

Exigences et démarche pour bien concevoir l'acoustique d'un bâtiment

Dr **Victor Desarnaulds**

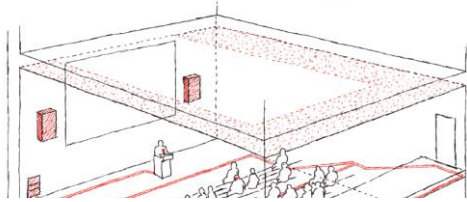
EcoAcoustique SA
24, av. de l'Université, 1005 Lausanne,
desarnaulds@ecoacoustique.ch

Introduction - Directive

Sommaire

La construction adaptée aux malentendants et sourds

Exigences architecturales et techniques

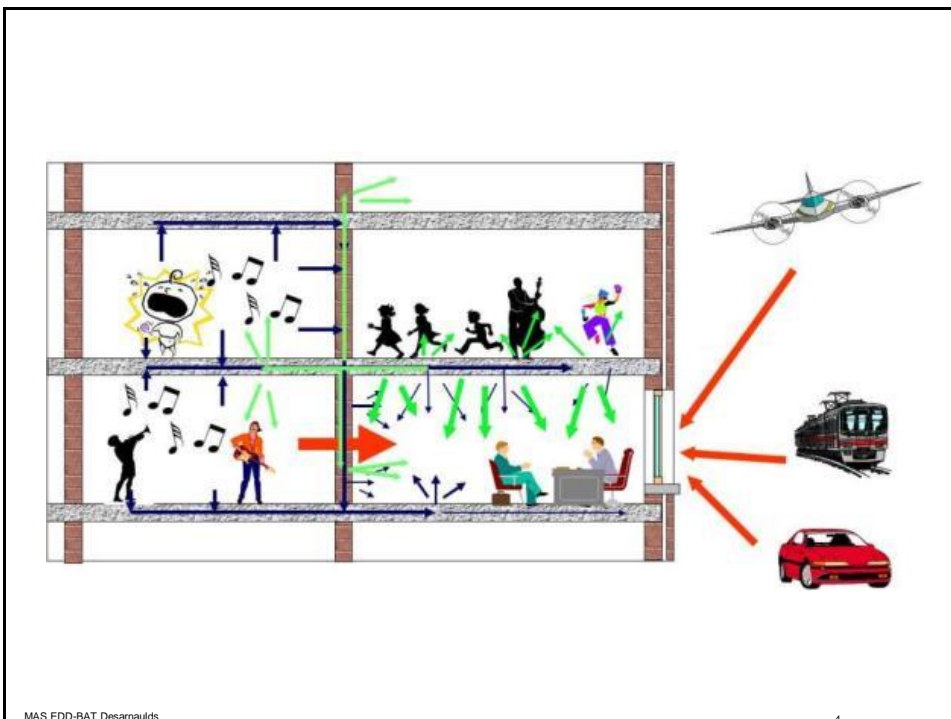


8	Acoustique	16
8.1	Acoustique du bâtiment	16
8.2	Acoustique des salles	16
8.2.1	Temps de réverbération	17
8.2.2	Apport de son direct	17
8.2.3	Réflexions du son	17
8.2.4	Bruits perturbateurs	18
8.3	Conception et réalisation	18

