

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

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

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

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

ECOACOUSTIQUE

Exigences SIA181

Isolation de la façade

Valeur limite D_n 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

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

ECOACOUSTIQUE

Isolation aérienne entre locaux



Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

ECOACOUSTIQUE

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

Isolation intérieure Perception selon annexe H SIA181

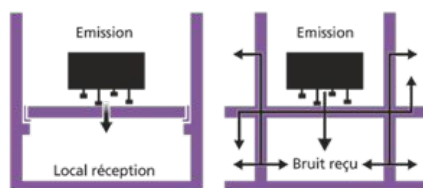
Isolement acoustique normalisé pondéré avec adaptation spectrale et correction liée au volume $D_{i,tot}$ en dB		Compréhension de la parole dans des conditions de conversation normale
Bruit de fond 20 dB(A)	Bruit de fond 30 dB(A)	
65	55	juste audible
55	45	audible, mais pas compréhensible
50	40	partiellement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

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

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

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

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

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

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

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

 ECOACOUSTIQUE

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

 ECOACOUSTIQUE

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'hyg. de l'inspection hygiénische Luft	proctéti techn. ou de sécurité	physiologie / et bien-être	HVER 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 traitement			(x)	22°	26°		40

Norme la ventilation selon HUG

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds



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'hyg. de l'inspection hygiénische Luft	proctéti techn. ou de sécurité	physiologie / et bien-être	HVER 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°	26°		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



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



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	N/A	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	$R'_w \geq 52$ $R'_w \geq 45$	$R'_w \geq 50$ $R'_w \geq 40$	$R'_w \geq 48$ $R'_w \geq 35$	$R'_w \geq 45$ $R'_w \geq 30$	Building regulations [3] refer to Class C in [21].
NO	[22] Between Corridor	$R'_w \geq 52$ $R'_w \geq 44$	$R'_w \geq 50$ $R'_w \geq 39$	$R'_w \geq 48$ $R'_w \geq 34$	$R'_w \geq 45$ $R'_w \geq 30$	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



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	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]	$L'_{n,w} \leq 63$ $L'_{n,w} \leq 63$	$L'_{n,w} \leq 63$ $L'_{n,w} \leq 63$	$L'_{n,w} \leq 63$ $L'_{n,w} \leq 63$	= npd	No specific regulations. [20] applied as guideline. New guideline related to [2] is under preparation.
IS	[21]	$L'_{n,w} \leq 53$ $L'_{n,w} \leq 53$	$L'_{n,w} \leq 55$ $L'_{n,w} \leq 55$	$L'_{n,w} \leq 58$ $L'_{n,w} \leq 58$	$L'_{n,w} \leq 63$ $L'_{n,w} \leq 63$	Building regulations [3] refer to Class C in [21].
NO	[22]	$L'_{n,w} \leq 53$ $L'_{n,w} \leq 53$	$L'_{n,w} \leq 55$ $L'_{n,w} \leq 55$	$L'_{n,w} \leq 58$ $L'_{n,w} \leq 58$	$L'_{n,w} \leq 63$ $L'_{n,w} \leq 63$	Building regulations [4] refer to Class C in [22].
SE	[24]	$L'_{nT,w} \leq 60$ $L'_{nT,w} \leq 56$	$L'_{nT,w} \leq 64$ $L'_{nT,w} \leq 60$	$L'_{nT,w} \leq 68$ $L'_{nT,w} \leq 64$	- (= npd)	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



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	None. Recommendation [1]: $L_{den}(indoor)^{(3)} \leq 33$ dB
FI	[20]	$L_{Aeq,07-22}(indoor) \leq 30$ $L_{Aeq,22-07}(indoor) \leq 25$	≤ 30 ≤ 25	≤ 35 ≤ 30	= npd = npd	No specific regulations. [20] applied as guideline. New guideline related to [2] is under preparation.
IS	[21]	$L_{D,Aeq,24h}(indoor) \leq 20$ $L_{D,Amax}(indoor) \leq 35$	≤ 25 ≤ 40	≤ 30 ≤ 45	≤ 35 ≤ 50	Building regulations [3] refer to Class C in [21].
NO	[22]	$L_{D,A,24h}(indoor) \leq 20$ $L_{D,AF,max,23-07}(indoor) \leq 35$	≤ 25 ≤ 40	≤ 30 ≤ 45	≤ 35 ≤ 50	Building regulations [4] refer to Class C in [22].
SE	[24]	$L_{D,A,eq}(indoor) \leq 26$ $L_{D,A,Fmax}(indoor) \leq 41$	≤ 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



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]	$L_{D,Aeq,T}$ $L_{D,Ceq,T}$	≤ 20 ≤ 40	≤ 25 ≤ 45	≤ 30 ≤ 50	≤ 35 ≤ 55	Building regulations [3] refer to Class C in [21].
NO	[22]	$L_{D,A,T}$ $L_{D,AF,max}$	≤ 20 ≤ 22	≤ 25 ≤ 27	≤ 28 ≤ 30	≤ 33 ≤ 35	Building regulations [4] refer to Class C in [22].
SE	[24]	$L_{D,A}$ $L_{D,C}$	≤ 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 (selon annexe G SIA 181)	Niveau $L_{A,T}$ (dB)	
	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

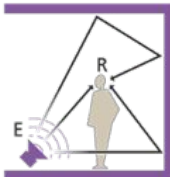
Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

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

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	≤ 0.8	= npd	No specific regulations. [20] applied as guideline. New guideline related to [2] is under preparation.
IS	[21]	T	≤ 0.5	≤ 0.6	≤ 0.8	Building regulations [3] refer to Class C in [21].
NO	[22]	T	≤ 0.4	≤ 0.6	≤ 0.8	Building regulations [4] refer to Class C in [22].
SE	[24]	T_{20}	≤ 0.5	≤ 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.

