

Nos lieux de travail se construisent
Comment intégrer les aspects de santé au travail lors de
construction ou de rénovation d'établissements de soins ?

Enjeux et défis acoustiques dans les locaux médicaux

6 février 2020
Berne - Hôpital universitaire de l'île (Inselspital)

Dr. Victor Desarnaulds

EcoAcoustique SA, 24 av. Université, 1005 Lausanne
desarnaulds@ecoacoustique.ch



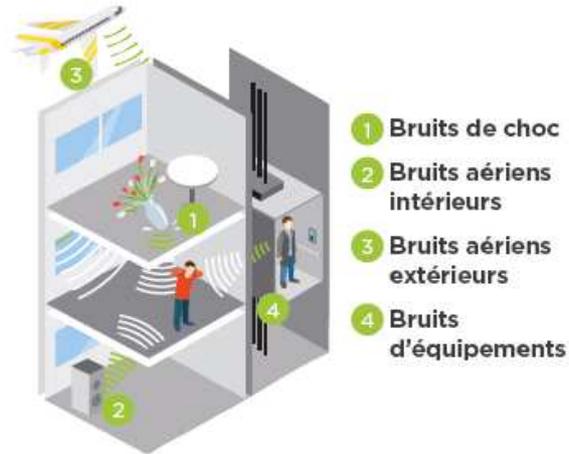
La société suisse
pour la santé au travail
en établissements de soins
vous propose :



Plan de la présentation

- 1) Isolation acoustique, exigences et recommandations
- 2) Bruit intérieur dans les hôpitaux
- 3) Exemples (bruit des installations techniques, isolation entre locaux, acoustique des salles)

1) Isolations acoustiques - exigences



Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

ECOACOUSTIQUE

3

Exigences OPB Bruit extérieur (route, train, industrie)

Annexe 3, 4 et 6 de l'Ordonnance sur la Protection contre le bruit

2 Valeurs limites d'exposition

| Degré de sensibilité (art. 43) | Valeur de planification Lr en dB (A) | | Valeur limite d'immission Lr en dB (A) | | Valeur d'alarme Lr en dB (A) | |
|-----------------------------------|---|------|---|------|---------------------------------|------|
| | | | | | | |
| | Jour | Nuit | Jour | Nuit | Jour | Nuit |
| I | 50 | 40 | 55 | 45 | 65 | 60 |
| II | 55 | 45 | 60 | 50 | 70 | 65 |
| III | 60 | 50 | 65 | 55 | 70 | 65 |
| IV | 65 | 55 | 70 | 60 | 75 | 70 |

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

ECOACOUSTIQUE

4

Exigences OPB Bruit extérieur (hélicoptères)

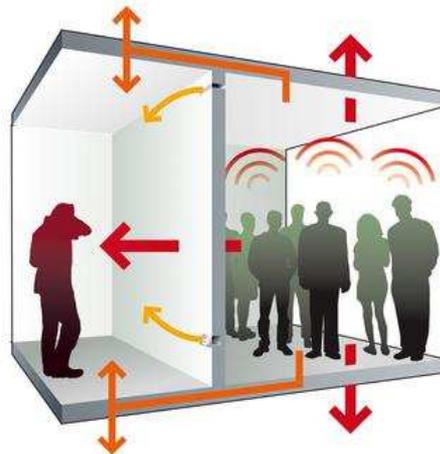
Annexe 5 de l'Ordonnance sur la Protection contre le bruit

| Degré de sensibilité (art. 43) | Valeur de planification | Valeur limite d'immissions | Valeur d'alarme |
|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------------|------------------------|
| | \bar{L} max en dB(A) | \bar{L} max en dB(A) | \bar{L} max en dB(A) |
| I | 70 | 75 | 85 |
| II | 75 | 80 | 90 |
| III | 80 | 85 | 90 |
| IV | 85 | 90 | 95 |

Exigences SIA181 Isolation de la façade

| Valeur limite D_e pour l'isolement au bruit aérien en provenance de l'extérieur | | | | |
|---|--|-----------------|------------------------|----------------------|
| Local de réception | Degré de nuisance | Lr dB (A) | Exigences minimales | Exigences accrues |
| Chambre, bureaux, ... | Faible à modéré : à l'écart des voies de communication, pas d'exploitations gênantes | Jour Lr ≤ 60 | ≥ 27 dB | ≥ 30 dB |
| | | Nuit Lr ≤ 52 | ≥ 27 dB | ≥ 30 dB |
| Chambre, bureaux, | Important à très fort : à proximité de voies de communication ou d'exploitations gênantes | Jour Lr > 60 | ≥ Lr - 33 dB | ≥ Lr - 30 dB |
| | | Nuit Lr > 52 | ≥ Lr - 25 dB | ≥ Lr - 22 dB |

Isolation aérienne entre locaux



Transmission du bruit : → directe / → indirecte ou latérale / → parasité

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

ECOACOUSTIQUE

7

Isolation aérienne entre locaux Recommandations annexe G SIA181

| Isolement au bruit aérien D_i | | | |
|----------------------------------|--------------------------|--------------|--------------|
| Local 1 | Local 2 | Degré 1 | Degré 2 |
| Bureau | Bureau | ≥ 35 dB | ≥ 40 dB |
| Bureau, réunion | Réunion | ≥ 40 dB | ≥ 45 dB |
| Bureau, réunion, enseignement | Direction, enseignement | ≥ 45 dB | ≥ 50 dB |
| Chambre, bureau, cabinet médical | Chambre, cabinet médical | ≥ 50 dB | ≥ 55 dB |
| Local bruyant | Chambre | ≥ 55 dB | ≥ 60 dB |
| Corridor | Ch., bureau, réunion | ≥ 30 dB | ≥ 35 dB |
| Corridor | Direction | ≥ 35 dB | ≥ 40 dB |

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

ECOACOUSTIQUE

8

Isolation intérieure

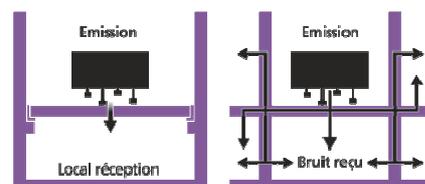
Perception selon annexe H SIA181

| Isolement acoustique normalisé pondéré avec adaptation spectrale et correction liée au volume $D_{i, tot}$ en dB | | Compréhension de la parole dans des conditions de conversation normale |
|--|------------------------|--|
| Bruit de fond 20 dB(A) | Bruit de fond 30 dB(A) | |
| 65 | 55 | juste audible |
| 55 | 45 | audible, mais pas compréhensible |
| 50 | 40 | partiellement compréhensible |
| 40 | 30 | bien compréhensible |

Recommandation entre chambres (degré 1) : $D_i=50$ dB

Isolation intérieure entre locaux

Recommandations annexe G SIA181



| Recommandations (selon SIA 181) | Niveau L' (dB) | |
|------------------------------------|----------------|---------|
| | Degré 1 | Degré 2 |
| <i>Chambre/Chambre</i> | ≤ 55 | ≤ 50 |
| <i>Corridor/chambre</i> | ≤ 55 | ≤ 50 |

Isolation intérieure Perception annexe H SIA181

| Niveau du bruit de choc pondéré standardisé L'_{tot} en dB | | Marche normale avec chaussures légères | Enfants courants, marche à pieds nus | Déplacer des meubles, enfants turbulents |
|--|------------------------|--|--------------------------------------|--|
| Bruit de fond 20 dB(A) | Bruit de fond 30 dB(A) | | | |
| 60 | 70 | bien audible | fortement audible | très fortement audible |
| 55 | 65 | audible | bien audible | très fortement audible |
| 50 | 60 | faiblement audible | audible | fortement audible |
| 45 | 55 | inaudible | faiblement audible | bien audible |
| 40 | 50 | inaudible | inaudible | audible |
| 35 | 45 | inaudible | inaudible | faiblement audible |

Recommandation (degré 1) : $L' < 55$ dB

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

E C O A C O U S T I Q U E

11

Bruit équipements techniques Recommandations annexe G SIA181

| Recommandations (selon annexe G SIA 181) | Niveau L_H (dB) | |
|--|-------------------|-----------|
| | Degré 1 | Degré 2 |
| <i>Chambre dans un établissement de soins (EMS, Hôpital)</i> | ≤ 35 | ≤ 30 |

Pour certains locaux (par exemple **salle de repos**) ayant besoin de beaucoup de tranquillité, souhaitable $L_H \leq 25$ dB(A) mais difficile à atteindre (systèmes de ventilation à basse vitesse)

Dans certains **locaux moins sensibles** (grand bureau, corridor, etc.) des recommandations moins sévères peuvent éventuellement être envisagées, par exemple $L_H \leq 40$ dB(A).