Introduction	5	Installations de sonorisation	19	
Généralités et principes	7	9.1	Utilisation d'installations de sonorisation pour la parole 19	
1	Exigences légales, norme SIA 500, conseils spécialisés	7	9.2	Exigences pour les installations de sonorisation destinées à la parole 19
1.1	Base légale 7	9.3	Conception et réalisation 20	
1.2	Domaine d'application de la Hland 7	10	Installations d'écoute dans les locaux, destinées aux porteurs d'appareils auditifs ou d'implants	20
1.3	Droit de recours 7	10.1	Principe et nature de conceptions et de réalisations 20	
1.4	Norme SIA 500 Constructions sans obstacles 7	10.2	Mode de fonctionnement et exigences 20	
1.5	Conseils spécialisés 8	10.3	Transmission induite (TI) 21	
2	Domaine d'application des directives	10.4	Transmission infrasonore (IR) 23	
2.1	Local 8	10.5	Transmission par radio (RM) 23	
2.2	Espaces extérieurs 8	11	Installations de communication	25
2.3	Installations de transport public 8	11.1	Interphones 25	
3	Termes et explications	11.2	Installations d'appel portes, interphones de portes et sonnettes 25	
3.1	Handicap auditif 9	11.3	Systèmes d'information acoustique 26	
3.2	Effets sur les personnes concernées 10	11.4	Cabines téléphoniques publiques 26	
3.3	Intelligibilité de la parole 10	12	Sécurité et alarmes	27
3.4	Systèmes auditifs personnalisés 10	12.1	Alarmes 27	
3.5	Appareils auditifs 10	12.2	Interphones pour appels d'urgence 27	
3.6	Implants 11	Annexe	28	
3.7	Règle Anchoed Hearing Aid (BAHA) 11	A1	Caractéristiques des installations d'écoute pour porteurs d'appareils auditifs et d'implants 28	
3.8	Installations d'écoute dans des locaux, destinées aux porteurs d'appareils auditifs / d'implants 11	A2	Adresses de centres d'information pour la construction sans obstacles dans les cantons 30	
4	Principe des deux sens	A3	Adresses de centres d'information pour la construction sans obstacles dans les cantons 30	
4.1	Modèle de transmission acoustique de l'information 12	A4	Adresses de spécialistes en acoustique 30	
4.2	Modèle de transmission visuelle de l'information 12	A5	Autres informations sur ce thème 30	
5	Espaces extérieurs	A6	Liste, normes et directives 31	
5.1	Constructions et installations couvertes 13			
5.2	Espaces de circulation 13			
6	Local et équipements			
6.1	Exigences générales pour les locaux 13			
6.2	Local pour des manifestations 13			
6.3	Garages pour la clientèle 14			
6.4	Ascenseurs 14			
7	Lumière et éclairage			
7.1	Lumière du jour 15			
7.2	Lumière artificielle 15			
7.3	Lumière dans les locaux pour manifestations 15			
8	Acoustique			
8.1	Acoustique du bâtiment 16			
8.2	Acoustique des salles 16			
8.2.1	Temps de réverbération 17			
8.2.2	Apport de son direct 17			
8.2.3	Réflexions du son 17			
8.2.4	Bruits perturbateurs 18			
8.3	Conception et réalisation 18			

