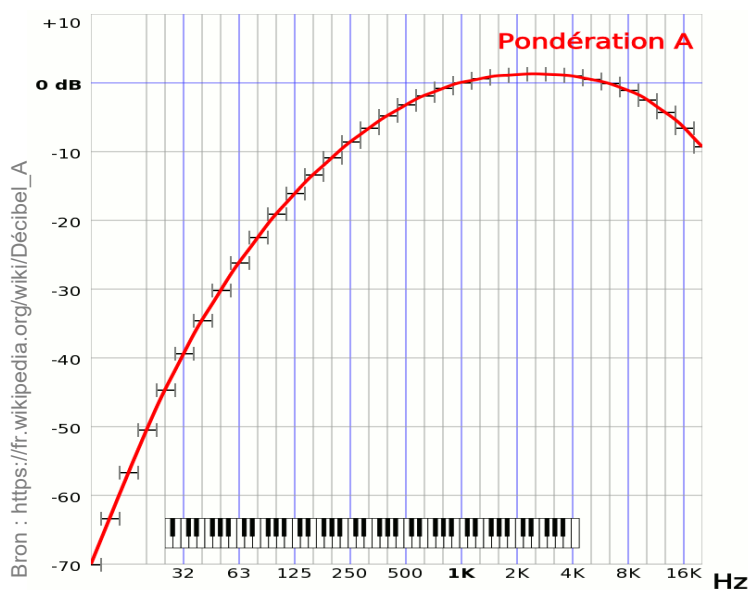
P (en μPA)	dB	Impression subjective	Type de bruit
200.000.000	140		Décollage d'un avion à 50 m 
	130		
20.000.000	120	Seuil de la douleur	Décollage d'un avion à 300 m 
	110	Supportable pour une courte période	
2.000.000	100		Marteau piqueur 
	90	Très douloureux	Rue à circulation dense 
200.000	80		
	70	Douloureux	Rue animée 
20.000	60		Conversation normale 
	50	Normal	
2.000	40	Calme	Bibliothèque 
	30		Forêt 
200	20	Très calme	
	10		Laboratoire acoustique 
20	0	Seuil de perception	

Bron: GuideNr HQE

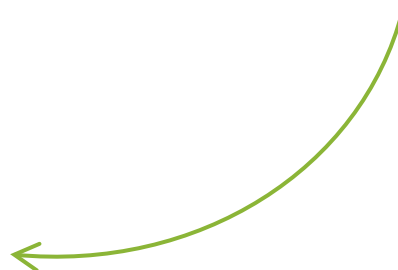


Akoestische begrippen dB en dB(A)

- Gewogen decibel A = weging van frequenties in relatie tot de gevoeligheid van het oor



$$\text{dBA} = \text{dB} + \text{A-weging}$$



• Voorbeeld

L_{tot} (dB)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
76,9	76,0	69,0	57,0	59,0	48,0	46,0	41,0	41,0
Pondération A	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,1
L_{tot} (dB(A))	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
59,5	49,8	52,9	48,4	55,8	48,0	47,2	42,0	39,9

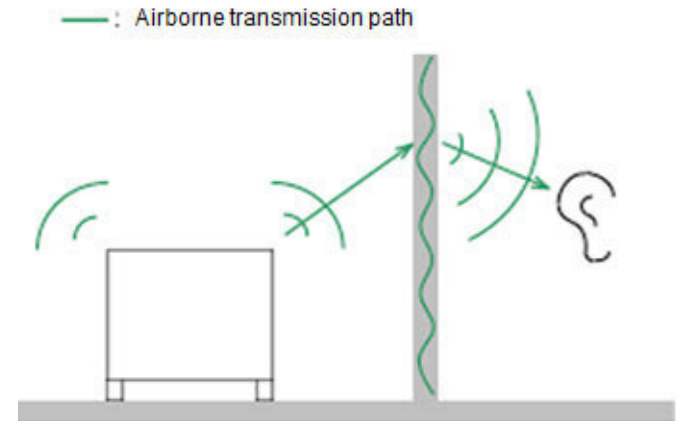


6 WIJZEN VAN GELUIDSOVERDRACHT

Luchtgeluid

- Geluid gegenereerd door een bron en waarvan het geluid wordt overgedragen door luchtrillingen

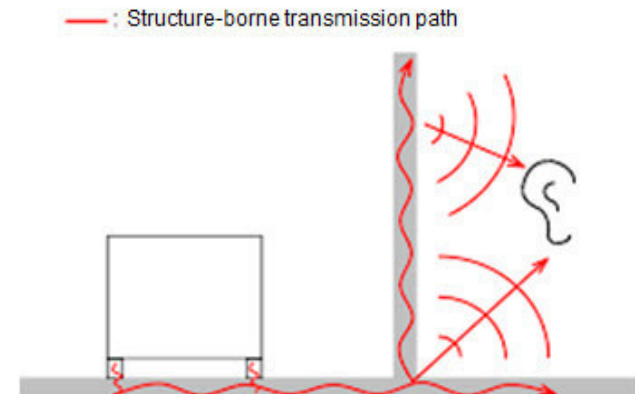
Schematic diagram: Airborne transmission path



Contactgeluid, schokgeluid of impactgeluid

- Geluid gegenereerd door een direct contact met de gebouwstructuur, dat zich voortplant doorheen de structuur

Schematic diagram: Structure-borne transmission path



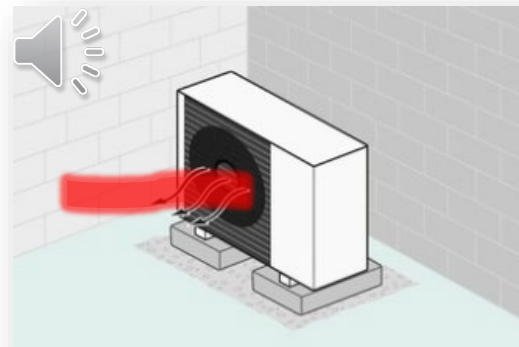
Bron : BBA



7 WIJZEN VAN GELUIDSOVERDRACHT

Welke geluidsbronnen zijn er bij een aerothermische warmtepomp?

- ▶ Primair geluid
 - Luchtgeluid door de structuur:
mechanische trillingen van de behuizing
 - Luchtgeluid door werking:
Ventilatormotor
Rotatie van de ventilatorbladen
Compressor



Bron : viessmann.lu



8 WIJZEN VAN GELUIDSOVERDRACHT

Welke geluidsbronnen zijn er bij een aerothermische warmtepomp?

- ▶ Secundair geluid
 - Contactgeluid: mechanische trillingen van de behuizing overgedragen via het draagframe



Bron : Energie et environnement SA

- Luchtgeluid door gestoorde werking:
Gebroken ventilatorbladen
Slecht onderhoud



Bron : viessmann.lu



9 WIJZEN VAN GELUIDSOVERDRACHT

Welke geluidsbronnen zijn er bij een aerothermische warmtepomp?

- ▶ Andere vormen van geluidshinder
 - De compressor in ontdooicyclus: bij temperaturen onder nul gaat de motor twee of drie keer per uur in ontdooicyclus (hoge rotatiesnelheid = hoog geluidsniveau).



Bron : Energie et environnement SA



Geluidsvermogeniveau ≠ geluidsdruk niveau

Geluidsvermogeniveau

L_w dB
 L_{wA} dB(A)



- Berekening in laboratorium
- Intrinsiek kenmerk van de installatie
- Vormt de basis voor alle berekeningen
- **Vormt de basis voor alle vergelijkingen**

Geluidsdruk niveau

L_p dB
 L_{pA} dB(A)



- Gemeten met een geluidsniveaumeter
- Waarde op technische fiche:
 L_p (op 1m, 3m, 5m of 10m) genoteerd als " $L_{p@3m}$ ".
- Kenmerk van de installatie **in de omgeving** (positie, afstand, ruimte, ...)
- Vormt het criterium waarin in de ruimte moet worden voldaan
- Grootte die Gewestelijke eisen uitdrukt

→ **Dezelfde installatie kan verschillende geluidsdruk niveaus genereren, afhankelijk van afstand en positie**