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

E C O A C O U S T I Q U E

12

Bruit équipements techniques Ventilation

| SECTEUR / LOCAL | Motif de la nécessité d'une installation de ventilation mécanique | | | "Physischer" Zustand der lokalen Luft | | | Pression acoustique résultante dans l'ambiance dB(A) |
|---------------------------------------|---|--------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|---------------|--------------------------------------|--|
| | selon spécificat. hosp. de l'hépat. de l'inspéc. d'hygiène de l'air | protécté techn. ou de sécurité | physiologie / et bien-être | HIVER Winter °C | ETE Sommer °C | Raisons du choix Begründung der Wahl | |
| Secteur de traitement | | | | | | | |
| Chambre de malade | x | | | 22° | 26° | | 35 15) |
| Chambre d'isolement | x | | | 22° | 26° | | 35 15) |
| Soins continus | x | | | 22° | 26° | | 35 15) |
| Isolément infectieux | x 3) | | | 22° | 26° | | 35 15) |
| Isolément propre | x | | | 22° | 26° | | 35 15) |
| Chambre des nourissons | x | | | 24° | 26° | | 35 15) |
| Local à perfusion | x | | | 22° | 26° | | 40 |
| Office / Cuisinette d'étage | x | | | 20° | 28° | | 45 |
| Cuisine à lait | x | | | 20° | 24° | | 45 |
| Bains / Douches | | x | | 24° | | | 50 |
| Local vidoir | x 3) | | | 20° | | | 45 |
| Corridor | | | | 20° | 28° | | 45 |
| Secteur des médecins | | | | | | | |
| Salle de réunions | x 1) | | | 20° | 28° | | 40 |
| Secteur examens et traitements | | | | | | | |
| - Examens / Traitements | | | | | | | |
| Endoscopie | x | | | 22° | 26° | | 40 |
| Cystoscopie | (x) | | | 22° | 26° | | 40 |
| Examens des fonctions | | | (x) | 22° | 26° | | 40 |
| Chambre d'examen et de traitements | | | (x) | 22° | 26° | | 40 |

Norme la ventilation selon HUG

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds



13

Bruit équipements techniques Ventilation

| SECTEUR / LOCAL | Motif de la nécessité d'une installation de ventilation mécanique | | | "Physischer" Zustand der lokalen Luft | | | Pression acoustique résultante dans l'ambiance dB(A) |
|---|---|--------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|---------------|--------------------------------------|--|
| | selon spécificat. hosp. de l'hépat. de l'inspéc. d'hygiène de l'air | protécté techn. ou de sécurité | physiologie / et bien-être | HIVER Winter °C | ETE Sommer °C | Raisons du choix Begründung der Wahl | |
| Secteur des urgences | | | | | | | |
| Triage / Traitement | | | x | 22° | 26° | | 45 |
| Petites interventions | x | | | 22° | 24° | | 45 |
| Opérations urgentes | | | x | 20° | 24° | | 45 |
| Préparations et soins | | | x | 20° | 24° | | 45 |
| Salle des plâtres | x 4) | | | 21° | 24° | | 45 |
| Autres locaux, couloir | x 4) | | | 20° | | | 45 |
| Groupe opératoire | | | | | | | |
| Salle d'opérations hautement aseptiques | x | | x | 24° | 18°-26° | 8) | 50 |
| Salle d'opérations aseptiques | x | | x | 24° | 18°-26° | 8) | 45 |
| Salle d'opérations septiques | x | | x | 24° | 18°-26° | 8) | 45 |
| Locaux pré- et post-opératoires | x | | x | 24° | 24° | | 45 |
| Sterilisation | x | x | | 20° | 28° | | 50 |
| Réveil | x 4) | | | 22° | 26° | | 40 |
| Autres locaux, couloir | x | | | 20° | 28° | | 45 |
| Dépôt de matériel stérile | | | | | | | |
| Secteur maternité | | | | | | | |
| Salle d'accouchements | x | | (x) | 24° | 26° | | 40 |
| Salle de préparation | x | | (x) | 24° | 26° | | 45 |
| Nourissons / Réanimation | x | | | 24° | 26° | | 35 15) |
| Chambre sous surveillance | x | | | 22° | 26° | | 35 15) |
| Autres locaux, couloir | x 4) | | | 20° | 28° | | 45 |
| Salle d'opérations | x | | x | 24° | 18°-26° | 8) | 45 |

Norme la ventilation selon HUG

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds



14

Exigences et recommandations Comparaison internationale

| Country | Classification scheme (CS) | Dwellings | Schools | Kindergarten | Healthcare facilities | Offices | Restaurants | Other |
|---------|---|-----------|---------|--------------|-----------------------|---------|-------------|-------|
| DK | DS 490:2007 [19] | + | | | | | | |
| FI | SFS 5907:2004 [20] | + | + | + | + | + | | + |
| IS | IST 45:2016 [21] | + | + | + | + | + | + | + |
| NO | NS 8175:2012 [22] | + | + | + | + | + | + | + |
| SE | SS 25267:2015 [23] | + | | | | | | |
| | SS 25268:2007 [24] | | + | + | + | + | + | + |
| LT | STR 2.01.07:2003 [25] | + | + | + | + | (+) | | + |
| IT | UNI 11367:2010 [26] | + | + | + | + | + | | + |
| DE | VDI 4100:2012 [27] | + | | | | | | |
| | DEGA 103:2018 [28] | + | | | | | | |
| | VDI 2569:2016 Draft [29] | | | | | + | | |
| AT | ÖNORM B 8115-5:2012 [30] | + | | | | | | |
| NL | NEN 1070:1999 [31] | + | | | | | | |
| FR | NF S31-080:2006 [32] | | | | | + | | |
| TR | Regulation on Protection of Buildings against Noise (2017) [33] | + | + | + | + | + | + | + |
| ISO/WI | ISO/DIS 19488 [34] | + | | | | | | |

Note: The table is simplified and subject to errors due to insufficient language skills and different ways of categorizing buildings.

Rasmussen, Birgit (2018). A pilot study on acoustic regulations and classification for hospitals – Comparison between the Nordic countries, Proceedings of Inter-Noise 2018

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds



15

Exigences et recommandations Isolation aérien (chambre,couloir)

| Country & reference | Rooms ⁽²⁾ | Class A [dB] | Class B [dB] | Class C [dB] | Class D [dB] | Acoustic regulations |
|---------------------|----------------------|------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--|
| DK | N/A | Between Corridor | N/A | N/A | N/A | None. Recommendation [1]: $R'_w \geq 48$ dB None. No recommendations. |
| FI | [20] | Between Corridor | $R'_w \geq 52$ $R'_w \geq 39$ | $R'_w \geq 52$ $R'_w \geq 39$ | $R'_w \geq 48$ $R'_w \geq 34$ | = npd No specific regulations. [20] applied as guideline. New guideline related to [2] is under preparation. |
| IS | [21] | Between Corridor | $R'_w \geq 52$ $R'_w \geq 45$ | $R'_w \geq 50$ $R'_w \geq 40$ | $R'_w > 48$ $R'_w \geq 35$ | $R'_w > 45$ $R'_w \geq 30$ Building regulations [3] refer to Class C in [21]. |
| NO | [22] | Between Corridor | $R'_w \geq 52$ $R'_w \geq 44$ | $R'_w \geq 50$ $R'_w \geq 39$ | $R'_w > 48$ $R'_w \geq 34$ | $R'_w > 45$ $R'_w \geq 30$ Building regulations [4] refer to Class C in [22]. |
| SE | [24] | Between Corridor | $R'_w \geq 52$ $R'_w \geq 40$ | $R'_w \geq 48$ $R'_w \geq 35$ | $R'_w \geq 44$ $R'_w \geq 30$ | $R'_w \geq 40$ $R'_w \geq 30$ Building regulations [5] refer to Class C in [24]. |

(1) Overview information only. Detailed criteria and conditions are found in references.