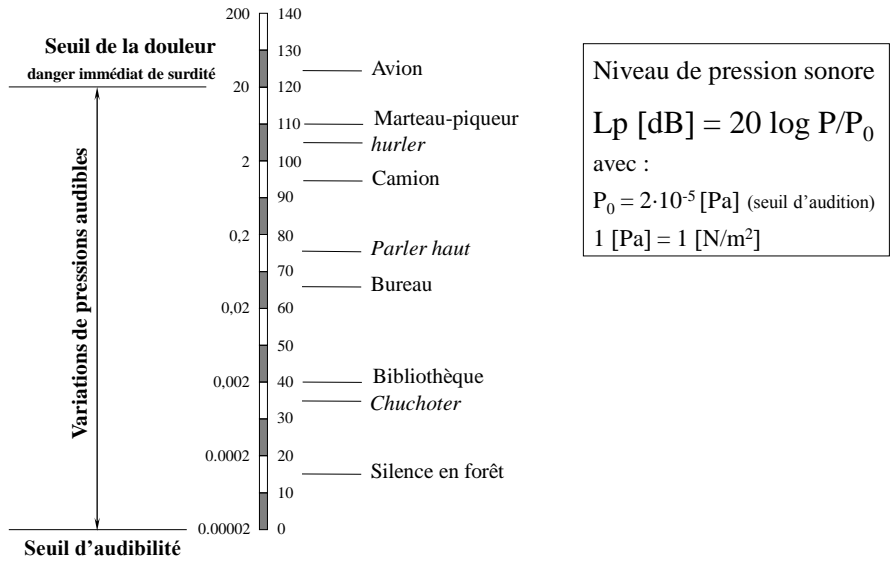
Organisation de la présentation

1. Principes de base
2. Isolation acoustique dans le bâtiment
3. Norme SIA181
4. Acoustique des salles



PRESSION SONORE ET NIVEAU DE BRUIT MESURABLE

Pression sonore **P [Pa]** **Lp [dB]** Niveau de pression sonore

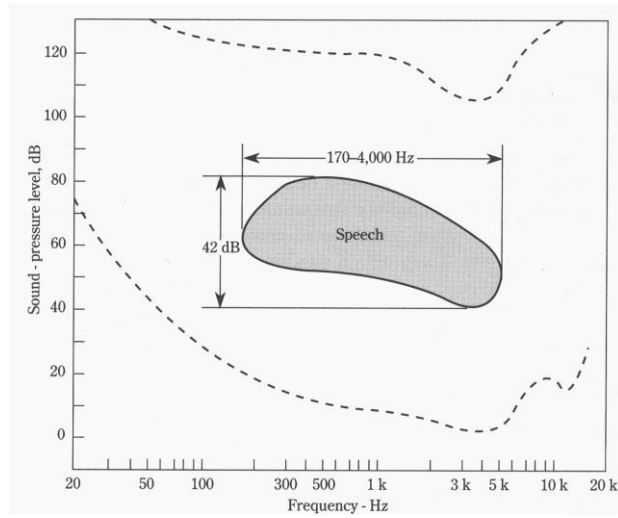


Addition de décibels

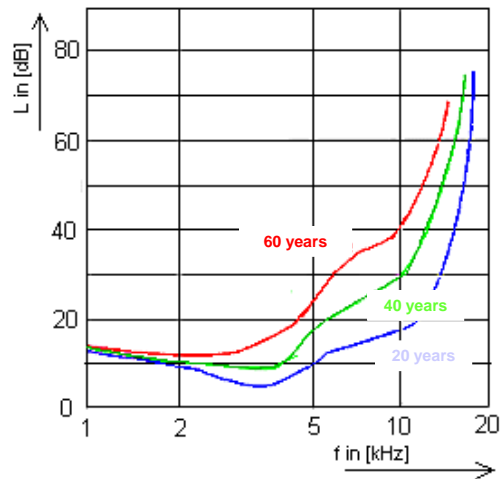
0 dB + 0 dB = 3 dB
 x dB + x dB = x + 3 dB

Différence entre deux niveaux de dB	dB à ajouter à un niveau plus haut
0 ou 1	3
2 à 4	2
5 à 9	1
10 ou plus	0

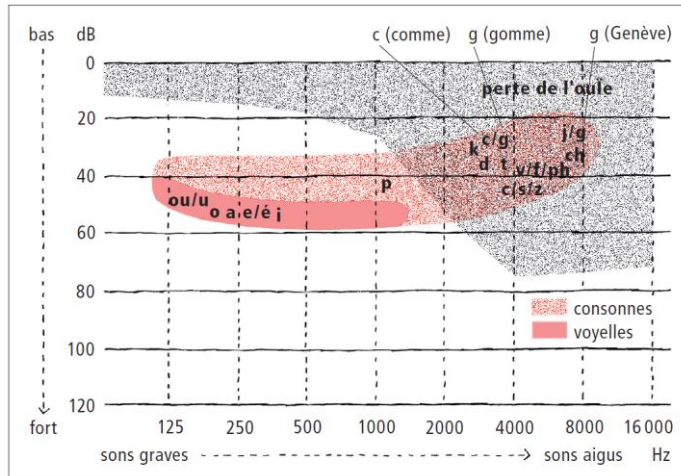
Parole



L'audition dépend de l'âge (presbyacousie)



Parole

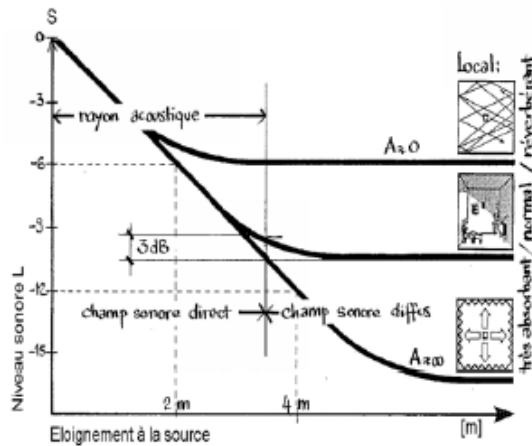


La construction adaptée aux malentendants et sourds

Propagation des sons dans l'espace

- Les sons proviennent d'un lieu d'émission (source du son)
- Ils se propagent dans l'espace dans toutes les directions.
- Et sont perçus en différents points de réception ou (immission).