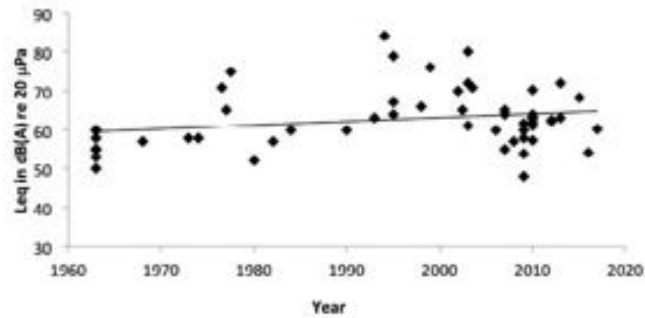


Rasmussen, Birgit (2018). A pilot study on acoustic regulations and classification for hospitals – Comparison between the Nordic countries, Proceedings of Inter-Noise 2018

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

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

2) Bruit intérieur Statistiques

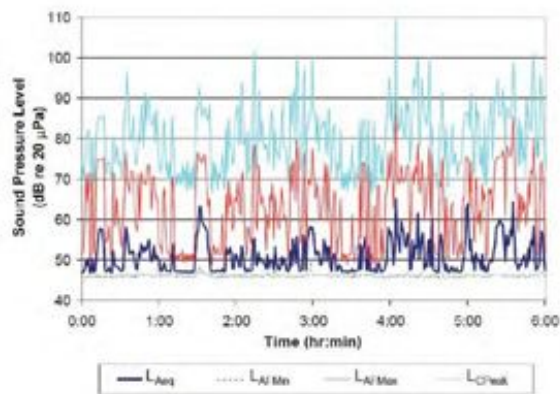


Busch-Vishniac I. (2019). Hospital Soundscapes: Characterization, Impacts, and Interventions. Acoustics Today volume 15, issue 3 2019 Acoustical Society of America.

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

ECOACOUSTIQUE

Bruit intérieur

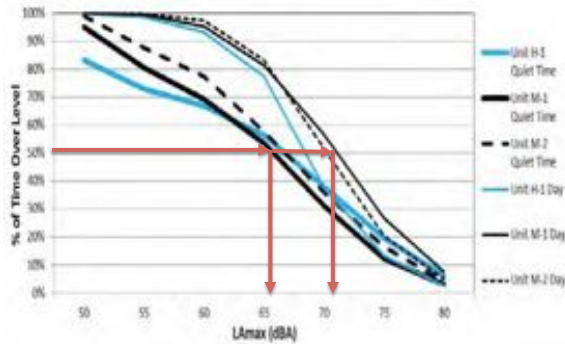


Busch-Vishniac I. (2019). Hospital Soundscapes: Characterization, Impacts, and Interventions. Acoustics Today volume 15, issue 3 2019 Acoustical Society of America.

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

ECOACOUSTIQUE

Bruit intérieur Statistiques



Dynamique du bruit sur une période de 6h

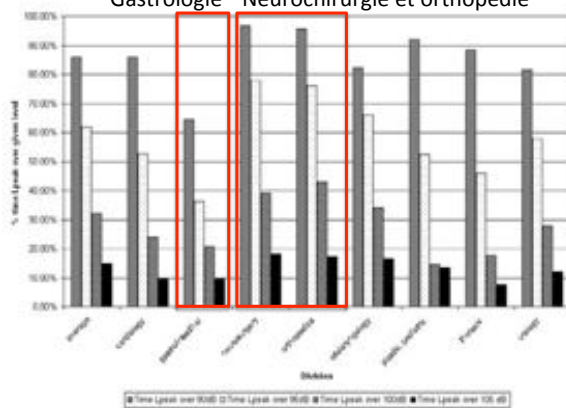
Busch-Vishniac I.(2019). Hospital Soundscapes: Characterization, Impacts, and Interventions. Acoustics Today volume 15, issue 3 2019 Acoustical Society of America.