(2) Between means between hospital bedrooms. Corridor means there is a door between the hospital bedroom and the corridor. If there is no door, stricter limits may apply.

| Recommendations | Isolation D_f (dB) | |
|------------------|----------------------|-----------|
| (selon SIA 181) | Degré 1 | Degré 2 |
| Chambre/Chambre | ≥ 50 | ≥ 55 |
| Corridor/chambre | ≥ 30 | ≥ 35 |

$$R'_w \approx D_f + 2 \text{ dB}$$

Rasmussen, Birgit (2018). A pilot study on acoustic regulations and classification for hospitals – Comparison between the Nordic countries, Proceedings of Inter-Noise 2018

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds



16

Exigences et recommandations Isolation choc chambre

| Nordic countries – Impact sound insulation in HOSPITAL bedrooms ⁽¹⁾ – Quality levels & regulations – April 2018 | | | | | | |
|--|---------------------------|--|--|--|--|---|
| Country & reference | Exposure ⁽²⁾ | Class A [dB] | Class B [dB] | Class C [dB] | Class D [dB] | Acoustic regulations |
| DK N/A | Low impact High impact | N/A | N/A | N/A | N/A | None. Recommendation [1]: $L'_{n,w} \leq 58$ dB None. Recommendation [1]: $L'_{n,w} \leq 58$ dB |
| FI [20] | Low impact High impact | $L'_{n,w} \leq 63$ $L'_{n,w} \leq 63$ | $L'_{n,w} \leq 63$ $L'_{n,w} \leq 63$ | $L'_{n,w} \leq 63$ $L'_{n,w} \leq 63$ | = npd | No specific regulations. [20] applied as guideline. New guideline related to [2] is under preparation. |
| IS [21] | Low impact High impact | $L'_{n,w} \leq 53$ $L'_{n,w} \leq 53$ | $L'_{n,w} \leq 55$ $L'_{n,w} \leq 55$ | $L'_{n,w} \leq 58$ $L'_{n,w} \leq 58$ | $L'_{n,w} \leq 63$ $L'_{n,w} \leq 63$ | Building regulations [3] refer to Class C in [21]. |
| NO [22] | Low impact High impact | $L'_{n,w} \leq 53$ $L'_{n,w} \leq 53$ | $L'_{n,w} \leq 55$ $L'_{n,w} \leq 55$ | $L'_{n,w} \leq 58$ $L'_{n,w} \leq 58$ | $L'_{n,w} \leq 63$ $L'_{n,w} \leq 63$ | Building regulations [4] refer to Class C in [22]. |
| SE [24] | Low impact High impact | $L'_{nT,w} \leq 60$ $L'_{nT,w} \leq 56$ | $L'_{nT,w} \leq 64$ $L'_{nT,w} \leq 60$ | $L'_{nT,w} \leq 68$ $L'_{nT,w} \leq 64$ | - (= npd) $L'_{nT,w} \leq 68$ | Building regulations [5] refer to Class C in [24]. |

(1) Overview information only. Detailed criteria and conditions are found in references.
(2) Low impact, e.g. from another hospital bedroom. High impact, e.g. from the corridor.

| Recommandations (selon SIA 181) | Niveau L' (dB) | |
|------------------------------------|----------------|---------|
| | Degré 1 | Degré 2 |
| Chambre/Chambre | ≤ 55 | ≤ 50 |
| Corridor/chambre | ≤ 55 | ≤ 50 |

$$L'_{nw} \approx L'_{nT,w} + 3$$

Rasmussen, Birgit (2018). A pilot study on acoustic regulations and classification for hospitals – Comparison between the Nordic countries, Proceedings of Inter-Noise 2018

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

E C O A C O U S T I Q U E

17

Exigences et recommandations Bruit issu de l'extérieur

| Nordic countries – Traffic noise in HOSPITAL bedrooms ^{(1),(2)} – Quality levels & regulations – April 2018 | | | | | | |
|--|---|--------------|--------------|--------------|----------------|---|
| Country & reference | Descriptor | Class A [dB] | Class B [dB] | Class C [dB] | Class D [dB] | Acoustic regulations |
| DK N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | None. Recommendation [1]: $L_{den}(indoor)^{(3)} \leq 33$ dB |
| FI [20] | $L_{Aeq,07-22}$ (indoor) $L_{Aeq,22-07}$ (indoor) | ≤ 30 ≤ 25 | ≤ 30 ≤ 25 | ≤ 35 ≤ 30 | = npd = npd | No specific regulations. [20] applied as guideline. New guideline related to [2] is under preparation. |
| IS [21] | $L_{p,Aeq,24h}$ (indoor) $L_{p,Amax}$ (indoor) | ≤ 20 ≤ 35 | ≤ 25 ≤ 40 | ≤ 30 ≤ 45 | ≤ 35 ≤ 50 | Building regulations [3] refer to Class C in [21]. |
| NO [22] | $L_{p,A,24h}$ (indoor) $L_{p,AF,max,23-07}$ (indoor) | ≤ 20 ≤ 35 | ≤ 25 ≤ 40 | ≤ 30 ≤ 45 | ≤ 35 ≤ 50 | Building regulations [4] refer to Class C in [22]. |
| SE [24] | $L_{pA,eq}$ (indoor) $L_{pA,Fmax}$ (indoor) | ≤ 26 ≤ 41 | ≤ 30 ≤ 45 | ≤ 30 ≤ 45 | ≤ 35 ≤ 50 | Building regulations [5] refer to Class C in [24]. |

(1) Overview information only. Detailed criteria and conditions are found in the references.
(2) Furnished rooms.
(3) DK: Day 07-19 (default), Evening 19-22, Night 22-07. L_{den} is defined in END (2002).
The Danish Building Code refers to L_{den} as the only limit and valid for roads and railways separately.

| Bruit issu de l'extérieur (extrapolation isolation enveloppe SIA 181) | Niveau L _i (dB) | |
|--|----------------------------|------|
| | jour | nuit |
| Chambre dans un établissement de soins (EMS, Hôpital) | ≤ 33 | ≤ 25 |

Rasmussen, Birgit (2018). A pilot study on acoustic regulations and classification for hospitals – Comparison between the Nordic countries, Proceedings of Inter-Noise 2018

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

E C O A C O U S T I Q U E

18

Exigences et recommandations Bruit des installations techniques

| Nordic countries – Service equipment noise in HOSPITAL bedrooms ^{(1),(2)} – Quality levels & regulations – April 2018 | | | | | | |
|--|--|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--|
| Country & reference | Descriptor | Class A [dB] | Class B [dB] | Class C [dB] | Class D [dB] | Acoustic regulations |
| DK | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | None. Recommendation [1]: $L_{A,eq} \leq 30$ dB |
| FI | [20] $L_{A,eq,T}$ $L_{A,max}$ | ≤ 24 ≤ 29 | ≤ 24 ≤ 29 | ≤ 28 ≤ 33 | = npd = npd | No specific regulations. [20] applied as guideline. New guideline related to [2] is under preparation. |
| IS | [21] $L_{p,A,eq,T}$ $L_{p,C,eq,T}$ | ≤ 20 ≤ 40 | ≤ 25 ≤ 45 | ≤ 30 ≤ 50 | ≤ 35 ≤ 55 | Building regulations [3] refer to Class C in [21]. |
| NO | [22] $L_{p,A,T}$ $L_{p,AF,max}$ | ≤ 20 ≤ 22 | ≤ 25 ≤ 27 | ≤ 28 ≤ 30 | ≤ 33 ≤ 35 | Building regulations [4] refer to Class C in [22]. |
| SE | [24] L_{pA} L_{pC} | ≤ 26 ≤ 46 | ≤ 30 ≤ 50 | ≤ 30 ≤ 50 | ≤ 30 - (= npd) | Building regulations [5] refer to Class C in [24]. |

(1) Overview information only. Detailed criteria and conditions are found in references.
(2) Furnished rooms.

| Recommandations | Niveau L_p (dB) | |
|---|-------------------|-----------|
| (selon annexe G SIA 181) | Degré 1 | Degré 2 |
| Chambre dans un établissement de soins (EMS, Hôpital) | ≤ 35 | ≤ 30 |

Rasmussen, Birgit (2018). A pilot study on acoustic regulations and classification for hospitals – Comparison between the Nordic countries, Proceedings of Inter-Noise 2018

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

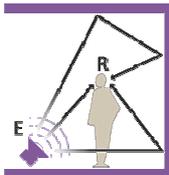
E C O A C O U S T I Q U E

19

Exigences et recommandations Temps de réverbération

| Nordic countries – Reverberation time in HOSPITAL bedrooms ^{(1),(2)} – Quality levels & regulations – April 2018 | | | | | | |
|---|---------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--|
| Country & reference | Descriptor ⁽³⁾ | Class A [s] | Class B [s] | Class C [s] | Class D [s] | Acoustic regulations |
| DK | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | None. Recommendation [1]: $T \leq 0.6$ s |
| FI | [20] T | ≤ 0.6 | ≤ 0.6 | ≤ 0.8 | = npd | No specific regulations. [20] applied as guideline. New guideline related to [2] is under preparation. |
| IS | [21] T | ≤ 0.5 | ≤ 0.5 | ≤ 0.6 | ≤ 0.8 | Building regulations [3] refer to Class C in [21]. |
| NO | [22] T | ≤ 0.4 | ≤ 0.5 | ≤ 0.6 | ≤ 0.8 | Building regulations [4] refer to Class C in [22]. |
| SE | [24] T_{20} | ≤ 0.5 | ≤ 0.6 | ≤ 0.6 | - (= npd) | Building regulations [5] refer to Class C in [24]. |

(1) Overview information only. Detailed criteria and conditions are found in references.
(2) Furnished rooms.
(3) Freq. range 125-4000 Hz 1/1 octave bands. For Sweden and Finland target values. For details, see references.