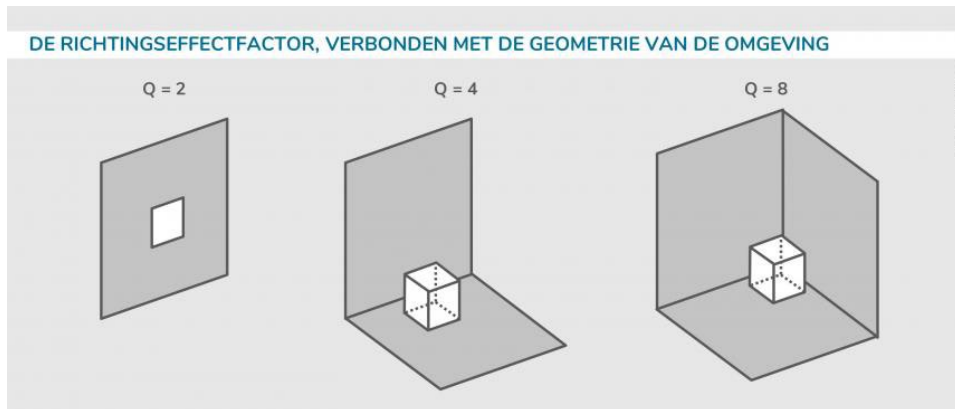


Raming van het geluidsdrukniveau

$$L_p = L_w + 10 \lg \frac{Q}{4\pi r^2}$$

Richtingseffectfactor
 Afstand (m)
 Geluidsvermogeniveau (dB)
 Geluidsdrukniveau (dB) op een afstand r

- De nabijheid van weerkaatsende oppervlak(ken) wijzigt de richtingseffectfactor (Q) van de bron

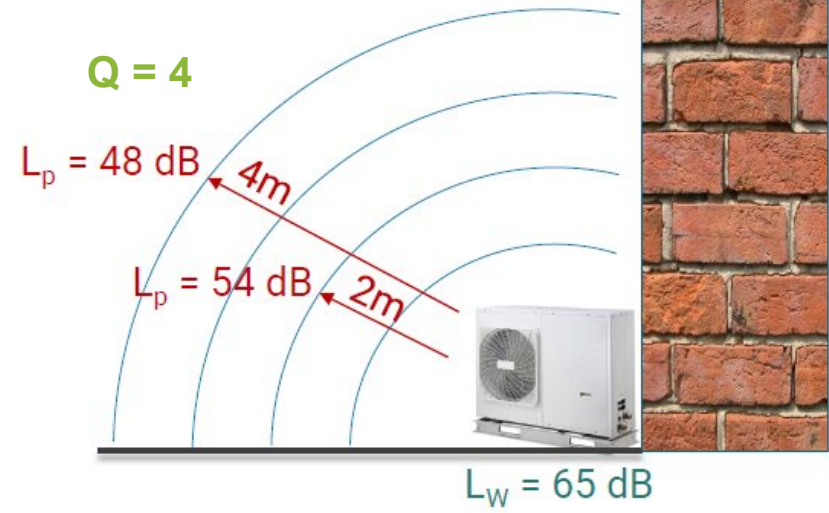
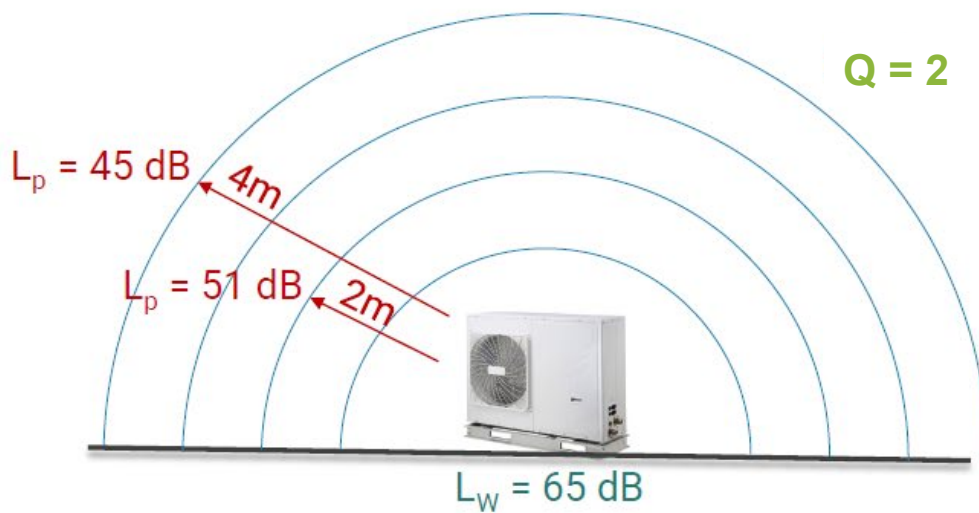


Bron : <https://www.gidsduurzamegebouwen.brussels/>



Geluidsvermogeniveau $\neq$ geluidsdrukniveau

- ▶ + 3 dB(A) per weerkaatsend oppervlak
- ▶ - 6 dB(A) per verdubbeling van de afstand*



Bron : Buildwise



Rekenregel voor de som van energieniveaus

- Formule voor het optellen van geluidsniveaus

$$L_p = 10 \log(10^{\frac{L_{p1}}{10}} + 10^{\frac{L_{p2}}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_{pn}}{10}})$$



~~60 dB '+' 60 dB = 120 dB~~

60 dB '+' 60 dB = 63 dB

En... 70 dB '+' 60 dB = 70 dB



Rekenregel voor de som van energieniveaus

- Formule voor het optellen van geluidsniveaus

$$L_p = 10 \log(10^{\frac{L_{p1}}{10}} + 10^{\frac{L_{p2}}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_{pn}}{10}})$$



50 dB '+' 50 dB = 53 dB

50 dB '+' 50 dB = 53 dB

53 dB '+' 53 dB = 56 dB



BASISBEGRIPPEN INZAKE AKOESTIEK

NORMATIEVE EN REGLEMENTAIRE CONTEXT

ALGEMENE AANBEVELINGEN

AKOESTISCHE INRICHTINGEN

STUDIES & PRAKTISCHE REKENTOOLS



Aerothermische warmtepompen:

- ▶ Een potentieel lawaaierige installatie (ventilator, compressor, enz.)
- ▶ Impact op buurt (geluidshinder)
- ▶ Toenemende moeilijkheid voor installatie in dichtbevolkte stedelijke gebieden
- ▶ Toename van het aantal klachten
- ▶ Bij overtreding: problematische situatie

⇒ **Noodzaak om enkele aanbevelingen om de impact te beperken op te volgen**



Wat zijn de eisen inzake akoestiek bij het ontwerp van systemen

- De maximale geluidsvermogensniveaus voor het op de markt brengen van warmtepompen worden vastgelegd in [Verordening \(EU\) Nr. 813/2013](#) van de Commissie tot uitvoering van Richtlijn 2009/125/EG van het Europees Parlement en de Raad wat eisen inzake ecologisch ontwerp voor ruimteverwarmingstoestellen en combinatieverwarmingstoestellen betreft

Nominale warmteafgifte ≤ 6 kW		Nominale warmteafgifte > 6 kW en ≤ 12 kW		Nominale warmteafgifte > 12 kW en ≤ 30 kW		Nominale warmteafgifte > 30 kW en ≤ 70 kW	
Geluidsver- mogensni- veau (L_{WA}), binnen	Geluidsver- mogensni- veau (L_{WA}), buiten	Geluidsver- mogensni- veau (L_{WA}), binnen	Geluidsver- mogensni- veau (L_{WA}), buiten	Geluidsver- mogensni- veau (L_{WA}), binnen	Geluidsver- mogensni- veau (L_{WA}), buiten	Geluidsver- mogensni- veau (L_{WA}), binnen	Geluidsver- mogensni- veau (L_{WA}), buiten
60 dB	65 dB	65 dB	70 dB	70 dB	78 dB	80 dB	88 dB

*Eisen inzake maximaal geluidsvermogensniveau, uitgezonderd voor lucht/lucht-warmtepompen.
(bron: Verordening (EU) Nr. 813/2013) van kracht sinds 26/09/2015*



Regelgeving inzake geluid van toepassing in het BHG

- ▶ In het BHG zijn er twee luiken van de betreffende regelgeving die de maximale geluidsdrempels vastleggen die niet mogen worden overschreden in de omgeving van een warmtepomp:
 - 21 NOVEMBER 2002. - Besluit van de Brusselse Hoofdstedelijke Regering betreffende de strijd tegen het buurtlawaai (B.S. 21/12/2002).

Als de warmtepomp **geen ingedeelde inrichting is** in de zin van de Ordonnantie betreffende de milieuvergunningen - rubriek 132

- 21 NOVEMBER 2002 - Besluit van de Brusselse Hoofdstedelijke Regering betreffende de strijd tegen de geluids- en trillingenhinder voortgebracht door de ingedeelde inrichtingen (B.S. 21/12/2002).