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds



Bruit intérieur

Gastrologie Neurochirurgie et orthopédie



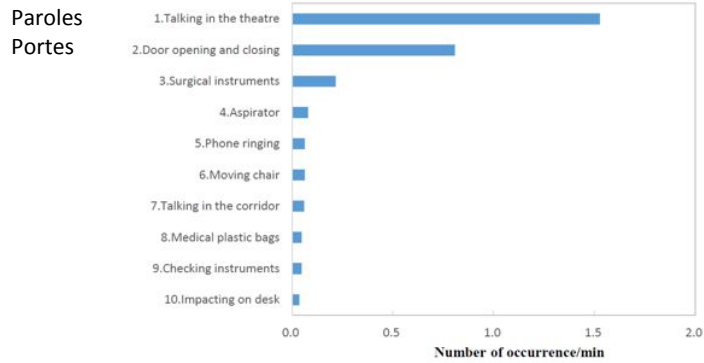
Fraction temporelle avec des niveaux dépassant Lpeak= 90, 95 et 100 dB selon les services

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

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds



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

3) Exemple Exigences IRM

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

D_i 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):

$D_i \geq 62$ 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)

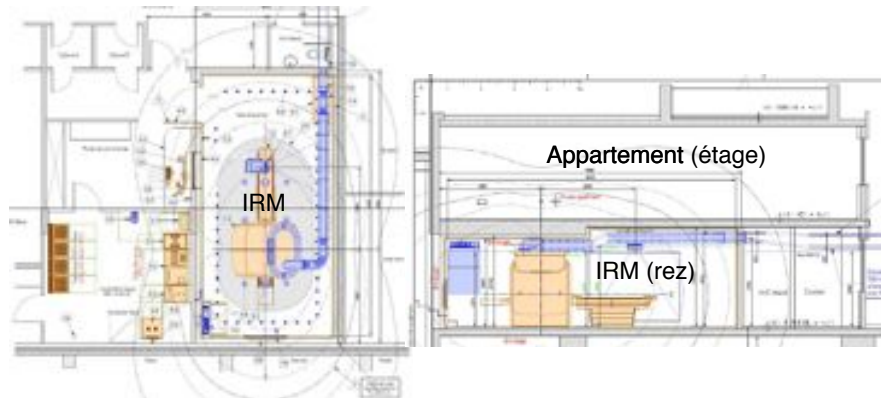
$L_H \leq 33$ dB(A)

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

ECOACOUSTIQUE

Bruit équipements techniques

Exemple IRM



Plan (rez)

Coupe (rez+ étage)

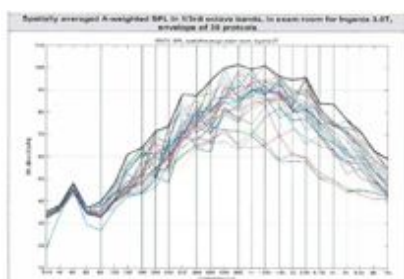
Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds



Bruit équipements techniques

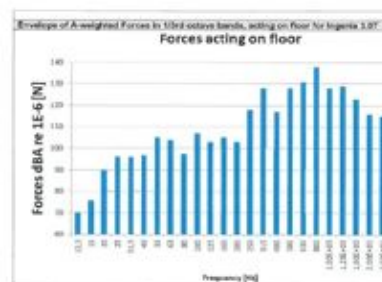
Exemple IRM - Emission

Niveau de bruit



Le niveau de bruit large bande correspondant est environ de
 $L_{max} = 107 \text{ dB(A)}$
 $L_{eq} = 97 \text{ dB(A)}$

Vibration

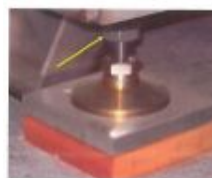
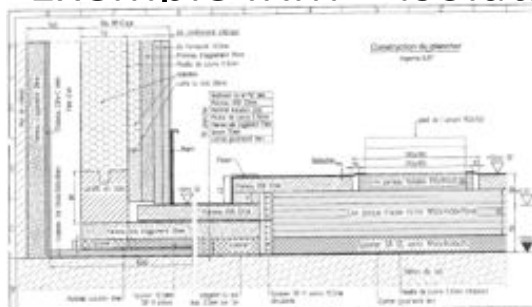


En dessous de 20 Hz les vibrations générées par l'IRM sont d'une amplitude négligeable

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds



Bruit équipements techniques Exemple IRM – Isolation vibratoire

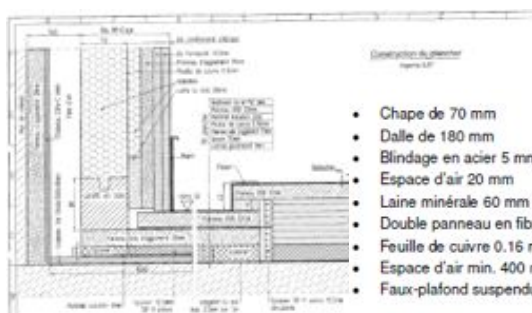


Des pads (4 appuis ponctuels souples) en élastomère (Cellasto MH 24-60, 200x200x40 mm) sont intégrés à l'IRM. Ils sont posés sur une plaque d'acier faisant office de socle, lui-même placé sur une plaque de SYLOMER SR 55 épaisseur 25 mm, disposé sur le sol en béton.