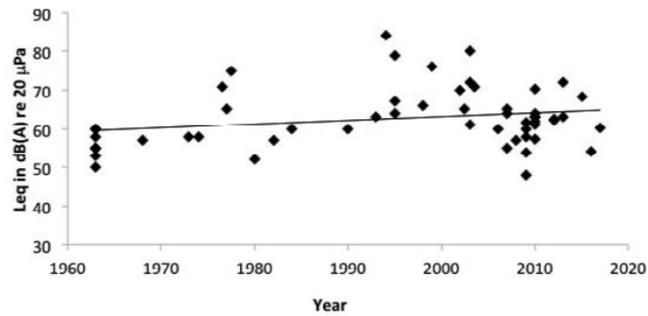
Rasmussen, Birgit (2018). A pilot study on acoustic regulations and classification for hospitals – Comparison between the Nordic countries, Proceedings of Inter-Noise 2018

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

E C O A C O U S T I Q U E

20

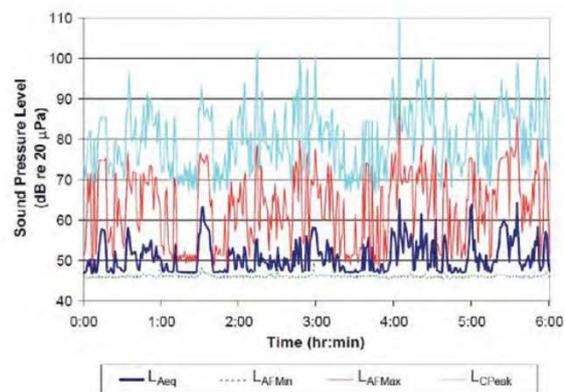
2) Bruit intérieur Statistiques



Evolution du niveau sonore (L_{Aeq}) entre 1960 et 2020

Busch-Vishniac I. (2019). Hospital Soundscapes: Characterization, Impacts, and Interventions. *Acoustics Today* volume 15, issue 3 2019 Acoustical Society of America.

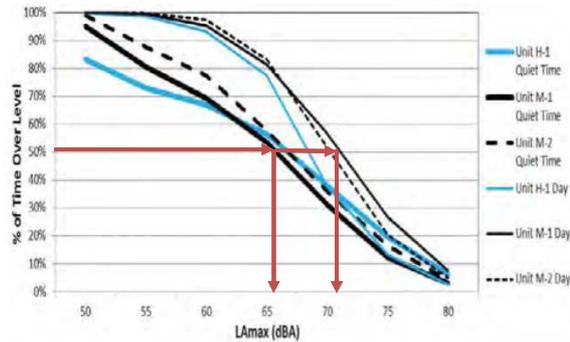
Bruit intérieur



Dynamique du bruit sur une période de 6h

Busch-Vishniac I. (2019). Hospital Soundscapes: Characterization, Impacts, and Interventions. *Acoustics Today* volume 15, issue 3 2019 Acoustical Society of America.

Bruit intérieur Statistiques

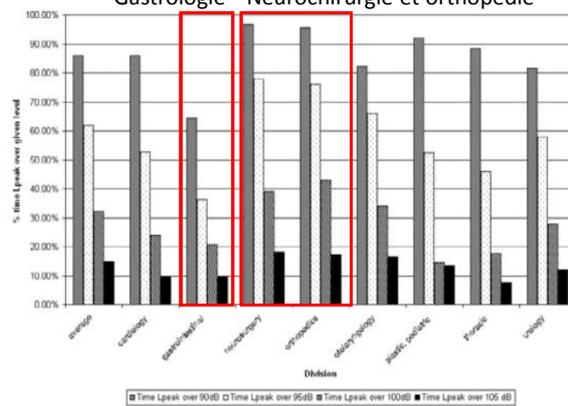


Dynamique du bruit sur une période de 6h

Busch-Vishniac I. (2019). Hospital Soundscapes: Characterization, Impacts, and Interventions. *Acoustics Today* volume 15, issue 3 2019 Acoustical Society of America.

Bruit intérieur

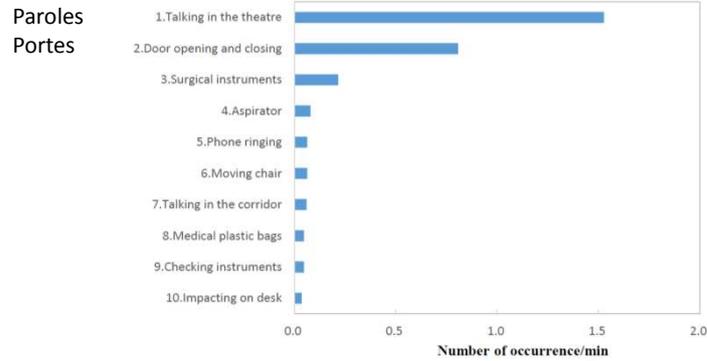
Gastrologie Neurochirurgie et orthopédie



Fraction temporelle avec des niveaux dépassant Lpeak= 90, 95 et 100 dB selon les services

Busch-Vishniac I. (2019). Hospital Soundscapes: Characterization, Impacts, and Interventions. *Acoustics Today* volume 15, issue 3 2019 Acoustical Society of America.

Bruit intérieur Statistiques



Occurrence des sources de bruit (chirurgie)

Weifan Liu (2017). NOISE LEVELS AND NOISE SOURCES IN THE OPERATING THEATRES. Proc. ICSV 24, London.

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

ECOACOUSTIQUE

25

3) Exemple Exigences IRM

Exigences minimales de la norme SIA 181:2006, l'isolation au bruit aérien

Di entre un local avec un degré de nuisance très fort utilisé entre 7h et 19h (IRM) et un local avec une sensibilité moyenne (pièce d'habitation):

$$D_i \geq 62 \text{ dB}$$

Exigences minimales de la norme SIA 181:2006, le bruit continu en provenance d'une installation technique (IRM) utilisée seulement de jour (entre 7h et 19h)

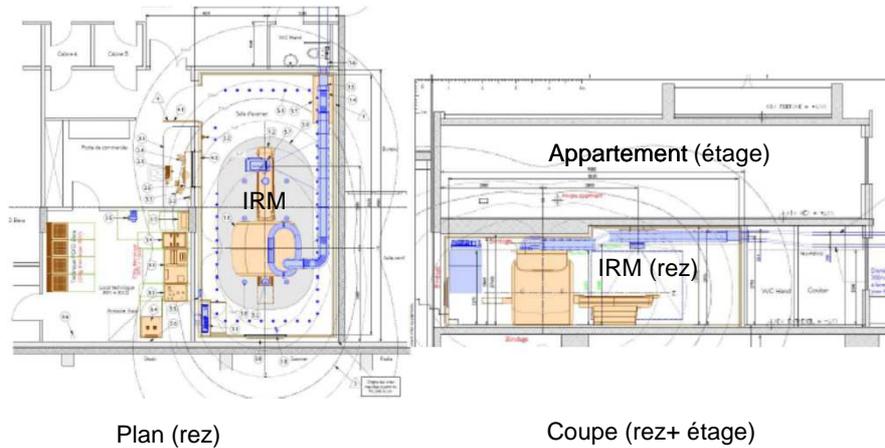
$$L_H \leq 33 \text{ dB(A)}$$

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

ECOACOUSTIQUE

26

Bruit équipements techniques Exemple IRM



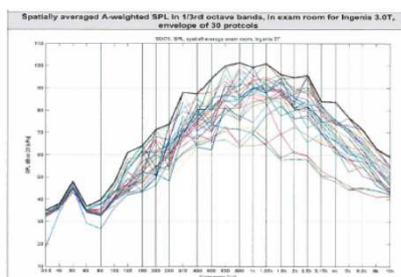
Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds



27

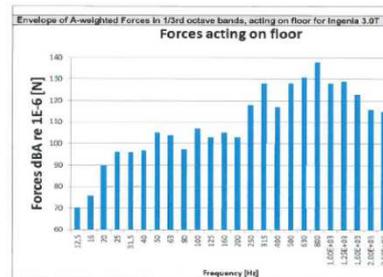
Bruit équipements techniques Exemple IRM - Emission