Als de warmtepomp **een ingedeelde inrichting is** in de zin van de in de zin van de Ordonnantie betreffende de milieuvergunningen - rubriek 132
Opgelet! ☐ In dat geval kan de milieuvergunning in sommige gevallen strenger zijn dan wat er in de Ordonnantie staat

- ▶ De geluidsdrempels zijn vrijwel identiek, ongeacht of de warmtepomp al dan niet een ingedeelde inrichting is (in de zin van de Ordonnantie betreffende de milieuvergunningen - rubriek 132).
- ▶ Meer informatie: <https://leefmilieu.brussels/pro/wetgeving/verplichtingen-en-vergunningen> -> Geluid



Regelgeving inzake geluid van toepassing in het BHG

- Voor een geluidsbron die in de **buitenomgeving** waarneembaar is:
 - Grenswaarden variëren naargelang de periode en het geluidsgebied

⇒ **Periodes: A (dag) < B (avond) < C (nacht)**

	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche/ fériés
7h à 19h	A	A	A	A	A	B	C
19h à 22h	B	B	B	B	B	C	C
22h à 7h	C	C	C	C	C	C	C



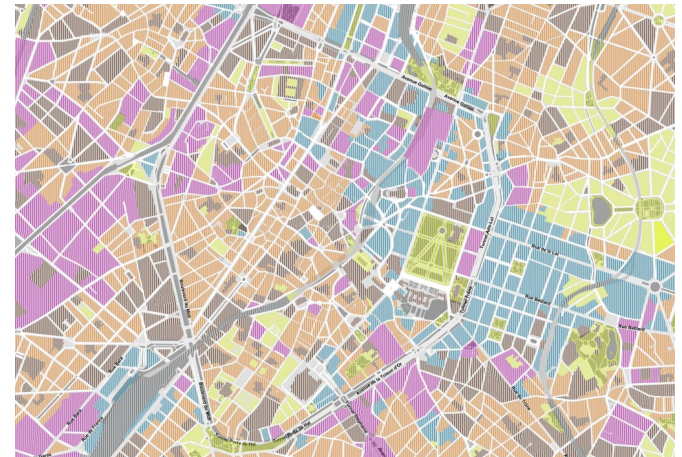
Regelgeving inzake geluid van toepassing in het BHG

- ▶ Voor een geluidsbron die in de **buitenomgeving** waarneembaar is:
 - Grenswaarden variëren naargelang de periode en het geluidsgebied

⇒ **Geluidsgebieden: 6 (lawaaierigste gebieden) < < 1 (gevoeligste gebieden)**

Legende

-  gebied 1: woongebieden met residentieel karakter, groengebieden, gebieden met hoogbiologische waarde, parkgebieden, begraafplaatsgebieden, bosgebieden
-  gebied 2: typische woongebieden
-  gebied 3: gemengde gebieden, gebieden voor sport- en vrijetijdsactiviteiten in de open lucht, landbouwgebieden, gebieden voor uitrustingen van collectief belang of van openbare diensten
-  gebied 4: gebieden van gewestelijk belang, sterk gemengde gebieden, ondernemingsgebieden in een stedelijke omgeving
-  gebied 5: administratiegebieden
-  gebied 6: stedelijke industriegebieden, gebieden voor haven- en vervoeractiviteiten, spoorweggebieden, gebieden van gewestelijk belang met uitgestelde aanleg



<https://geodata.environnement.brussels/client/view/88d8aa31-0b44-479e-8e4b-e46c80232308>



Regelgeving inzake geluid van toepassing in het BHG

- Voor een geluidsbron die in de **buitenomgeving** waarneembaar is (tuin, terras, balkon, binnenplaats, ...) afkomstig van een ander perceel of gebruikte/bewoonde eenheid
 - Specifiek geluidsniveau (Lsp), waarden in **dB(A)**

	Grenswaarden voor de specifieke geluidsniveaus (Lsp)				
	Periode A	Periode B		Periode C	
	Lsp	Lsp	Lsp (voor b)	Lsp	Lsp (voor a of b)
Gebied 1	42	36	42	30	30
Gebied 2	45	39	45	33	39
Gebied 3	48	42	48	36	42
Gebied 4	51	45	51	39	45
Gebied 5	54	48	54	42	48
Gebied 6	60	54	60	48	54

a: Grenswaarden van toepassing op installaties waarvan de werking niet kan worden onderbroken.

b: Grenswaarden van toepassing op kleinhandelszaken.



Regelgeving inzake geluid van toepassing in het BHG

- Voor een geluidsbron die in de **binnenomgeving** waarneembaar is, afkomstig van een andere kamer of de buitenomgeving:
 - Overschrijding van geluidsniveaus

Type de local	Période	Limites d'émergences		
		Emergence de niveau en dB(A)	Emergence tonale (E) en dB (A)	Emergence impulsionnelle en dB(A)
Repos	C	3	3	5
Repos	A et B	6	6	10
Séjour	A, B et C	6	6	10
Service	A, B et C	12	12	15

⇒ Grenswaarden variëren afhankelijk van de periode en de bestemming van de ruimte

Periodes: A (dag) < B (avond) < C (nacht)

bestemming van de ruimten: dienst < verblijf < rust



Raming van het geluidsdrukniveau

► Praktijkvoorbeeld

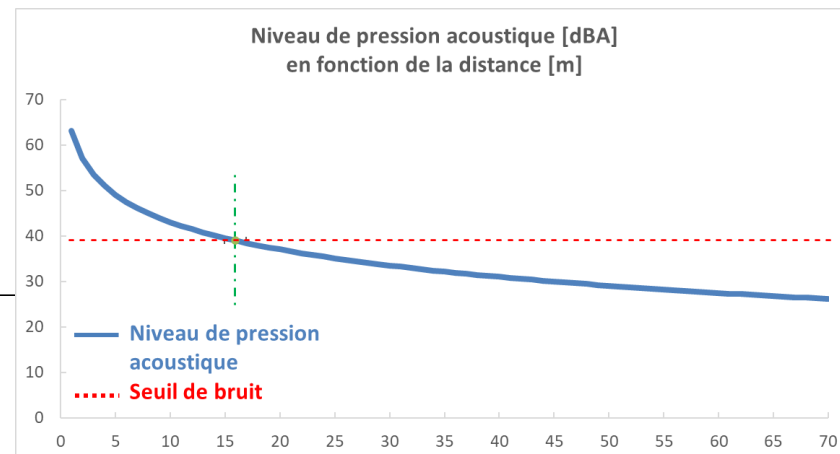
Informations à compléter

Quelle est son niveau de puissance acoustique [dBA] ?	65
La pompe est-elle placée à moins de 3 m de la façade de l'habitation ?	Oui
Un second mur formant un coin est-il placé à moins de 3 m ?	Oui
Quelle est la plus courte distance à la parcelle voisine la plus proche [m] ?	10
En quelle zone du PRAS est située l'habitation ?	zone 2 : zones d'habitation

Calculs

Le facteur correctif [dBA] :	6,0
Le niveau sonore calculé en limite de parcelle [dBA] :	43,0
Le seuil de bruit [dB(A)] :	39
Y a-t-il respect des seuils de bruit ?	NON !

NB : Si la différence entre le niveau sonore calculé et la valeur maximale est inférieure à 15 dB(A), le placement d'un écran proche de la source ou du récepteur, suffisamment haut, peut être envisagé pour respecter les normes de bruit



NORMATIEVE EN REGLEMENTAIRE CONTEXT
BASISBEGRIPPEN INZAKE AKOESTIEK

ALGEMENE AANBEVELINGEN

- ▶ **Keuze van de installatie**
- ▶ **Keuze van de locatie**
- ▶ **Onderhoud van ventilatiesystemen**

AKOESTISCHE INRICHTINGEN
STUDIES & PRAKTISCHE REKENTOOLS



Een geschikte warmtepomp kiezen om het geluid te beperken

- ▶ Het vermogen van de WP correct dimensioneren overeenkomstig NBN EN 12831-1 ANB:2020
→ Vermijden van een ondergedimensioneerde warmtepomp die continu op maximaal vermogen werkt, want dat zal een bron van geluidshinder zijn.
- ▶ Onderzoeken van de mogelijkheid om een buffervat voor warmteopslag te integreren en zo een werking bij lage snelheid van de WP te verzekeren.