Evolution du niveau sonore dans un local et notion de champ sonore diffus



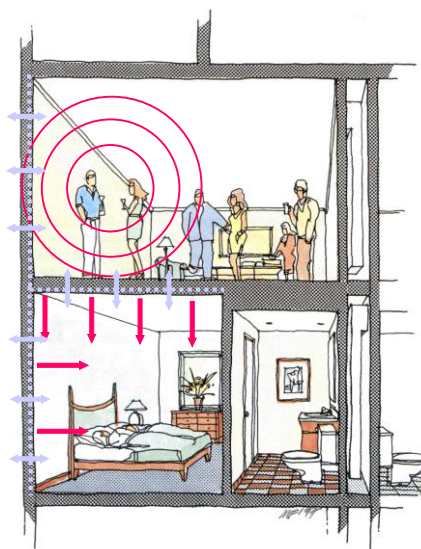
Isolation acoustique dans le bâtiment

- 1) Isolation contre les bruits aériens
- 2) Isolation contre les bruits de chocs
- 3) Isolation contre le bruit des installations techniques

Isolation aux sons aériens

- Les sons aériens sont tous les sons émis directement dans l'air (voix, enceintes acoustiques, etc.).
- Ils se propagent au travers de la structure du bâtiment et sont perçus dans l'air des locaux voisins.
- L'isolation aux sons aériens correspond donc à la différence des niveaux sonores entre un local d'émission et un local de réception.
- Plus l'indice est élevé plus l'isolation est bonne.

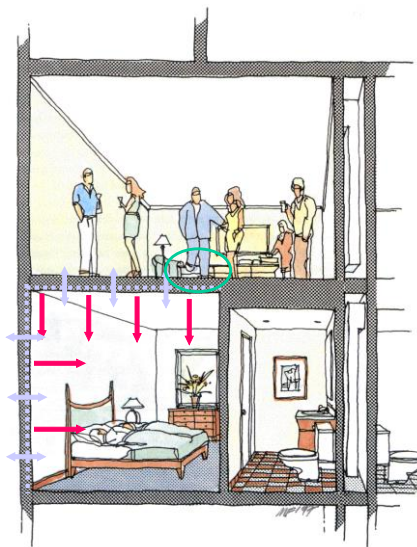
Transmission par voie aérienne



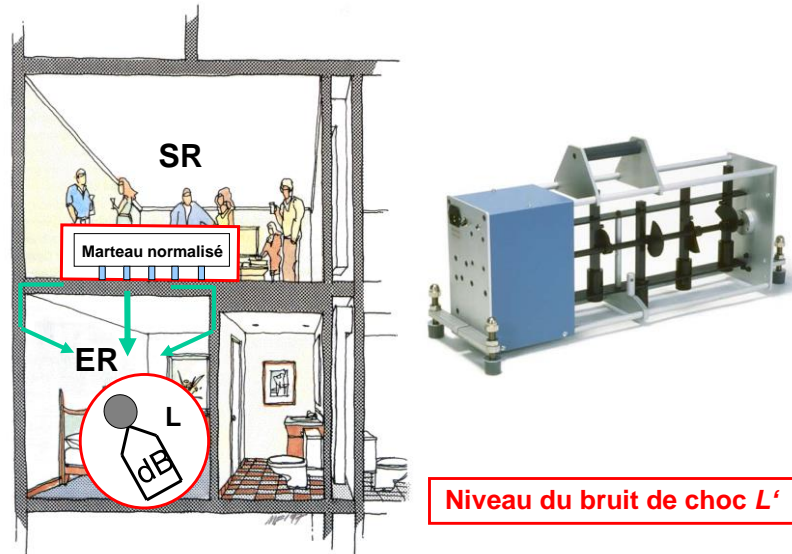
Isolement d'un élément simple couche

- L'affaiblissement acoustique d'un élément simple couche dépend principalement de la masse surfacique globale, de l'étanchéité à l'air, des transmissions latérales
- L'isolement acoustique peut être améliorée par l'utilisation d'un mur double (système masse-ressort-masse)

Transmission du bruit de choc



Transmission du bruit de choc: Principe du mesurage en laboratoire (EN ISO 140)



Isolement contre les bruits de chocs

- Les vibrations issues de chocs se propagent directement dans la matière, se transmettent à tous les éléments rigidement liés et se communiquent ensuite à l'air par rayonnement des surfaces en vibrations.
- Pour isoler contre les bruits de chocs, il faut donc :
 - amortir le plus possible les chocs directement sous l'impact (revêtements élastiques et souples, roues en caoutchouc, etc.),
 - désolidariser autant que possible les éléments directement soumis aux chocs ou vibrations de la structure du bâtiment (silent-blocs, sols flottants, etc.),
 - utiliser des matériaux rayonnants le moins possible dans les fréquences centrales (lourds et/ou amortis),
 - désolidariser de la structure en vibration tous les éléments risquant de rayonner (doublages, plafonds, cloisons légères, etc.).