Niveau de bruit



Le niveau de bruit large bande correspondant est environ de
Lmax = 107 dB(A)
Leq = 97 dB(A)

Vibration



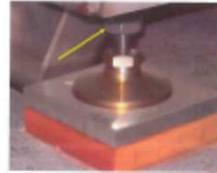
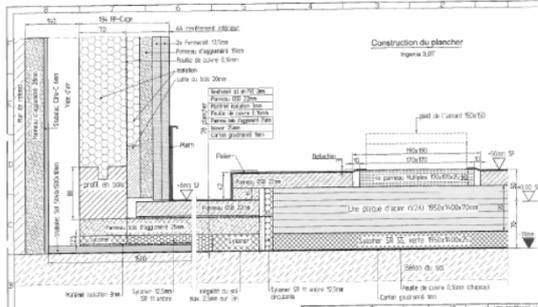
En dessous de 20 Hz les vibrations générées par l'IRM sont d'une amplitude négligeable

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds



28

Bruit équipements techniques Exemple IRM – Isolation vibratoire



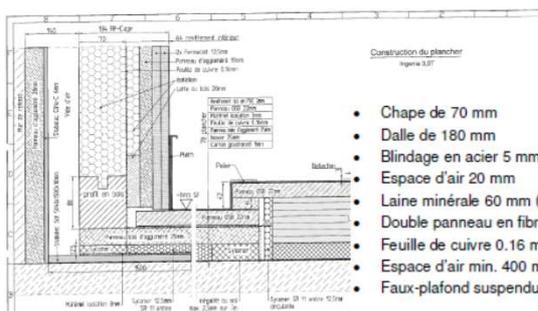
Des pads (4 appuis ponctuels souples) en élastomère (Cellasto MH 24-60, 200x200x40 mm) sont intégrés à l'IRM. Ils sont posés sur une plaque d'acier faisant office de socle, lui-même placé sur une plaque de SYLOMER SR 55 épaisseur 25 mm, disposé sur le sol en béton.

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

E C O A C O U S T I Q U E

29

Bruit équipements techniques Exemple IRM – Isolation acoustique



- Chape de 70 mm
- Dalle de 180 mm
- Blindage en acier 5 mm
- Espace d'air 20 mm
- Laine minérale 60 mm (Isover TP1)
- Double panneau en fibrociment (Fermacell) (> 1000 kg/m³) 2 x 12.5 mm
- Feuille de cuivre 0.16 mm
- Espace d'air min. 400 mm, avec de nombreux équipements techniques
- Faux-plafond suspendu technique constitué d'un panneau aggloméré 16 mm

L'isolation correspondante est de $R'w = 63$ dB, respectivement $D_{i,tot} = 60$ dB, inclus un K_p de 5 dB. Le niveau de bruit en provenance de l'IRM dans la pièce.

Fortement conseillé d'avoir un **espace tampon** avec un appartement

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

E C O A C O U S T I Q U E

30

Isolation intérieure Bruit aérien, chambre VIP

| Local d'émission | Local de réception | $D_{nT,w}$ (bruit aérien) | | $L'_{nT,w}$ (bruit de choc) | |
|------------------|--------------------|---------------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------|
| | | Degré 1 modéré | Degré 2 accrues | Degré 1 modéré | Degré 2 accrues |
| Chambre VIP | Chambre VIP | ≥ 50 | ≥ 55 | ≤ 55 | ≤ 50 |

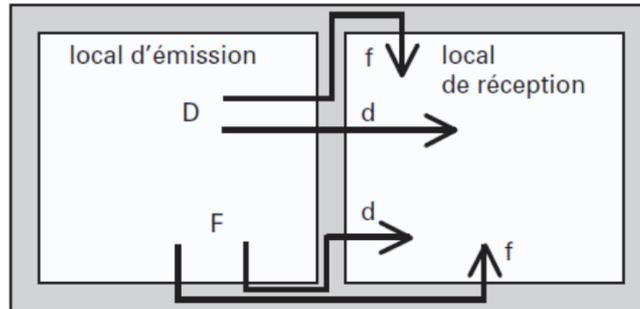
Isolation intérieure Bruit aérien, composition

$D_i \geq 55$ dB (Entre locaux bruyants et locaux sensibles)

- Mur BA 18 cm + doublage léger 8 cm (2x12.5 mm de plaques plâtre cartonné lourd sur ossature métallique 50 mm désolidarisées, avec 40mm de laine minérale entre montants (**bon basses fréquences, gabarit 260 mm**)).
- Ou cloisons légères (2x12.5 mm de plaques plâtre cartonné lourd, double ossature de 50 mm avec laine minérale, 2x12.5 mm de plaques plâtre cartonné lourd (**mauvais basses fréquences, gabarit 155 mm**))

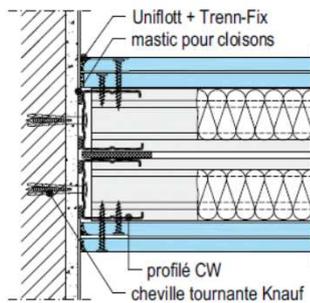
Attention aux transmissions latérales aux jonctions de ces cloisons avec les murs perpendiculaires et les façades (sur des éléments massifs (béton, plots pleins) et en aucun cas sur des montants métalliques de façades rideaux).

Isolation intérieure Bruit aérien, transmissions latérales



Attention aux transmissions latérales et effet
téléphone (ventilation)

Cloison légère



| classe de résistance au feu | Parement par face de cloison | | Poids Sans couche d'isolation env. kg/m ² | Épaisseur de cloison | | Isolation phonique R _w | |
|-----------------------------|------------------------------|---------------------|--|----------------------|--------------|-----------------------------------|------------------|
| | Plaque Knauf KNAUF Plano | Épaisseur min. d mm | | D mm | Profilé h mm | Couche d'isolation | Profils Knauf CW |
| EI 90 | ● | 2x 12,5 | 47 | 155 | 2x 50 105 | 50 | 61 -3 |
| | ● | 2x 12,5 | 47 | | | 62 -2 | |
| | ● | 2x 12,5 | 49 | | | 67 -4 | |
| | ● | 2x 12,5 | 58 | | | 67 -2 | |
| | ● | 12,5 + 12,5 | 67 | | | 74 -4 | |

étallique Knauf Ossature double – parement double

Isolation intérieure Bruit aérien, composition

Di ≥ 50 dB (Entre chambres, entre cabinets médicaux)

- Mur >450 kg/m² (**bon basses fréquences, gabarit 180 mm**).
- Ou cloisons légères (2x12.5 mm de plaques plâtre cartonné lourd, ossature de 75 mm avec laine minérale, 2x12.5 mm de plaques plâtre cartonné lourd (**mauvais basses fréquences, gabarit 125 mm**))

Attention aux transmissions latérales aux jonctions de ces cloisons avec les murs perpendiculaires et les façades (rebouchage systématique et étanche à l'air à l'aide de tacons en plaques de plâtre).

Cloison légère (simple ossature)

| classe de résistance au feu | Parement par face de cloison | | | Poids Sans couche d'isolation env. kg/m ² | Épaisseur de cloison D mm | Profilé h mm | Isolation phonique R _w | | | | |
|-----------------------------|------------------------------|----------------------|---------------------|--|------------------------------|-----------------|-----------------------------------|------------------|------------------|-------------|-------------|
| | Plaque Knauf KNAUF Plano | Plaque massive (GKF) | Épaisseur min. d mm | | | | Couche d'isolation | Profilé Knauf CW | Profilé Knauf MW | dB Valeur C | dB Valeur C |
| Ei 90 | ● | ● | 2x 12,5 | 45 | 75 | 60 | 54 | -2 | 55 | -3 | |
| | ● | ● | 2x 12,5 | 47 | | | 57 | -3 | 58 | -4 | |
| | ● | ● | 2x 12,5 | 55 | | | 51 | -3 | 62 | -4 | |
| | ● | ● | 12,5 + 12,5 | 65 | | | 63 ¹⁾ | -3 | 63 ¹⁾ | -3 | |
| | ● | ● | 25 + 12,5 | 71 | | | 67 ²⁾ | -4 | | | |
| | ● | ● | | | | | 66 | -3 | 67 | -2 | |