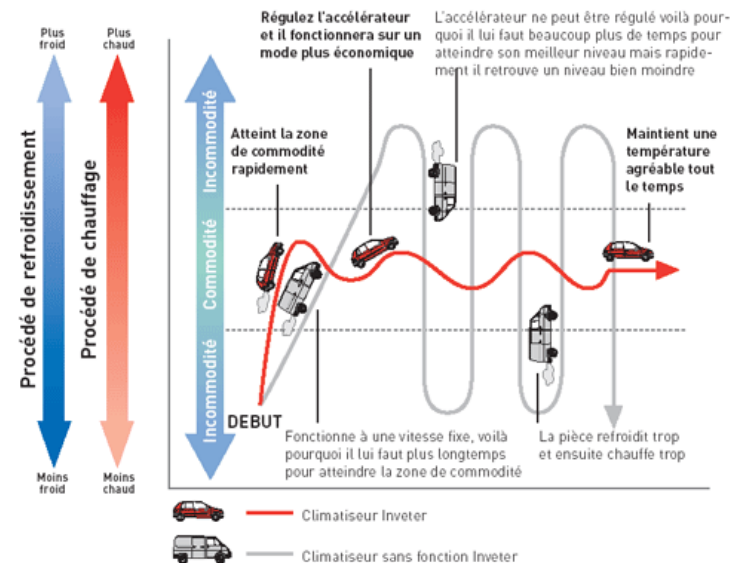
Een geschikte warmtepomp kiezen om het geluid te beperken

- Bepaalde modellen zijn stiller dan andere
 - Vergelijken van het geluidsvermogen op de technische fiches van de fabrikant
 - De warmtepompen met vermogensmodulatie (“Inverter”-technologie) zorgen voor een variatie van de snelheid van de ventilator en de compressor

⇒ **Variatie in het geluidsniveau**

⇒ **Ramen van het max. geluidsvermogeniveau**

TEMPERATURE DE LA PIECE



Een geschikte warmtepomp kiezen om het geluid te beperken

- Bepaalde modellen zijn stiller dan andere
- Bepaalde modellen bieden een “Low-noise”-modus aan
→ kan gebruikt worden om het geluidsniveau te verlagen tijdens de meest kritieke perioden (avonden en zondagen).

Puissance acoustique de l'unité extérieure à la puissance calorifique nominale (mesure se référant à la norme EN 12102/EN ISO 9614-2)		
Niveau total de puissance acoustique pondéré		
– Pour A7±3 K/W55±5 K (maxi)	dB(A)	61
– Pour A7±3 K/W55±5 K en mode nocturne	dB(A)	55
Niveau de puissance acoustique selon ErP		
Niveau de puissance acoustique de l'unité extérieure	dB(A)	56

Remarque

Le fonctionnement à bruit réduit peut être activé sur la régulation de pompe à chaleur dans l'écran de réglage "Spécialiste".

Bron: Uittreksel technische fiche Viessmann

- Bij bepaalde modellen bevindt de compressor zich in de binnenunit



Analyse van de technische fiches

► Geluidsvermogen $\neq$ geluidsdruk

- Opgelet bij het lezen van de technische fiches:
druk $\neq$ vermogen
- Opgelet bij het interpreteren van eenheden (dB / dB(A)) of gebrek aan afstand

Unité extérieure		
Niveau de pression sonore chauffage / rafraîchissement	dB(A)	49 / 49
Dimensions H x L x P	mm	1340 x 900 x 320
Poids	kg	101
Réfrigérant (R410A)	kg / Eq. TC02	2,85 / 5 951
Puissance acoustique chauffage / rafraîchissement	dB(A)	66 / 67
Longueur de liaisons frigorifique mini/maxi	m	3 ~ 30
Dénivelé (int./ext.)	m	20
Longueur de tuyauterie maxi avec supplément de gaz	m	10
Quantité de gaz à ajouter	g/m	50
Plage de fonctionnement de température extérieure	°C	-28 ~ +35
Plage de température de sortie d'eau chauffage/rafraîchissement	°C	25 ~ 60 / 5 ~ 20

Alimentation	380 - 400 V / 50 Hz
Puissance absorbée max (kW)	5
Marque du compresseur	Copeland
Type de compresseur	Scroll
Flux d'eau conseillé (m3/h)	11
Raccordement eau (mm)	25,4-12,7
Gaz réfrigérant	R410 (3300 gr)
Nombre de ventilateur	2
Puissance ventilateur (W)	240 * 2
Niveau sonore à 1 m (dB)	52
Poids net/brut (kg)	133/150
Dimension net	1260
Dimension pa	1385

Geluidsvermogens
-niveau:
63 dB(A)



Analyse van de technische fiches

- Geluidsvermogen $\neq$ geluidsdruk

- Om WP te vergelijken op gelijke basis, vormt het geluidsvermogen de vergelijkingsbasis

bij gelijk thermisch vermogen

bij gelijke temperatuurvoorwaarden

bij identieke modi (warmte/koude)

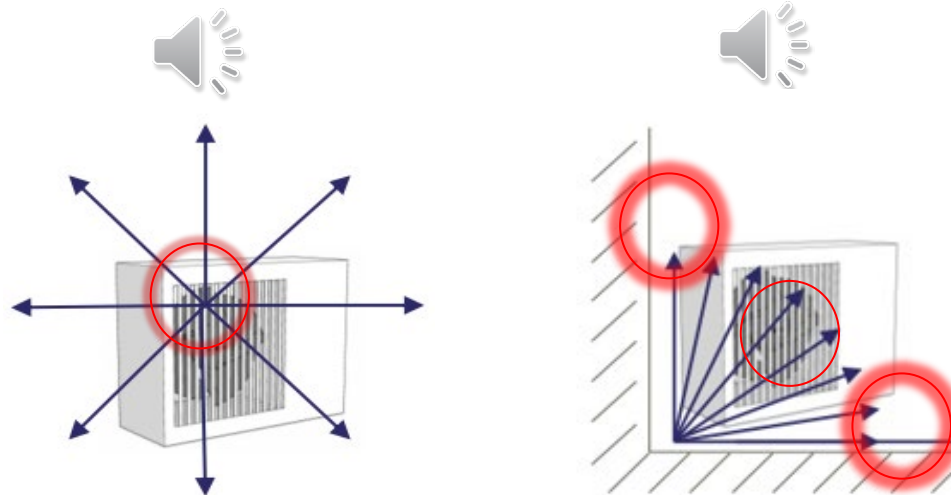
Performances (Δt = 5K; EN 14511)				
A2W35				
Puissance de chauffage / coefficient de performance COP	kW	3,1 / 4,1	3,1 / 4,1	5,8 / 4,6
A-7W35				
Puissance de chauffage / coefficient de performance COP	kW	5,4 / 3,0	7,0 / 2,8	9,2 / 2,7
A35W18				
Puissance frigorifique active / efficacité énergétique EER	kW	6,4 / 4,2	6,4 / 4,2	10,9 / 4,6
Puissance acoustique				
Niveau de puissance acoustique (A7/W55)	dB(A)	55	55	59
Puissance acoustique, régime de jour max.	dB(A)	57	57	61
Puissance acoustique, régime de nuit 50 %	dB(A)	50	49	52
Températures de départ				
Température de départ en mode chauffage : min. / max. / max. à -7 °C	°C	20 / 75 / 68		
Dimensions et poids de l'unité extérieure				
Hauteur x Largeur x Profondeur	mm	965 x 1100 x 450		1565 x 1
Poids	kg	133	133	203

Bron :
Energie et environnement SA
/ technique fiche



Impact

- ▶ Locatie van warmtepomp: sterke invloed op geluidshinder
- ▶ Weerkaatsing door het geheel van elementen rond de unit