Isolation des installations techniques

- Les installations techniques génèrent aussi bien des sons aériens que des sons solidiens.
- Ils se propagent donc dans l'air et au travers de la structure du bâtiment jusque dans l'air des locaux voisins.
- L'isolation des installations techniques est déterminée en fonction du niveau de bruit produit par ces installations et perçu dans un local de réception.
- Plus la mesure est basse, plus l'isolation est bonne.

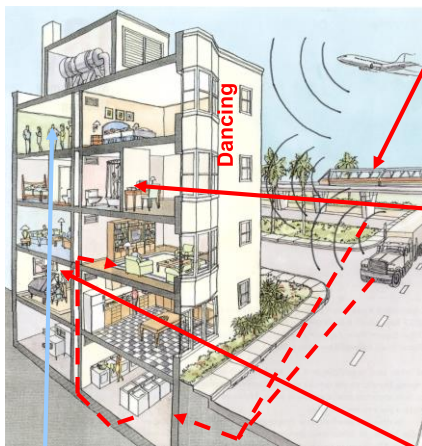
Isolement des bruits des installations techniques

- Pour les sons aériens :
 - choisir un modèle peu bruyant
 - envisager un capot isolant sur les machines bruyantes
 - renforcer l'absorption des locaux contenant des appareils bruyants
- Pour les sons solidiens :
 - monter toute machine produisant des vibrations sur des socles ou des appuis souples appropriés ayant un fort taux d'amortissement (caoutchouc, liège, etc.).
 - Désolidariser toutes les arrivées et tuyauteries fixées à ces appareils au moyen de raccords souples appropriés (boa, soufflets, etc.)

Historique norme SIA 181

- **1970** *Recommandation pour la protection contre le bruit dans la construction des habitations* (bruit aériens, chocs, installations techniques, 19 pages)
- **1976**, *Norme SIA 181 Protection contre le bruit dans la construction des habitations* (structuration détaillée, aide à la planification, 27 pages)
- **1988**, *SIA 181 Protection contre le bruit dans le bâtiment*, (OPB, sensibilité bruit et degré de nuisance, 50 p)
- **2006**, *SIA 181 Protection contre le bruit dans le bâtiment* (68 pages)

Domaines d'application des exigences



Bruits extérieurs

Bruits aériens extérieurs
Bruits solidiens (rayonnés)

Bruits intérieurs

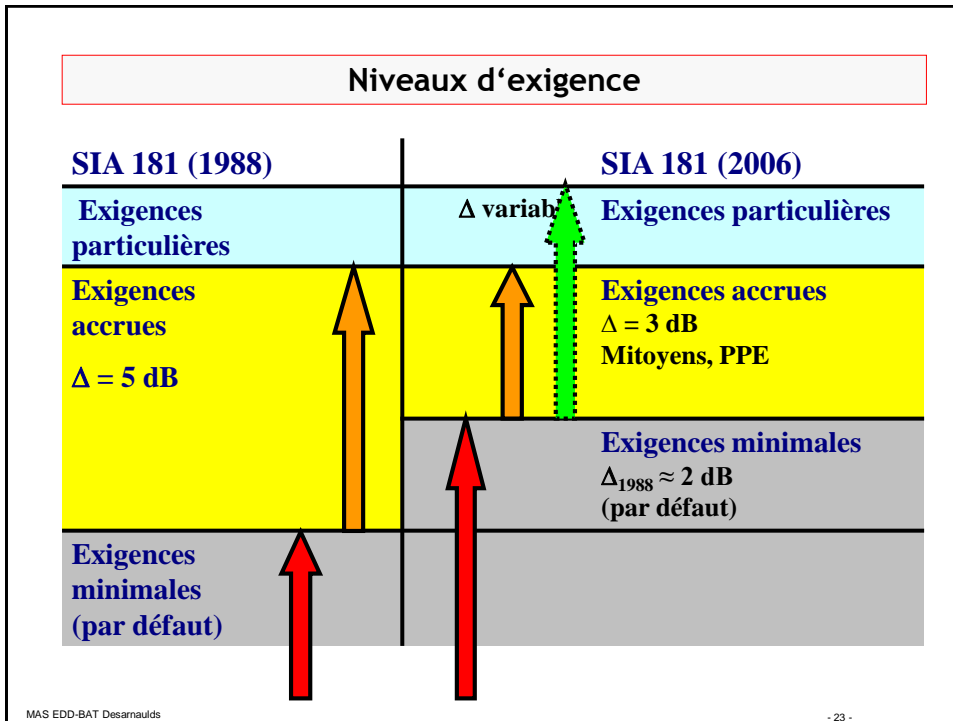
Bruits aériens
Bruits de chocs
Bruit des installations techniques des immeubles
Bruits solidiens des industries dans le bâtiment