étalique Knauf Ossature simple – parement double

Isolation intérieure Bruit aérien, chambre VIP

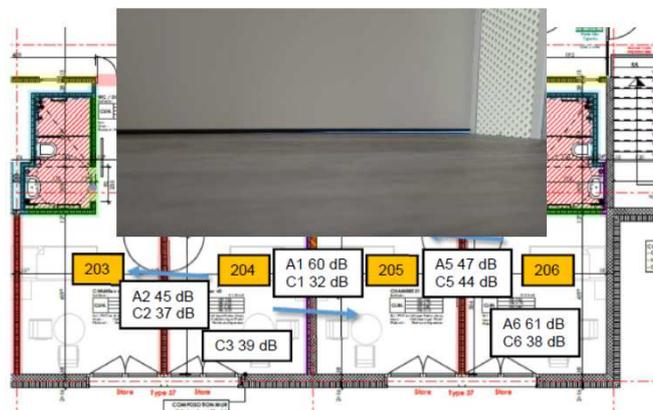


Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

ECOACOUSTIQUE

37

Isolation intérieure Bruit aérien, chambre VIP, portes



Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

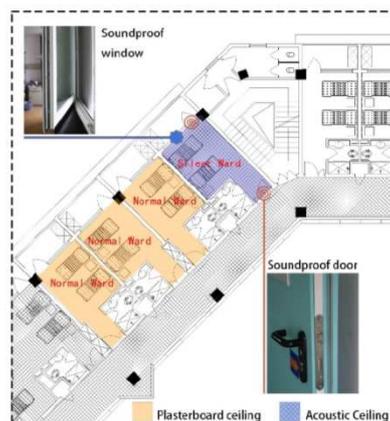
ECOACOUSTIQUE

38

Recommandations d'isolation pour les portes

| Porte | | Performances acoustiques |
|----------|-----------------------|--------------------------|
| Local 1 | Local 2 | R'w + C |
| Corridor | Bureau | ≥ 30 dB |
| Corridor | Chambre, réunion | ≥ 33 dB |
| Corridor | Local avec discrétion | ≥ 36 dB |
| Bureau | Bureau | ≥ 36 dB |

Amélioration isolation intérieure Niveaux sonores



Zhixiao Deng (2017). ASSOCIATIONS OF ACOUSTIC ENVIRONMENT WITH PHYSIOLOGICAL AND PSYCHOLOGICAL STATES AMONG HOSPITALIZED PATIENTS IN GENERAL HOSPITAL WARDS. Proc. ICSV 24, London.

Amélioration isolation intérieure Niveaux sonores

| | | Normal ward | Silent ward | Difference |
|-----------------|------------|-------------|-------------|------------|
| L _{eq} | daytime | 61.4±3.5 | 59.6±3.7 | -1.8 |
| | night-time | 51.7±4.3 | 46.5±4.6 | -5.2 |
| L ₁₀ | daytime | 64.1 | 63.9 | -0.2 |
| | night-time | 53.4 | 49.4 | -4.0 |
| L ₉₀ | daytime | 54.8 | 53.2 | -1.6 |
| | night-time | 44.4 | 38.9 | -5.5 |

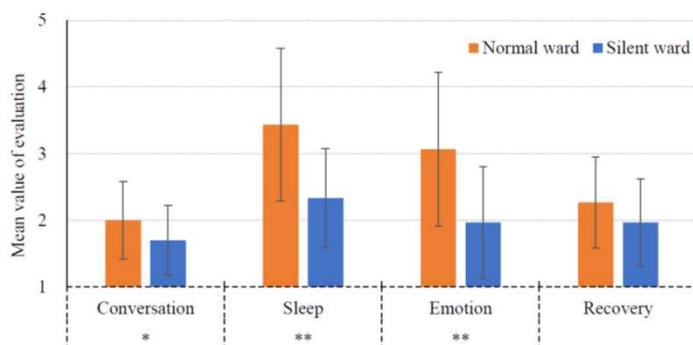
Zhixiao Deng (2017). ASSOCIATIONS OF ACOUSTIC ENVIRONMENT WITH PHYSIOLOGICAL AND PSYCHOLOGICAL STATES AMONG HOSPITALIZED PATIENTS IN GENERAL HOSPITAL WARDS. Proc. ICSV 24, London.

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

E C O A C O U S T I Q U E

41

Isolation intérieure Perception subjective gêne



Zhixiao Deng (2017). ASSOCIATIONS OF ACOUSTIC ENVIRONMENT WITH PHYSIOLOGICAL AND PSYCHOLOGICAL STATES AMONG HOSPITALIZED PATIENTS IN GENERAL HOSPITAL WARDS. Proc. ICSV 24, London.

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

E C O A C O U S T I Q U E

42

Isolation intérieure Exemple audiologie - Isolation

Situation avant travaux (maçonnerie légère et portes lourdes)

| Local d'émission | Local de réception | Isolation Di obtenue |
|---------------------|--------------------|----------------------|
| Cabine 1 technicien | Cabine 1 patient | 48 dB |
| | Circulation | 44 dB |
| | Cabine 2 patient | 48 dB |

Situation après travaux (cloisons légères et portes légères)

| Local d'émission | Local de réception | Isolation Di obtenue |
|--------------------------------|---|----------------------|
| Salle 936 (15 m ²) | Salle 935 (10 m ²) | 53 dB |
| | Salle 908 (6 m ²) | 55 dB |
| | Salle d'appoint 907 (9 m ²) | 36 dB |

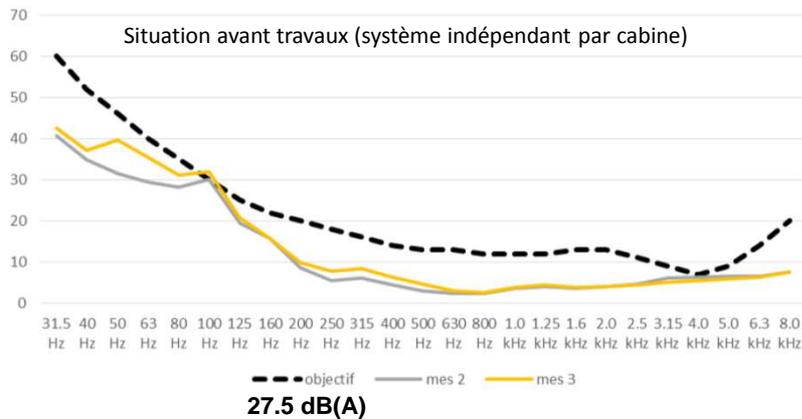
Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

ECOACOUSTIQUE

45

Bruit installation ventilation Exemple audiologie (avant travaux)

Cabine 2 - bruit de fond

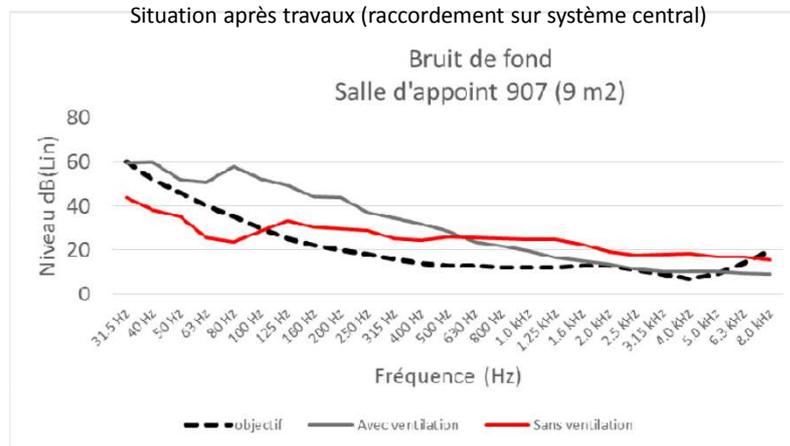


Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

ECOACOUSTIQUE

46

Bruit installation ventilation Exemple audiologie

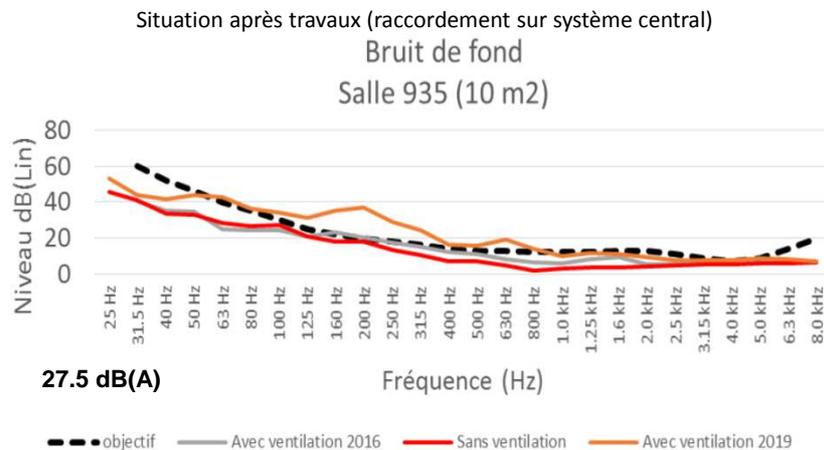


Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds



47

Bruit installation ventilation Exemple audiologie (après travaux)



Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds



48

Bruit équipements techniques Recommandations

Pour respecter les valeurs limites de bruit pour la ventilation, il faut avoir :

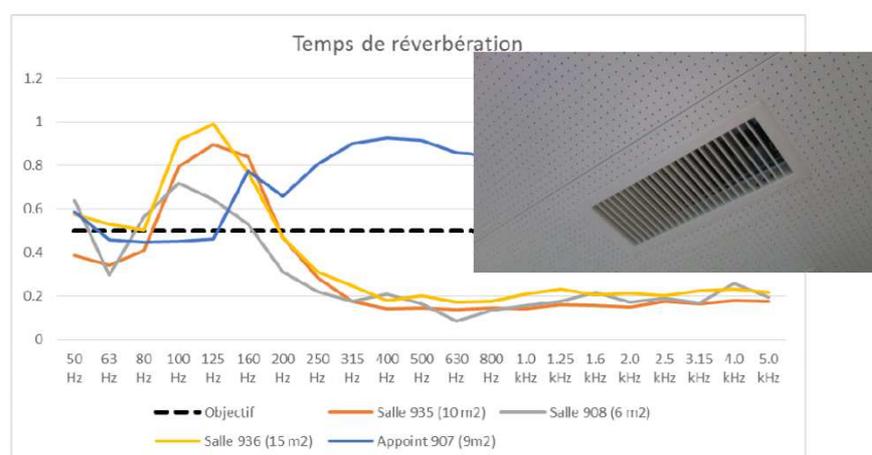
- Des silencieux primaires (avant la sortie du local technique) pour traiter les basses et moyennes fréquences émises par les ventilateurs
- De faibles vitesses d'air (rapportée à la surface nette : max. 7 m/s dans silencieux, 3 m/s dans gaines et 1.5 m/s aux diffuseurs) pour limiter la generation de bruit
- Pas de registre ou organes de réglages à proximité des diffuseurs proches des usagers
- Très bon équilibrage dans l'alimentation des diffuseurs

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

E C O A C O U S T I Q U E

49

Temps de réverbération Exemple audiologie



Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

E C O A C O U S T I Q U E

50

Isolation intérieure Exemple audiologie



Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

ECOACOUSTIQUE

51

Acoustique intérieure

Traitement essentiellement par le plafond

Exigence d'absorption acoustique : $\alpha_w \geq 0.75$

L'acoustique, qui se traite par des matériaux poreux, et l'hygiène, qui exige des revêtements lisses, sont difficiles à traiter simultanément dans les établissements de santé.

Exemple de matérialisation

- Laine minérale (Rockfon® Royal™ Hygiène, Ecophon Hygiène, Armstrong PARAFON HYGIEN)
- Métal ou bois perforé (Topakustik, Gema, Armstrong) avec mousse ou laine minérale ensachée)
- Plafonds tendus (Alyos, Clipso, Barrisol)

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

ECOACOUSTIQUE

Acoustique intérieure

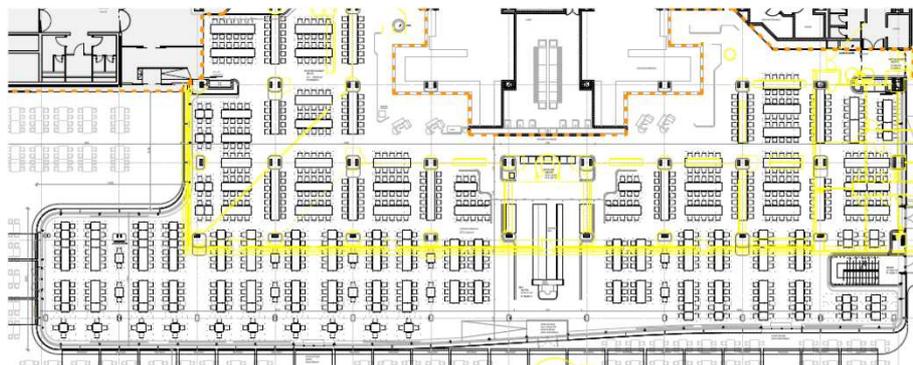


Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds



53

Acoustique intérieure Exemple restaurant Chuv



Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds



54

Acoustique intérieure

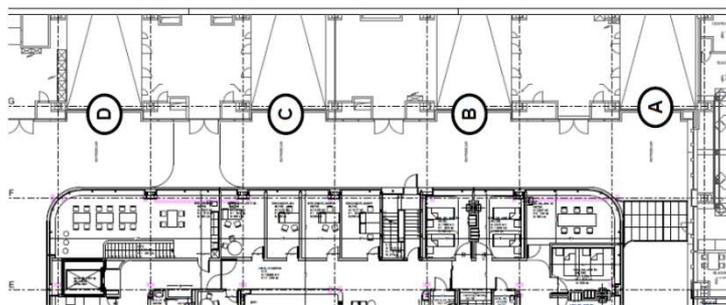


Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

ECOACOUSTIQUE

55

Bruit équipements techniques Ventilation (bruit extérieur)

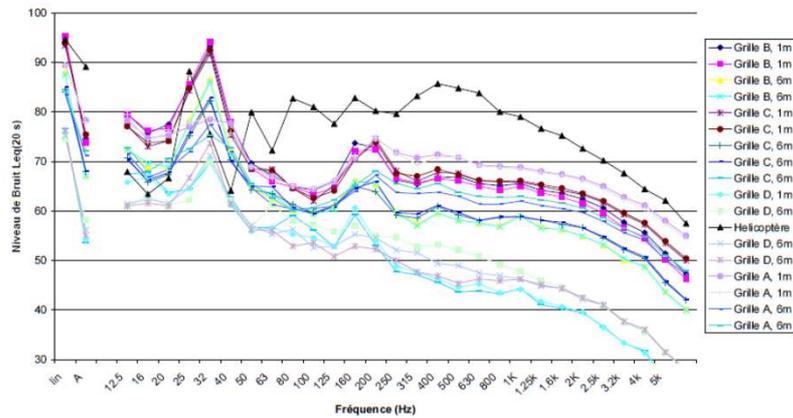


Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

ECOACOUSTIQUE

56

Bruit équipements techniques Ventilation (bruit extérieur)

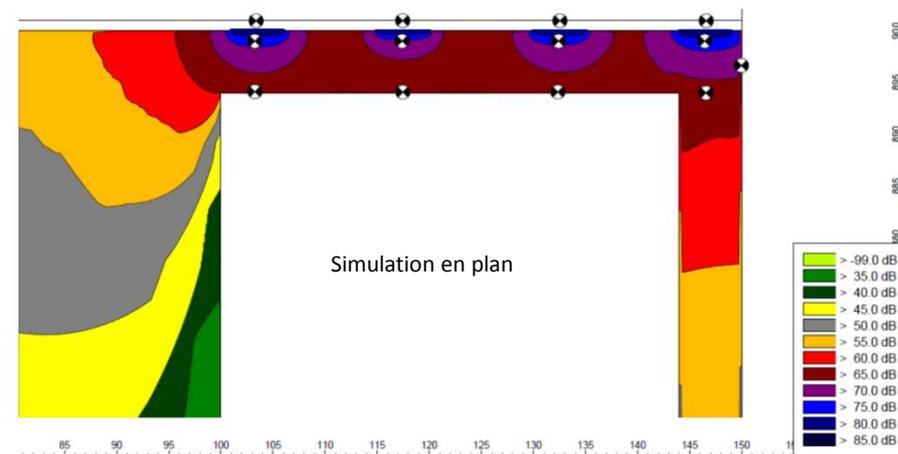


Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds



57

Bruit équipements techniques Ventilation (simulations)



Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds



58

Bruit équipements techniques Ventilation (simulations)

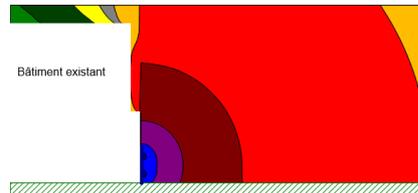


Figure 2 : Répartition des niveaux sonores (en coupe) sans le bâtiment d'oncologie

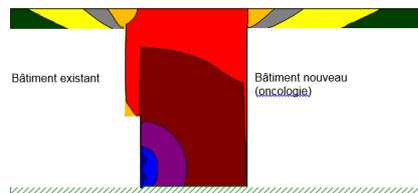


Figure 3 : Répartition des niveaux sonores (en coupe) avec le bâtiment d'oncologie