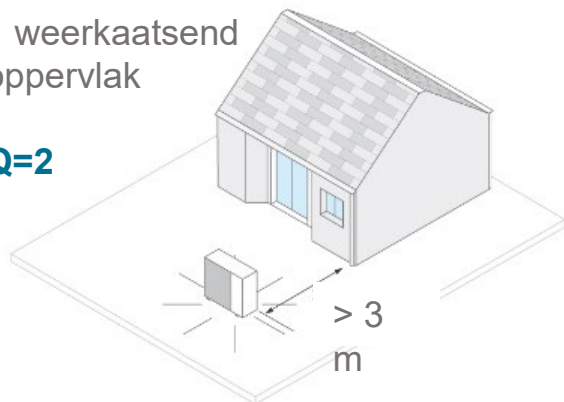
Bron : viessmann.lu



KEUZE VAN DE LOCATIE

1 weerkaatsend
oppervlak

Q=2

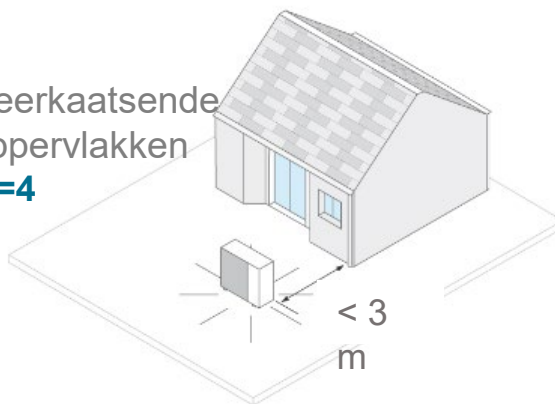


+ 3 dB(A) geen muur
binnen de 3 m

2

weerkaatsende
oppervlakken

Q=4

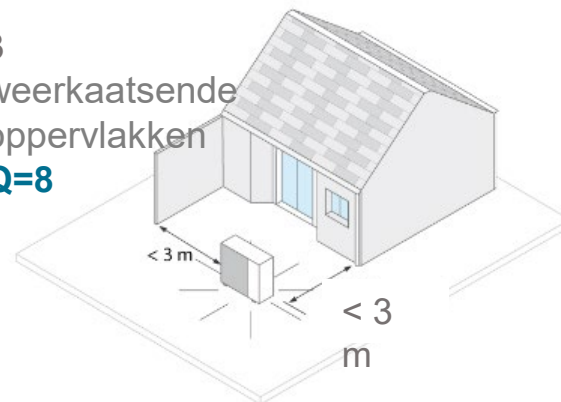


+ 6 dB(A) muur op minder dan 3
m afstand

3

weerkaatsende
oppervlakken

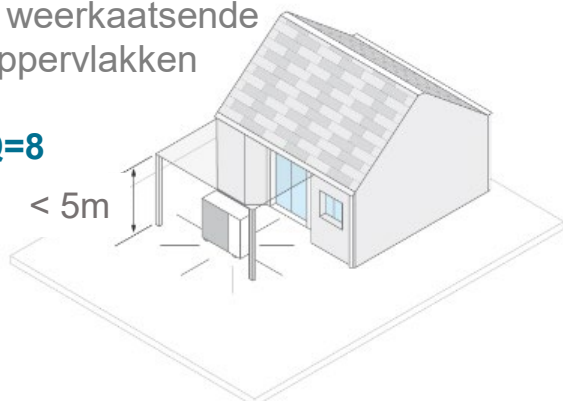
Q=8



+ 9 dB(A) WP in een hoek,
muur op minder dan 3 m
afstand

4 weerkaatsende
oppervlakken

Q=8



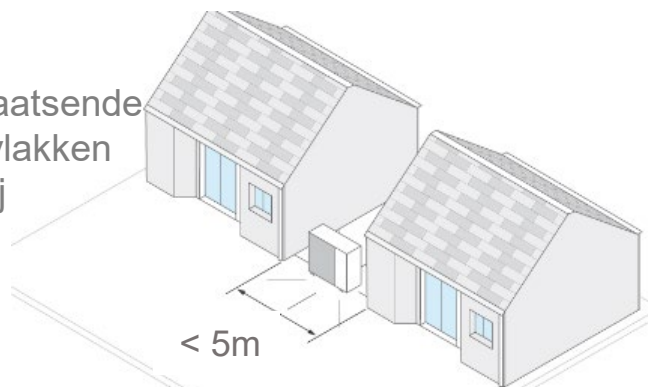
+ 9 dB(A) warmtepomp
onder afdak van minder dan
5 m hoog



3

weerkaatsende
oppervlakken
dichtbij

Q=8



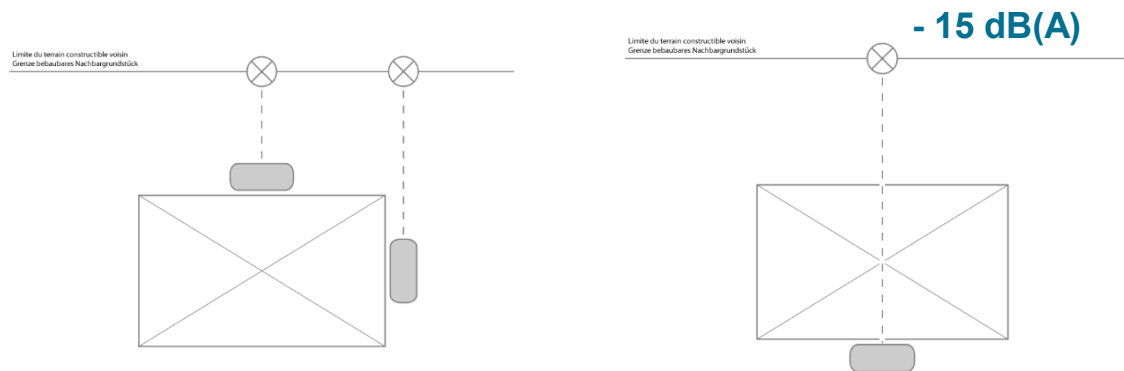
+ 9 dB(A)

warmtepomp tussen twee muren die
op minder dan 5 m van elkaar staan

<https://www.schallrechner.lu/fr/>
<https://www.waermepumpe.de/schallrechner/>

KEUZE VAN DE LOCATIE

- ▶ De inplantingsvoorschriften van de fabrikant dienen in acht te worden genomen
- ▶ Zo ver mogelijk verwijderen van leefruimten en ramen
- ▶ De WP zo ver mogelijk verwijderen van de perceelsgrenzen
- ▶ Vermijden van plaatsing in de buurt van de hoeken van het gebouw
- ▶ De ventilator niet naar de burens richten
- ▶ Vermijden van plaatsing tegen de muren van de kamers (risico van overdracht van de door de ventilator gegenereerde trillingen).
- ▶ Vermijden van het gebruik van inspringingen voor de inbouw van units (weerkaatsend oppervlak)
- ▶ Gebruikmaken van het gebouw als geluidsscherm



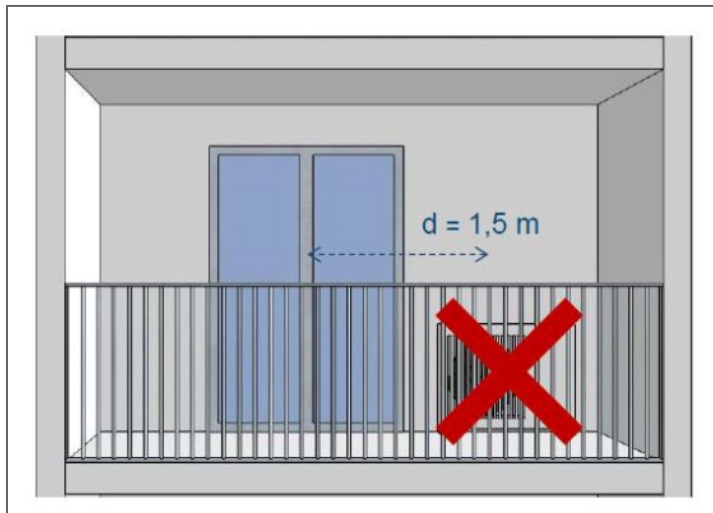
Bron : schallrechner.lu



KEUZE VAN DE LOCATIE

► Praktijkvoorbeeld: balkons

- Opgelet voor de plaatsing van buitenunits op balkons of terrassen
- Akoestisch onderzoek aanbevolen om geluidshinder voor zichzelf en de buren te voorkomen

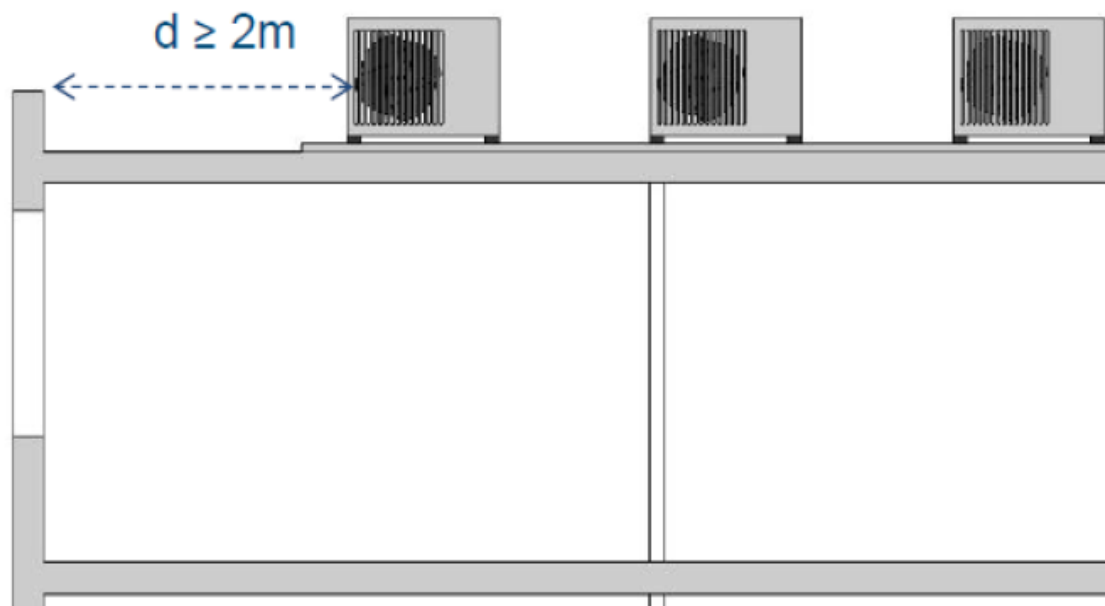


Bron foto: Energie et environnement SA



KEUZE VAN DE LOCATIE

- ▶ Praktijkvoorbeeld: op het dak
 - In acht te nemen omstandigheden
 - Aanpassen van de locatie van de warmtepompen aan de omstandigheden
 - Bij installatie op het dak, voorzien van 2 m ruimte tussen de units en de dakrand
 - Voorzien van een sokkel met een dekvloer van minimaal 10 cm op het dak