Annexe A

Protection (nocturne) contre le bruit des établissements publics

Acoustique des salles

Locaux scolaires



Exigences de l'isolation aux bruits aériens intérieurs

Exigences minimales (accrues: +3 dB)

Degré Nuisance	Faible	Modéré	Fort*	Très fort *
Type de local (Source)*	Salle attente ou de lecture	Chambre, séjour, bureau	Salle de classe, restaurant	Fort > 19h
Sens. Au bruit	Valeurs d'exigences $D_i = DnT,w + C - CV$ (dB) *			
Faible	42	47	52	57
Moyenne	47	52	57	62
Elevée	52	57	62	67

*) Disposition particulières pour les utilisations spécifiques (annexe A)

Exigence SIA181:1988 $DnT,w \geq 52$ dB

Annexe G: Recommandations pour la protection contre le bruit à l'intérieure des unités d'utilisation

Utilisation	Local 1 ¹⁾	Local 2 ²⁾	Recommand. Br. aérien		Recommand. Br. de choc	
			Degré 1	Degré 2	Degré 1	Degré 2
Habitation	Ch. à coucher	Ch. à coucher	40	45	55	50
	Ch. à coucher	Séjour	40	45	55	50
	Ch. à coucher	Locaux sanit.	40	45	55	50
	Ch. à coucher	Pièce de travail	40	45	55	50
Bureau	Bureau	Bureau	35	40	60	55
	Bureau	Réunion	40	45	60	55
École	Classe	Classe	45	50	60	55
	Corridor	Classe	35	40	60	55
	Salle de musique	Classe	55	60	50	45
	Salle de musique	Salle de musique	55	60	50	45
Hôtel	Chambre	Chambre	50	55	55	50
	Corridor	Chambre	40	45	55	50

En comparaison entre UU différentes : entre pièces d'habitation:
Exigences minimales 52dB, exigences accrues 55dB

MAS

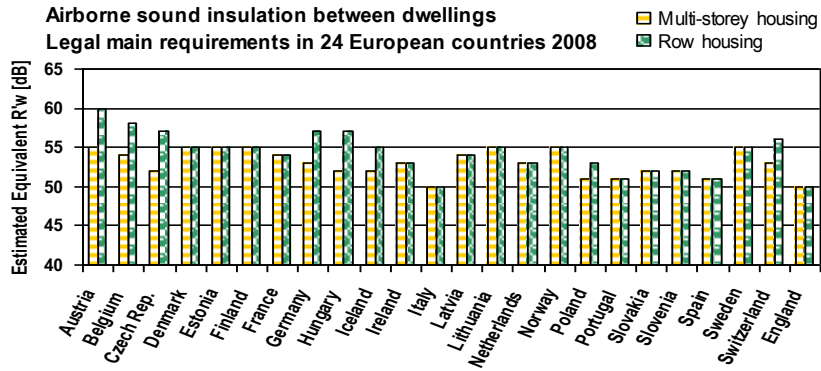
- 25 -

Intelligibilité de la parole transmise

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

Comparaison internationale

Valeurs limites – Bruit aérien



D'après Birgit Rasmussen Applied Acoustics, 2010, 71(3), 171-180

Exigences de la protection contre le bruit de choc

Exigences minimales (nouvelles constructions)

Exigences accrues : **-3 dB**

Degré de nuisance	Faible	modéré	Fort	Très fort
Type de local (émission)	Salle d'attente ou de lecture	Séjour, chambre, bureau	Restaurant, salle de gym	Fort >19 h
Sensibilité au bruit	Valeur d'exigence $L' = L'nT,w + CI + CV$ (dB)**			
Faible	63	58	53	48
Moyenne	58	53	48	43
Elevée	53	48	43	38