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

ECOACOUSTIQUE

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

ECOACOUSTIQUE

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

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

 ECOACOUSTIQUE

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**))

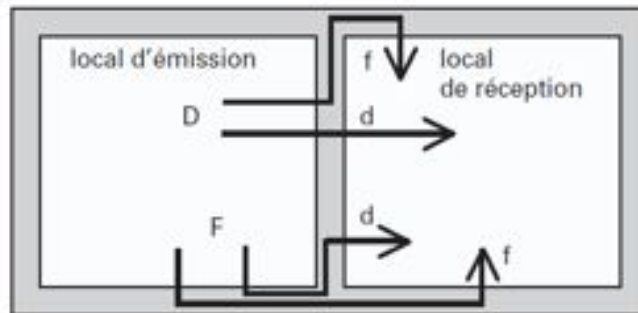
Attention aux transmissions latérales aux jonctions de ces cloisons avec les murs perpendiculaires et les façades (sur des éléments massifs (béton, plots pleins) et en aucun cas sur des montants métalliques de façades rideaux).

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

 ECOACOUSTIQUE

Isolation intérieure

Bruit aérien, transmissions latérales

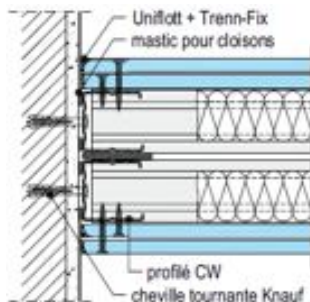


Attention aux transmissions latérales et effet téléphone (ventilation)

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds



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 Diamant	Épaisseur min. d mm		Vide D mm	h mm	Couche d'isolation Épaisseur min. mm	Profils Knauf CW dB	Valeur C
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

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds



Isolation intérieure

Bruit aérien, composition

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

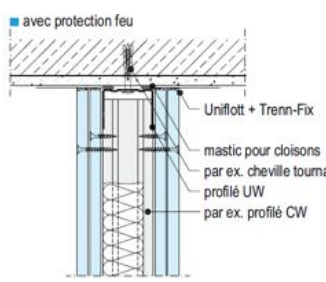
- Mur >450 kg/m² (**bon basses fréquences, gabarit 180 mm**).
- Ou cloisons légères (2x12.5 mm de plaques plâtre cartonné lourd, ossature de 75 mm avec laine minérale, 2x12.5 mm de plaques plâtre cartonné lourd (**mauvais basses fréquences, gabarit 125 mm**))

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).

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds



Cloison légère (simple ossature)



classe de résistance au feu	Parement par face de cloison			Poids env. kg/m ²	Épaisseur de cloison D mm	Profilé h mm	Isolation phonique R _w					
	Plaque Knauf KNAUF Plano	Plaque massive (GKF) Diamant Silentboard	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	125	75	60	54	-2	55	-3	
	•	•	2x 12,5	47				57	-3	58	-4	
	•	•	2x 12,5	55				61	-3	62	-4	
	•	•	12,5 + 12,5	65				63 ¹⁾	-3	63 ¹⁾	-3	
	•	•	25 + 12,5	71				67 ²⁾	-4			
	•	•	25 + 12,5	71				66	-3	67	-2	

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds



Isolation intérieure Bruit aérien, chambre VIP



Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

ECOACOUSTIQUE

Isolation intérieure Bruit aérien, chambre VIP, portes



Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

ECOACOUSTIQUE

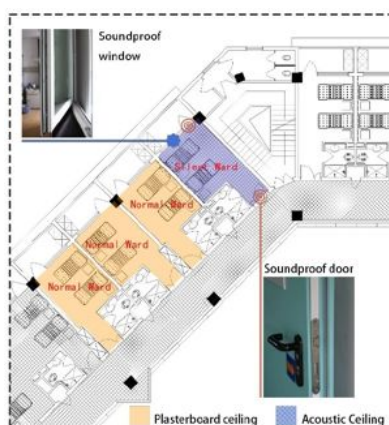
Recommandations d'isolation pour les portes

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

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

ECOACOUSTIQUE

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.

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

ECOACOUSTIQUE

Amélioration isolation intérieure Niveaux sonores

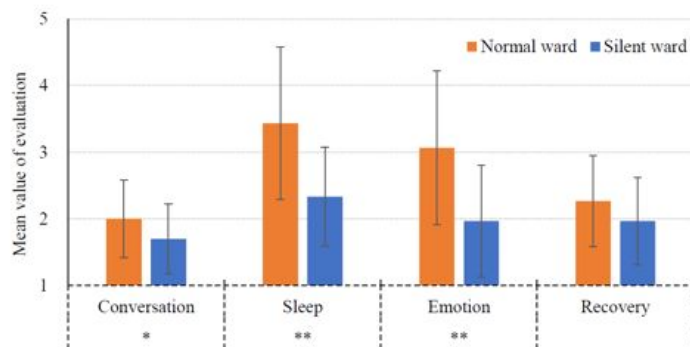
		Normal ward	Silent ward	Difference
L _{eq}	daytime	61.4±3.5	59.6±3.7	-1.8
	night-time	51.7±4.3	46.5±4.6	-5.2
L ₁₀	daytime	64.1	63.9	-0.2
	night-time	53.4	49.4	-4.0
L ₉₀	daytime	54.8	53.2	-1.6
	night-time	44.4	38.9	-5.5

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

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

Isolation intérieure

Exemple audiologie

Exigences spécifiques :