KEUZE VAN DE LOCATIE

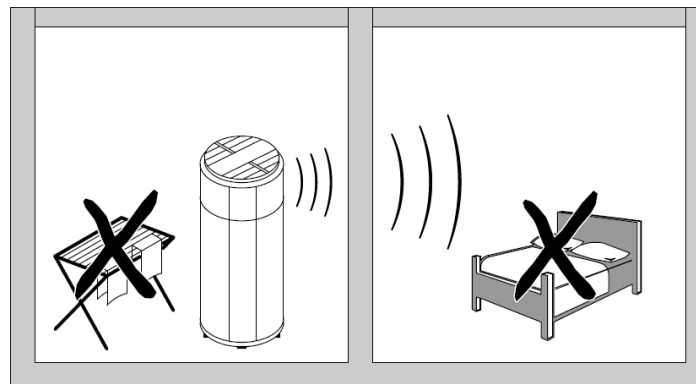
- Focus op thermodynamische boilers
 - Installeren in een technisch lokaal zo ver mogelijk verwijderd van geluidsgevoelige ruimten
 - Aanbrengen van trillingwerende steunen op de vloer
 - Luchtinlaat en -uitlaat zo ver mogelijk verwijderd van een leefruimte buiten (terras, balkon...)
- Indien nodig, plaatsing van geluiddempers op luchtinlaat en -uitlaat



Bron foto: Bulex

Niveau de puissance acoustique en utilisation sur air ambiant pour la production d'ECS de 15 à 60 °C et une température de l'air à son admission de 15 °C

	Niveau de puissance acoustique L_w [dB (A)] à la fréquence moyenne d'octaves [Hz]								Total
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Dans le local d'installation	16	41	46	50	52	49	46	34	56



Bron: Viessmann



37 ONDERHOUD VAN VENTILATIESYSTEMEN**Onderhoud van de installaties**

- ▶ Onderhoud van de installaties is van cruciaal belang om de geluidsimpact te beperken
 - Jaarlijks onderhoud: controle van de kring en de dichtheid ervan, controle van de thermische prestaties, reiniging van filters, enz.
 - Controle van de luchtcirculatie rond de buitenunit (controle op aanwezigheid van bladeren, twijgen of andere obstakels).
 - Ontdooiing van de buitenunit in de winter
 - Afdekking van de warmtepomp om deze te beschermen indien de WP lange tijd niet gebruikt wordt.
 - Voorzien van onderhoud in geval van verdachte geluiden: fluitend geluid, abnormale trillingen, dolderaaien van de motor.



NORMATIEVE EN REGLEMENTAIRE CONTEXT

BASISBEGRIPPEN INZAKE AKOESTIEK

ALGEMENE AANBEVELINGEN

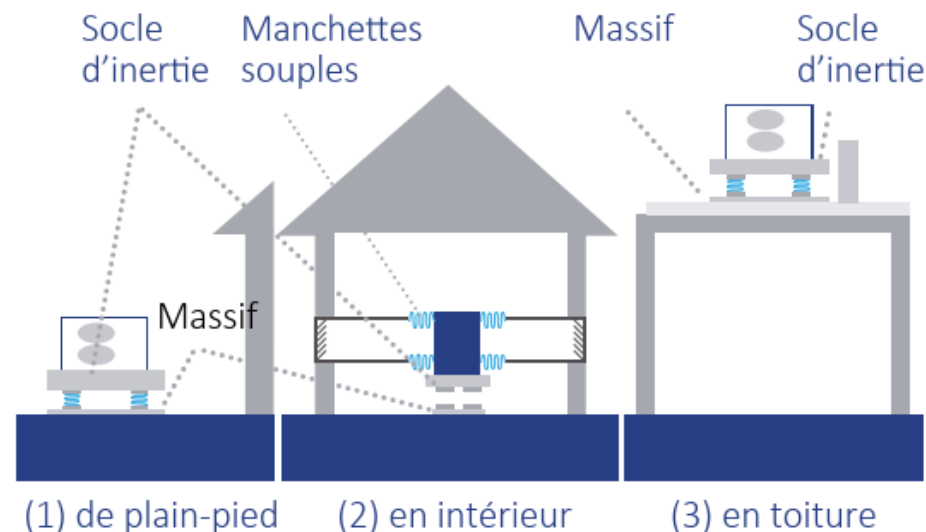
AKOESTISCHE INRICHTINGEN

STUDIES & PRAKTISCHE REKENTOOLS



Installatie

- Installeren van de warmtepomp op een betonnen inertiesokkel:
 - De massa = minstens 2 keer de massa van de warmtepomp
 - De sokkel moet onafhankelijk zijn van het gebouw
- Aanbrengen van trillingwerende inrichtingen:
 - onder de inertiesokkel
 - op alle bevestigingselementen
 - de ventilatie niet naar de burenruchten



Bron : afpac-fiche-acoustique-pompes-a-chaaleur-n°2.pdf

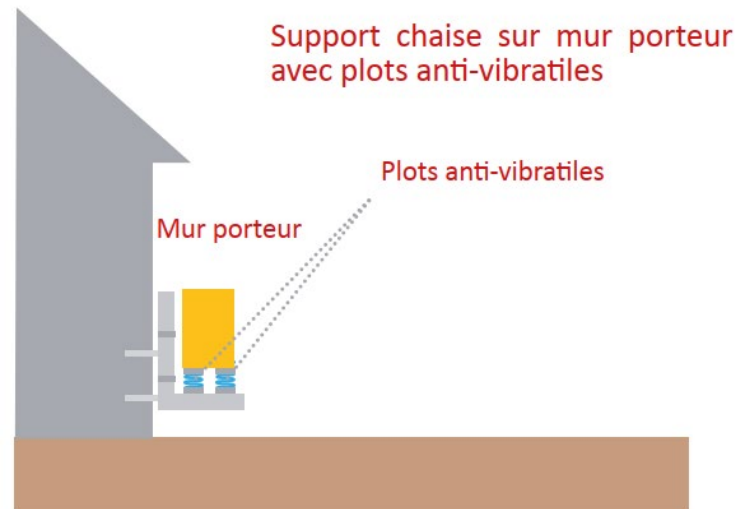


Installatie

- ▶ Installeren van de warmtepomp op een metalen frame: stijf frame op een draagmuur of op de vloer
 - Aanbrengen van trillingwerende inrichtingen tussen de warmtepomp en het frame.
 - In acht nemen van de voorschriften van de fabrikant: frequentie, filtratiesnelheid, verdeling van de lasten, enz.