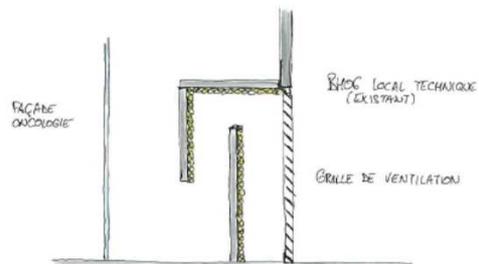
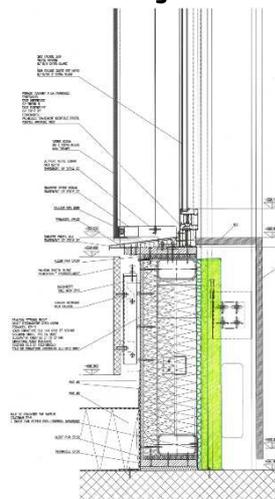
Simulations en coupe

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds



59

Bruit équipements techniques Façade renforcée et chicane



Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds



62

Bruit équipements techniques Ventilation (bruit extérieur)

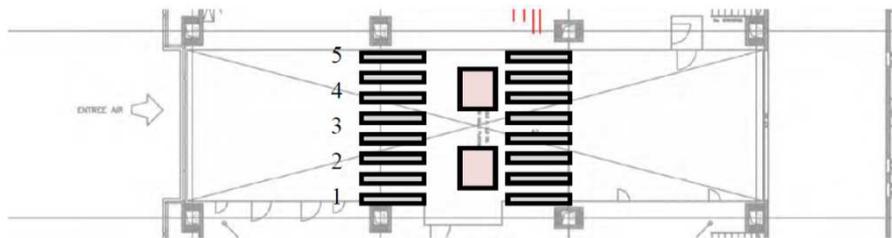


Figure 1: scheme of the ventilation duct, with indicative positions of measurement points 1-5 (grey rectangles represent vertical baffle absorbers, and the two pink squares represent the ventilation groups)

Lissek, H., Rivet, E., & Desarnaulds, V. (2013). Development of electroacoustic absorbers as soundproofing solutions for industrial ventilation systems. In Proceedings of Internoise 2013

Ventilation Immission (intérieur)

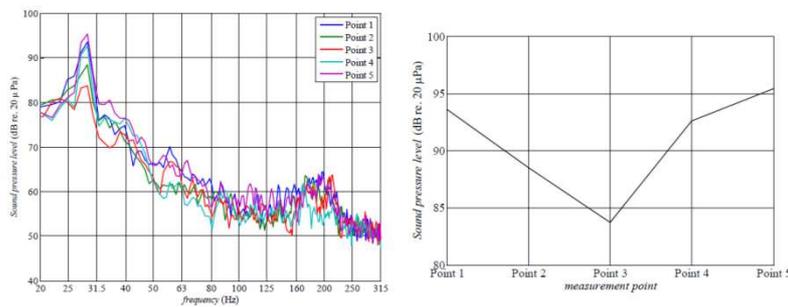
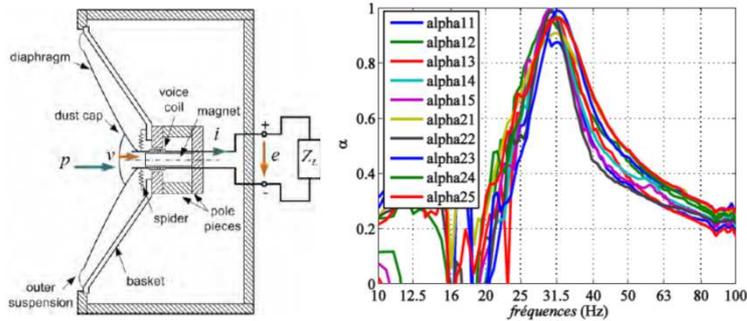


Figure 4: sound pressure levels (dB lin re. 20 µPa) measured inside the duct (left: narrow-band noise spectra at the different measurement positions [1-5] inside the duct; right: distribution of sound pressure levels along the line [1-5] at 29.3 Hz).

Lissek, H., Rivet, E., & Desarnaulds, V. (2013). Development of electroacoustic absorbers as soundproofing solutions for industrial ventilation systems. In Proceedings of Internoise 2013

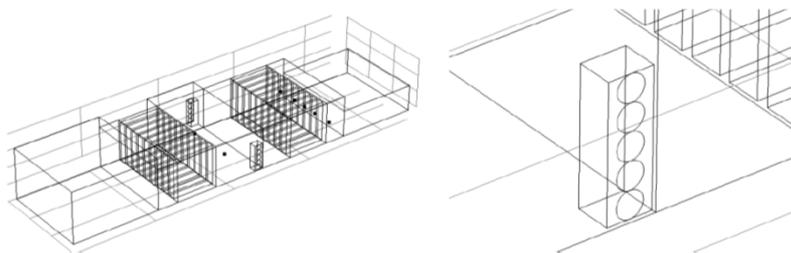
Ventilation (bruit extérieur) Conception contrôle actif



$$Z(\omega) = \frac{p}{v} = \frac{1}{S_d} \left[j\omega M_{ms} + R_{ms} + \frac{1}{j\omega C_{ms}} + \frac{\rho c^2 S_d^2}{j\omega V_b} + \frac{(Bl)^2}{R_e + j\omega L_e + Z_L} \right]$$

Lissek, H., Rivet, E., & Desarnaulds, V. (2013). Development of electroacoustic absorbers as soundproofing solutions for industrial ventilation systems. In Proceedings of Internoise 2013

Ventilation (bruit extérieur) Implantation contrôle actif



Lissek, H., Rivet, E., & Desarnaulds, V. (2013). Development of electroacoustic absorbers as soundproofing solutions for industrial ventilation systems. In Proceedings of Internoise 2013

Ventilation (bruit extérieur) Simulation contrôle actif

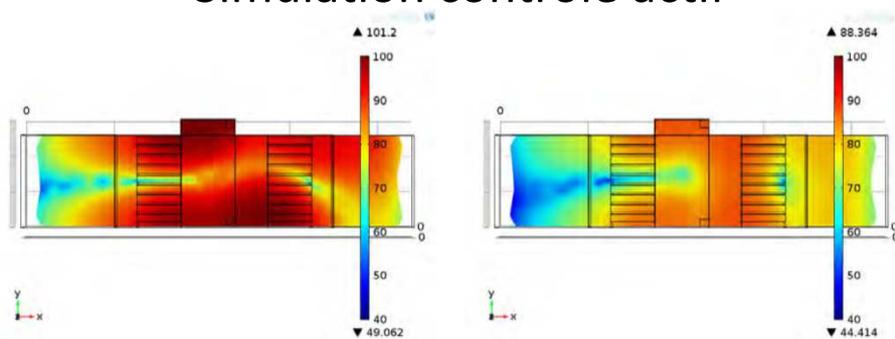


Figure 8: computed distribution of sound pressure levels in the duct at 28,56 Hz (left: without the electroacoustic absorbers; right: with two columns of 5 electroacoustic absorbers)

Lissek, H., Rivet, E., & Desarnaulds, V. (2013). Development of electroacoustic absorbers as soundproofing solutions for industrial ventilation systems. In Proceedings of Internoise 2013

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

ECOACOUSTIQUE

67

Conclusions

Pour réussir l'acoustique d'un bâtiment hospitalier, on fera en particulier attention aux points suivants :

- Définir clairement les exigences acoustiques (isolation enveloppe, bruit aérien, bruit de choc, installations technique, temps de réverbération)
- Prise en compte de l'acoustique dès la phase préliminaire (avant-projet)
- Une bonne conception et exécution limite les coûts et contribue sensiblement à améliorer le confort du personnel et des usagers

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

ECOACOUSTIQUE

68

Références

Rasmussen, Birgit (2018). A pilot study on acoustic regulations and classification for hospitals – Comparison between the Nordic countries, Proceedings of Inter-Noise 2018

Budd, Richard (2017). A review of the effectiveness, practical implications and impact of guidelines on acoustic conditions in uk healthcare premises. Proc. ICSV 24, London.

Deng, Zhixiao (2017). Associations of acoustic environment with physiological and psychological states among hospitalized patients in general hospital wards. Proc. ICSV 24, London.

Liu, Weifan (2017). Noise levels and noise sources in the operating theatres. Proc. ICSV 24, London.

Busch-Vishniac I.(2019). Hospital Soundscapes: Characterization, Impacts, and Interventions. Acoustics Today volume 15, issue 3 2019 Acoustical Society of America.

Lissek, H., Rivet, E., & Desarnaulds, V. (2013). Development of electroacoustic absorbers as soundproofing solutions for industrial ventilation systems. In Proceedings of Internoise 2013