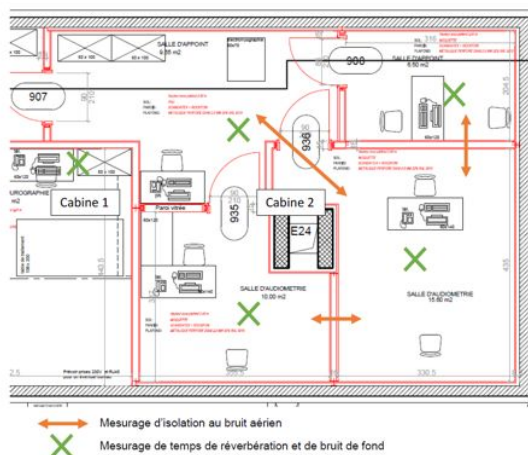
- Ordonnance du DFI concernant l'habilitation des audioprothésistes.
- Ordonnance du DFJP sur les instruments de mesure audiométrique.
- Directive à l'intention des médecins-experts ORL pour l'examen de la prise en charge d'appareils auditifs par les assurances sociales (AI et AVS).

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

ECOACOUSTIQUE

Isolation intérieure

Exemple audiologie



Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

ECOACOUSTIQUE

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

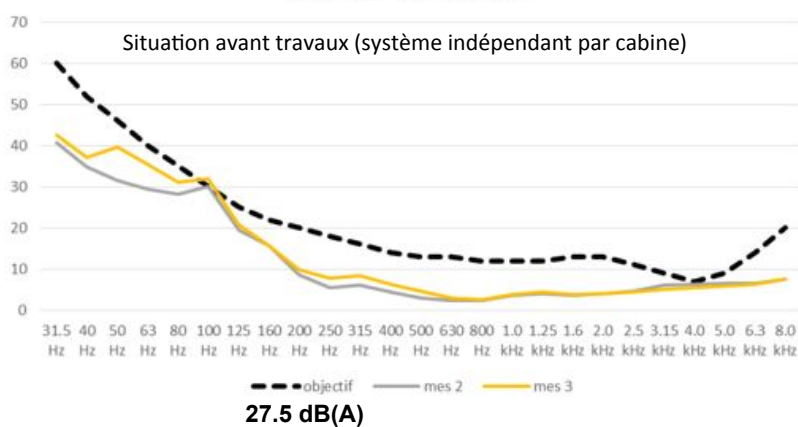
Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

ECOACOUSTIQUE

Bruit installation ventilation

Exemple audiologie (avant travaux)

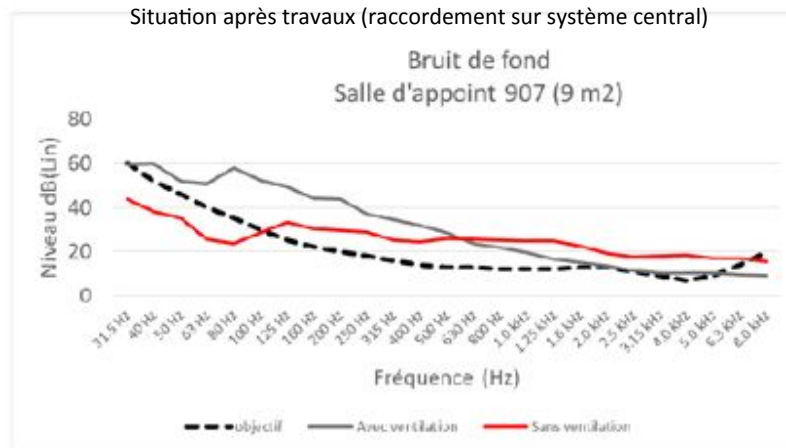
Cabine 2 - bruit de fond



Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

ECOACOUSTIQUE

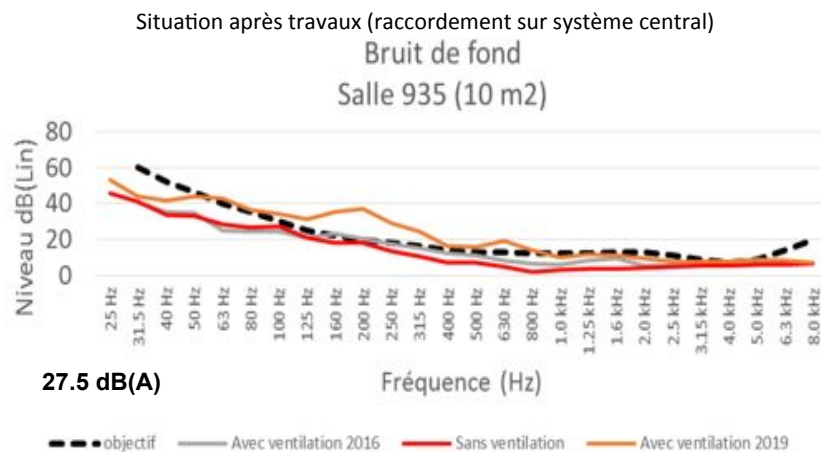
Bruit installation ventilation Exemple audiologie



Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

ECOACOUSTIQUE

Bruit installation ventilation Exemple audiologie (après travaux)



Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

ECOACOUSTIQUE

Bruit équipements techniques

Recommandations

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

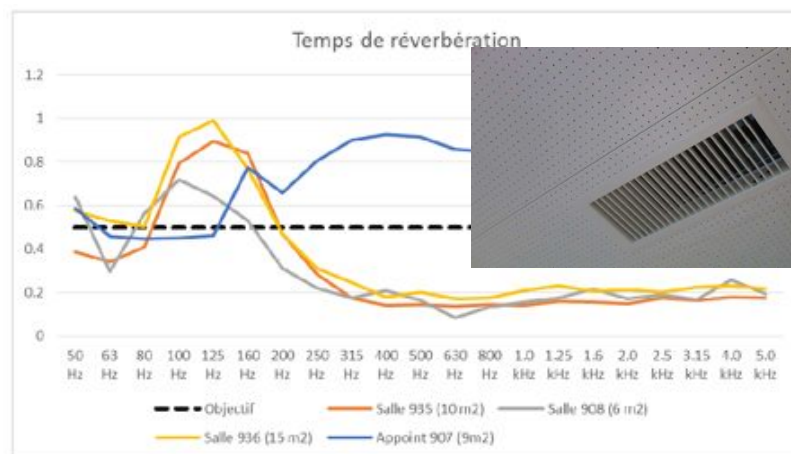
- Des silencieux primaires (avant la sortie du local technique) pour traiter les basses et moyennes fréquences émises par les ventilateurs
- De faibles vitesses d'air (rapportée à la surface nette : max. 7 m/s dans silencieux, 3 m/s dans gaines et 1.5 m/s aux diffuseurs) pour limiter la generation de 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

ECOACOUSTIQUE

Temps de réverbération

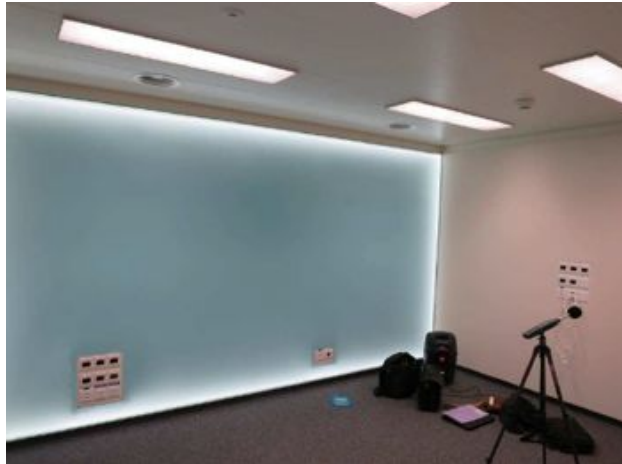
Exemple audiologie



Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

ECOACOUSTIQUE

Isolation intérieure Exemple audiologie



Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

ECOACOUSTIQUE

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

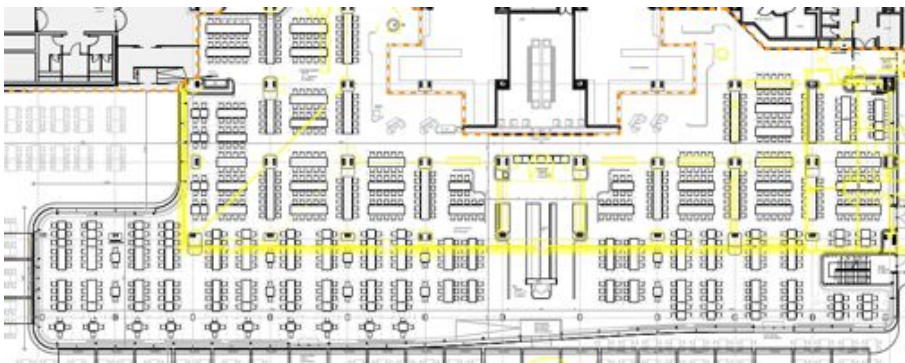
Acoustique intérieure



Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

ECOACOUSTIQUE

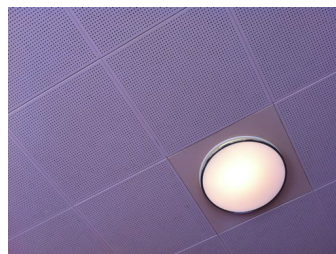
Acoustique intérieure Exemple restaurant Chuv



Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

ECOACOUSTIQUE

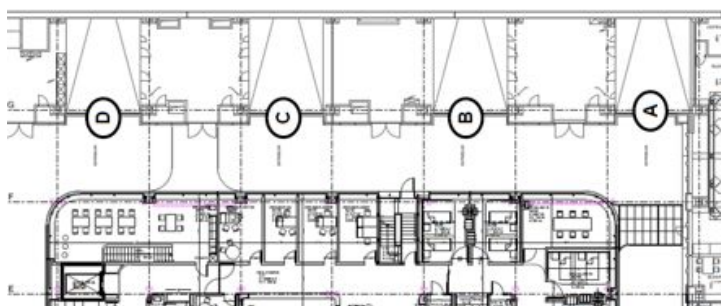
Acoustique intérieure



Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

ECOACOUSTIQUE

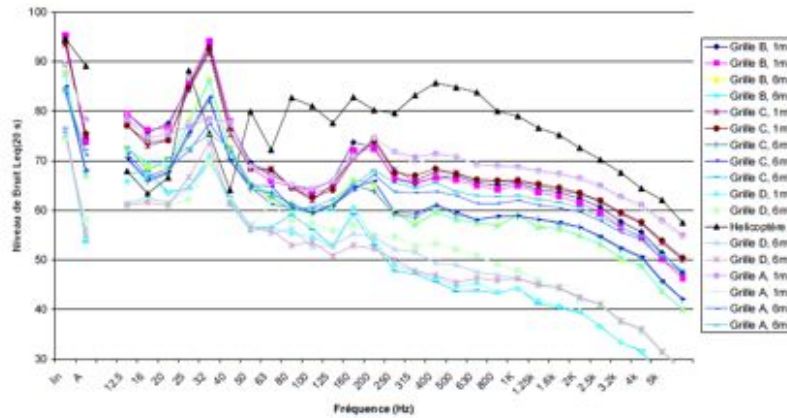
Bruit équipements techniques Ventilation (bruit extérieur)



Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

ECOACOUSTIQUE

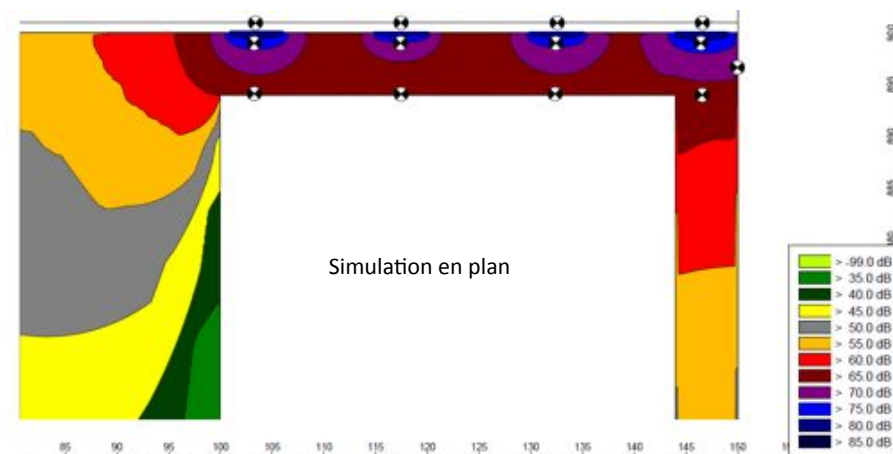
Bruit équipements techniques Ventilation (bruit extérieur)



Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

ECOACOUSTIQUE

Bruit équipements techniques Ventilation (simulations)



Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

ECOACOUSTIQUE

Bruit équipements techniques Ventilation (simulations)

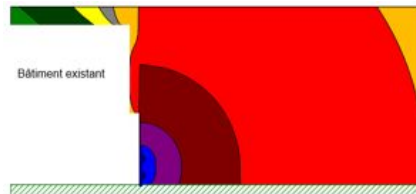


Figure 2 Répartition des niveaux sonores (en coupe) sans le bâtiment d'oncologie

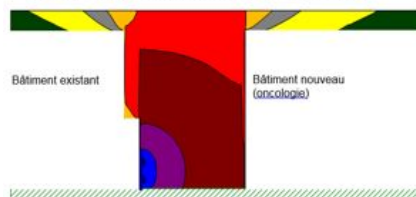


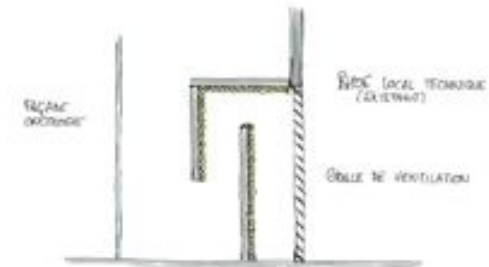
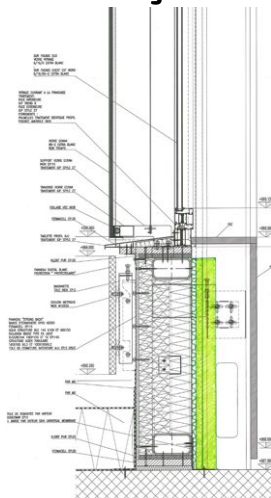
Figure 3 Répartition des niveaux sonores (en coupe) avec le bâtiment d'oncologie

Simulations en coupe

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

ECOACOUSTIQUE

Bruit équipements techniques Façade renforcée et chicane



Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

ECOACOUSTIQUE

Bruit équipements techniques

Ventilation (bruit extérieur)