Bron : Energie et environnement SA



Bron : afpac-fiche-acoustique-pompes-a-chaleur-n°2.pdf

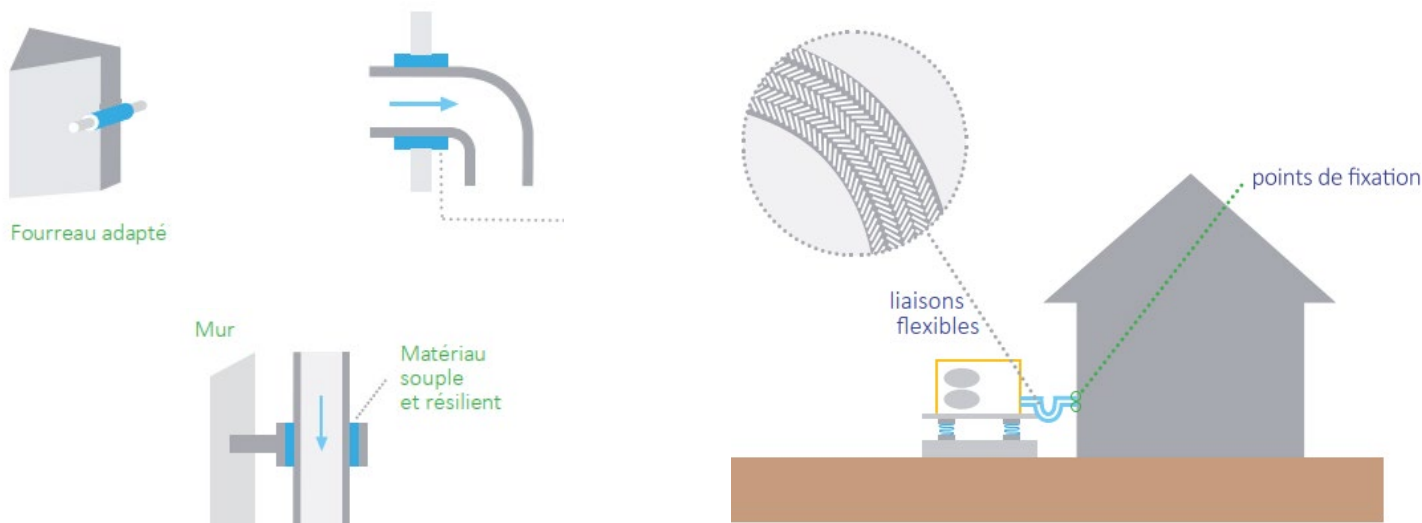


Installatie



Installatie

- Ontwerp van de netten:
 - Flexibele, dempende koker voor doorvoeringen door scheidingsconstructies
 - Bevestiging met steunen voorzien van trillingwerende beugels
 - Voorzien van trillingwerende inrichtingen voor waterleidingen: bevestigingspunt met demping



Bron : afpac-fiche-acoustique-pompes-a-chaleur-n°2.pdf



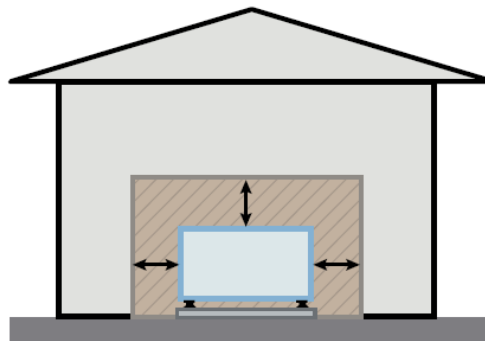
Absorberende wanden

- ▶ Aanbrengen van geluidsabsorberend materiaal op de wand(en) achter de WP → Vermindering van geluidsweerkaatsing op de gevel.
- ▶ Absorberend oppervlak > afmetingen WP
- ▶ Als WP in een hoek geplaatst is, moeten beide wanden behandeld worden

⇒ **Mogelijke demping:**

Maximaal 2 dB(A) indien WP tegen een wand geplaatst is

Maximaal 4 dB(A) indien WP in een hoek geplaatst is

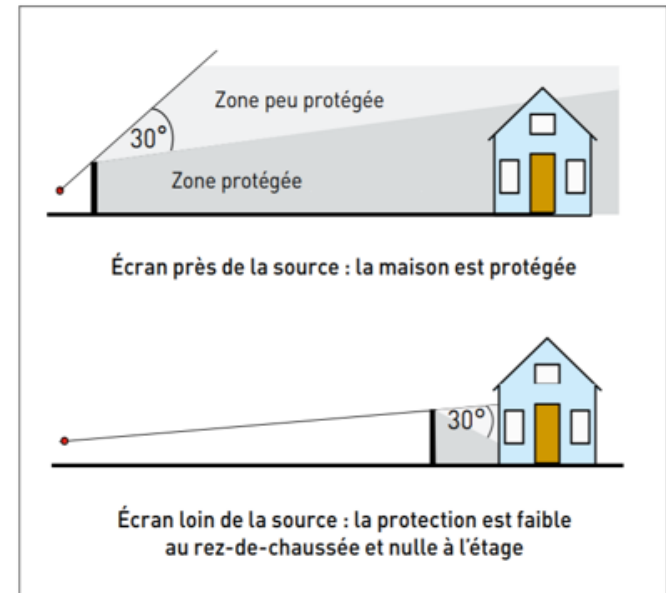


Bron : AFPAC

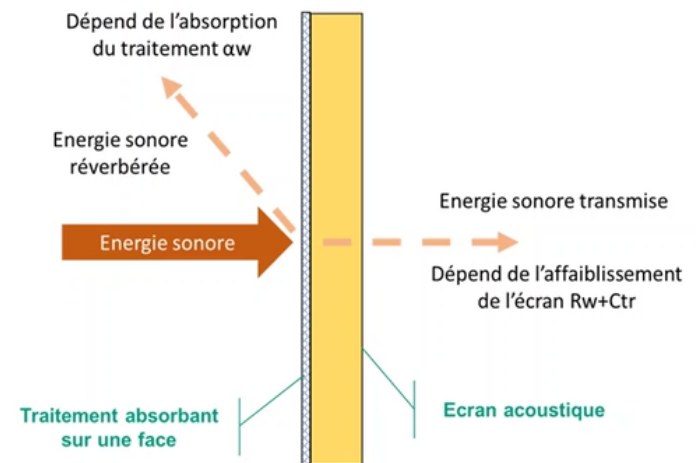


Geluidsscherm

- ▶ Om effectief te zijn, moet het geluidsscherm:
 - Zo dicht mogelijk bij de installaties geplaatst worden
 - Voldoende hoog zijn (minstens 1 m hoger dan het bovenzvlak van de installaties)
 - Gesloten zijn (met inbegrip van het vloerniveau)
 - Een oppervlaktemassa hebben groter dan 15 kg/m^2
 - In bepaalde omstandigheden, afgedekt zijn met geluidsabsorberend materiaal
- ▶ Er moet altijd lucht kunnen circuleren om de goede werking van de warmtepomp te verzekeren.
- ▶ De mogelijke damping zal afhankelijk zijn van de geometrie van de omstandigheden



Bron : Decoclim



Bron : Fermisol.com

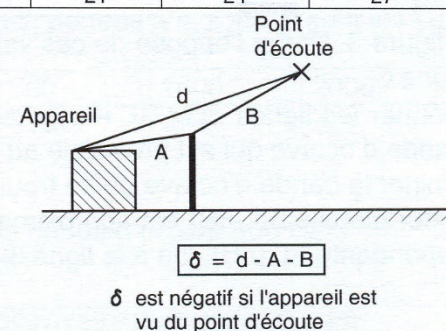
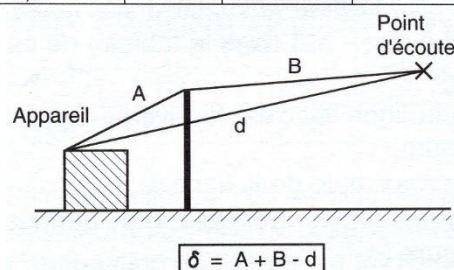


Geluidsscherm

- De effectiviteit van een geluidsscherm wordt voornamelijk door twee factoren bepaald:
 - het verschil tussen de rechtstreekse weg en de transmissie tussen de geluidsbron en de ontvanger en de weg via het obstakel: $a + b - c$,
 - de frequentie-inhoud van het geluid (minder effectief bij lage frequenties).

Effectiviteit ΔL van een geluidsscherm, toegepast op het spectrum in dB(A):

δ [m]	BANDES D'OCTAVES – Fréquences en hertz						
	63	125	250	500	100	2000	4000
- 0,1	4	2	1	0	0	0	0
- 0,05	4	4	2	1	1	0	0
- 0	5	5	5	5	5	5	5
+ 0,05	6	6	7	8	10	11	13
+ 0,1	6	7	8	10	11	14	17
+ 0,2	7	8	10	11	14	17	19
+ 0,3	8	9	10	13	16	19	21
+ 0,4	8	10	11	14	17	20	22
+ 0,5	9	10	12	15	18	21	23
+ 0,8	10	11	13	17	19	23	26
+ 1,0	10	12	15	18	21	24	27



Geluidsscherm

► Voorbeelden van producten



Bron : Fermisol.com



Bron : DOX-Merford



Clôture anti-bruit composée d'acier, de fibre laine de roche (matériau acoustique de base) et d'un filet de polythène vert

Produit

Propriétés de réduction du bruit

- Insonorisation: 24dB selon norme ISO 717-1:1996 / 21dB selon EN 1793-2:1997
- Absorption: 9dB selon EN 1793-1:1997



Bron : Energie et environnement SA

Bron : Geluidswerende afsluiting voor huis en tuin / Noistop Color



Geluiddempende omkasting

- Installeer een akoestische omkasting om het geluid te beperken
- Omkasting om geluidsoverdracht te verminderen en geluid rond de warmtepomp in alle richtingen te absorberen.
- Er moet altijd lucht kunnen circuleren om de goede werking van de warmtepomp te verzekeren.

⇒ **Mogelijke demping: ongeveer 11 dB(A), maximaal 25 dB(A)**



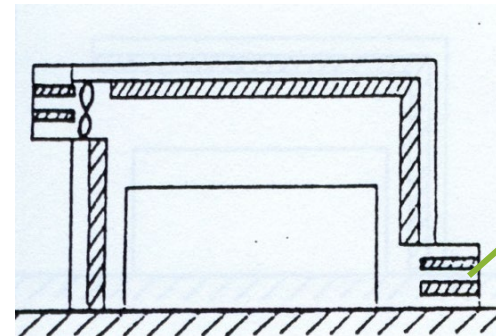
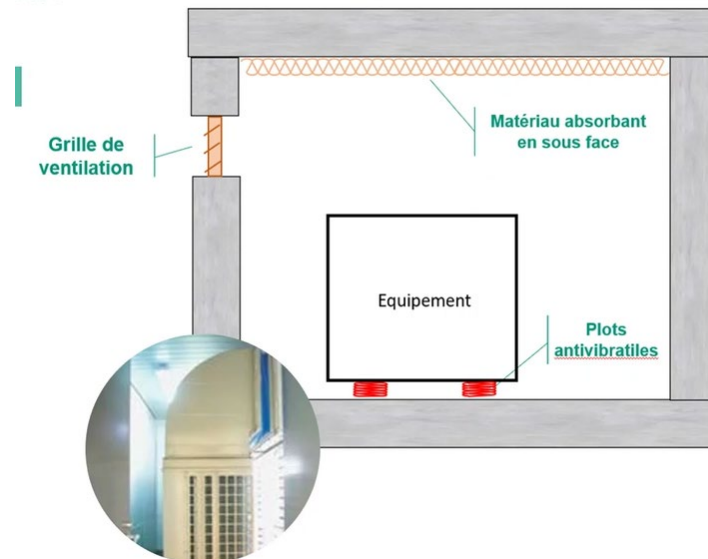
Bron foto: Solflex.com



Technisch lokaal

- ▶ Verminderen van de geluidsimpact door middel van een technisch lokaal en kanaalwerk
- ▶ De eenheid installeren in een geventileerd technisch lokaal (kelder of zolder)
- ▶ Mogelijkheid van kanaalwerk met een geluiddemper tot aan een ventilatierooster
- ▶ Voorzien van geluidsabsorberende materialen in het lokaal
- ▶ Zorgvuldige loskoppeling van installaties

ent



NORMATIEVE EN REGLEMENTAIRE CONTEXT
BASISBEGRIPPEN INZAKE AKOESTIEK
ALGEMENE AANBEVELINGEN
AKOESTISCHE INRICHTINGEN
STUDIES & PRAKTISCHE REKENTOOLS



Raming van het geluidsdrukkniveau

- Vereenvoudigde berekening
Enkelvoudige voortplanting

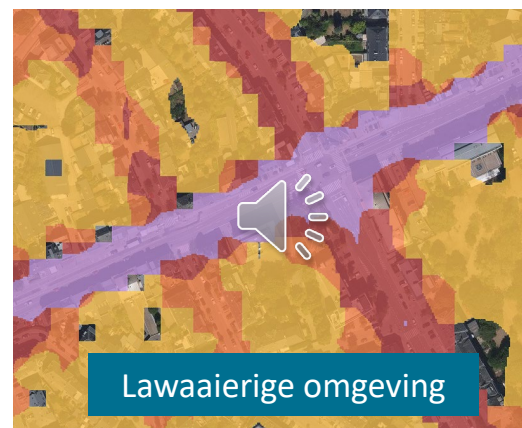
$$L_p = L_w + 10 \lg \frac{Q}{4\pi r^2}$$

- Vereenvoudigde tool
Technische database van warmtepompfabrikanten
Rekening houdend met het effect van bijkomende geluidsisolatie en geluidswerende inrichtingen en maatregelen:
 - <https://www.schallrechner.lu/fr/>
 - <https://www.waermepumpe.de/schallrechner/>



De rol van de ingenieur akoestiek / akoestisch expert

- ▶ Analyse van de situatie op basis van plannen en technische fiches
- ▶ Advies over de keuze van de installaties
- ▶ Advies over corrigerende oplossingen voor de dimensionering
- ▶ Advies over de locatie van de units
- ▶ Analyse van de geluidsomgeving van het project

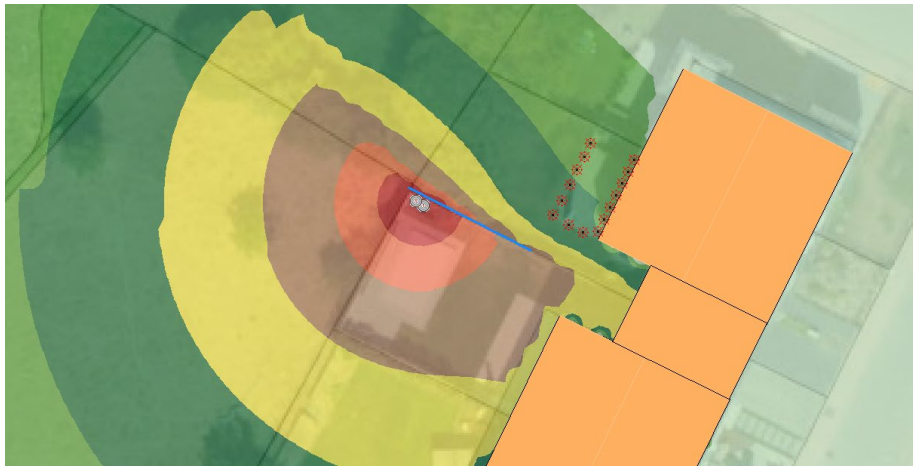


Bron : geoportail.lu



De rol van de ingenieur akoestiek/akoestisch expert

- ▶ Modellerings van de installaties
- ▶ Computersimulatie om het geluid van warmtepompen te bepalen aan de perceelsgrenzen



Bron foto: Energie et environnement SA / IMMI-software



⇒ **Elke situatie is uniek: een studiebureau gespecialiseerd in akoestiek inschakelen voor de keuze van de installaties, locatie, dimensionering en passende corrigerende oplossingen.**





- ▶ De maximaal toegestane geluidsniveaus voor de installaties worden vermeld in de Besluiten van de Brusselse Hoofdstedelijke Regering van 21/11/2002. De te realiseren waarden beogen een relatief laag geluidsniveau in de omgeving.
- ▶ Geluidsvermogen L_{WA} $\neq$ geluidsdruk L_{pA}
- ▶ De geluidsimpact van warmtepompen verminderen door
 - zorgvuldige selectie van het model op basis van analyse van de technische fiches
Vergelijking op basis van geluidsvermogen
 - overwegingen in verband met de locatie:
 - Afstand ten opzichte van de buren
 - Zo ver mogelijk verwijderd van weerkaatsende oppervlakken (vermijden van hoeken en inspringingen)
 - Zo ver mogelijk verwijderd van ramen
 - Plaatsing op trillingwerende steunen
 - Voorzien van bijkomende akoestische inrichtingen indien nodig: absorberende wanden, akoestische omkasting, geluidsscherm, technisch lokaal
- ▶ Elke situatie is uniek: een studiebureau gespecialiseerd in akoestiek inschakelen voor de keuze van de installaties, locatie, dimensionering en passende corrigerende oplossingen.





Gids Duurzame Gebouwen

- ▶ Dossier | [Het akoestisch comfort verzekeren](#)
- ▶ Voorziening | [Akoestiek van de technische installaties](#)



Websites

- ▶ [Infofiche Gebouwen Energie - Een warmtepomp installeren](#)
- ▶ [AFPAC – Fiches acoustiques 1 tot 3](#)
- ▶ Luxemburgse tool voor de berekening van het geluidsniveau:
<https://www.schallrechner.lu/fr/>
- ▶ [De eisen inzake buurlawaai in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest](#)
- ▶ [De ingedeelde inrichtingen: de verplichtingen inzake geluid](#)
- ▶ [Cartografie van het geluid in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest](#)



Opleidingen en seminars

- ▶ Seminars en Opleidingen Duurzame Gebouwen:
17/11/2023: Warmtepompen - Mogelijkheden en beperkingen in een stedelijke omgeving
Akoestiek: ontwerp en uitvoering
→ Raadpleeg [gratis](#) alle documentatie!



Julie RENAUX

Projectingenieur
écorce sa

☎ + 32 4 226 91 60

✉ info@ecorce.be

**Benoît FAUVILLE**

Leefmilieu Brussel
Departement Geluid

☎ + 32 2 563 44 20

✉ bfauville@environnement.brussels



BEDANKT VOOR UW AANDACHT