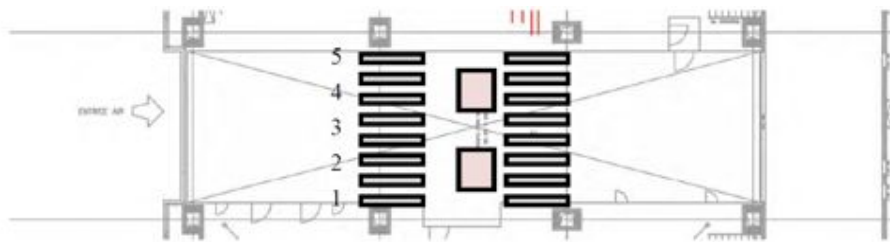


Figure 1: scheme of the ventilation duct, with indicative positions of measurement points 1-5 (grey rectangles represent vertical baffle absorbers, and the two pink squares represent the ventilation groups)

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

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

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

Ventilation

Immission (intérieur)

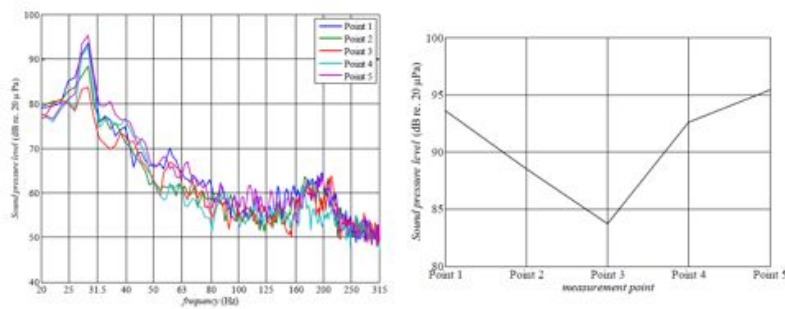


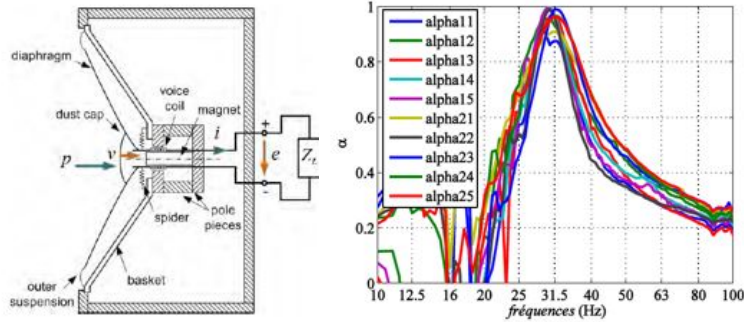
Figure 4: sound pressure levels (dB lin re. 20 μ Pa) measured inside the duct (left: narrow-band noise spectra at the different measurement positions [1-5] inside the duct; right: distribution of sound pressure levels along the line [1-5] at 29.3 Hz).

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

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

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

Ventilation (bruit extérieur) Conception contrôle actif



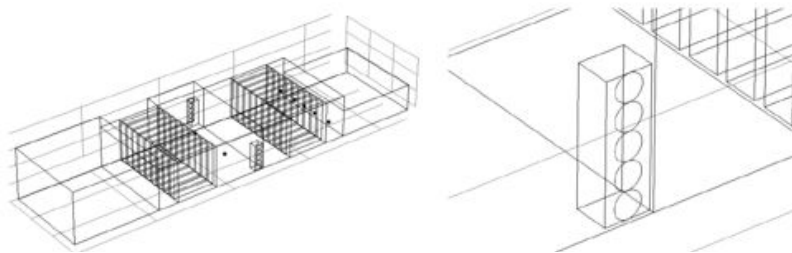
$$Z(\omega) = \frac{p}{v} = \frac{1}{S_d} \left[j\omega M_{ms} + R_{ms} + \frac{1}{j\omega C_{ms}} + \frac{\rho c^2 S_d^2}{j\omega V_b} + \frac{(Bl)^2}{R_e + j\omega L_e + Z_L} \right]$$

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

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

ECOACOUSTIQUE

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

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

ECOACOUSTIQUE

Ventilation (bruit extérieur) Simulation contrôle actif

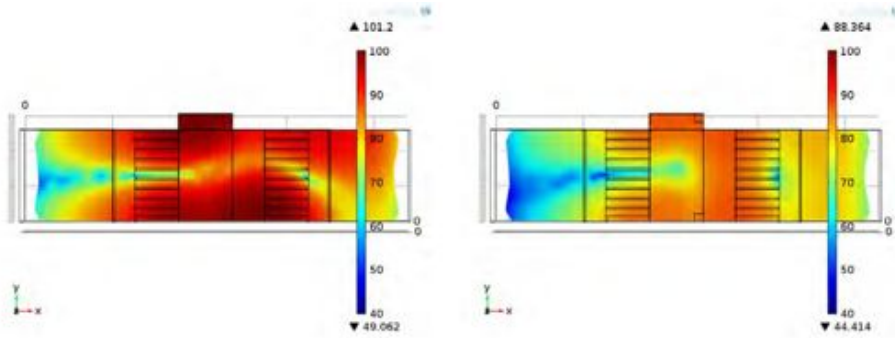


Figure 8: computed distribution of sound pressure levels in the duct at 28,56 Hz (left: without the electroacoustic absorbers; right: with two columns of 5 electroacoustic absorbers)

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

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

ECOACOUSTIQUE

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

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

Enjeux et défis acoustiques, Dr. Victor Desarnaulds

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