*) Disposition pour les balcons: Sensibilité „faible“ + 5 dB (allègement)

**) Disposition pour les transformations : + 2 dB (allègement)

Exigence SIA181:1988 $L'nT,w \leq 55$ dB

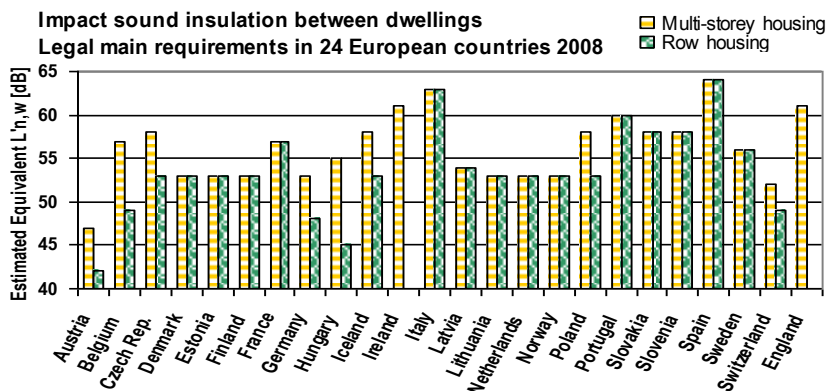
Appréciation subjective de l'isolation au bruit de choc

Niveau du bruit de choc pondéré standardisé avec adaptation spectrale et correction liée au volume L'_{tot} en dB		Marche normale avec chaussures de ville ou d'intérieur	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

MAS EDD-BAT Desarnaulds

- 29 -

Comparaison internationale Valeurs limites – Bruit de choc

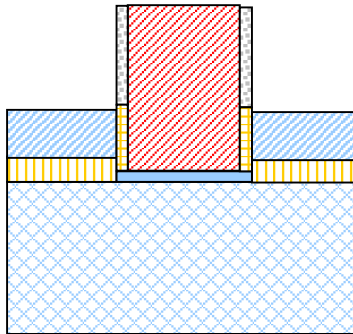


D'après Birgit Rasmussen *Applied Acoustics*, 2010, 71(3), 171-180

Mise en oeuvre

■ Isolement au bruit aérien – mur monolithique

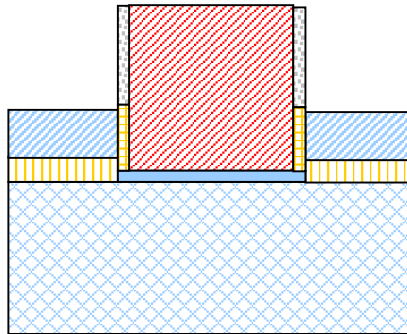
• Exigences minimales



• Béton 20 cm

• appui souple (mur < 300 kg/m²)

• Exigences accrues



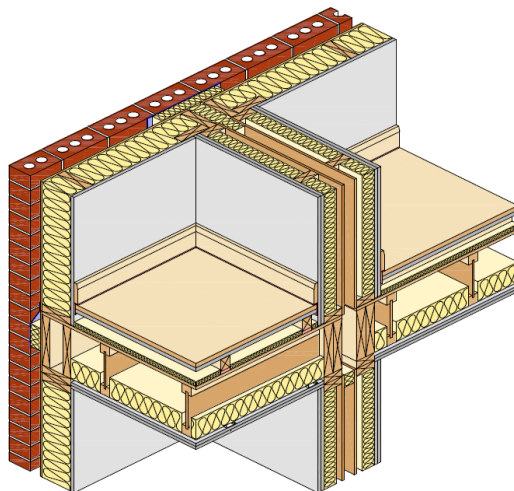
• Béton 24 cm

• appui souple (mur < 300 kg/m²)

TIMBER SEPARATING WALL & FLOOR – ISOMETRIC

WALL - $D_{nTw} (C; C_{tr}) = 62 \text{ dB} (-1; -6)$

FLOOR - $D_{nTw} (C; C_{tr}) = 63 \text{ dB} (-3; -11)$



Acoustique des salles



Normes SIA181 (§3.3
enseignement et sport)

DIN 18041 (petites et
moyennes salles)

ISO 3382 (mesurages)

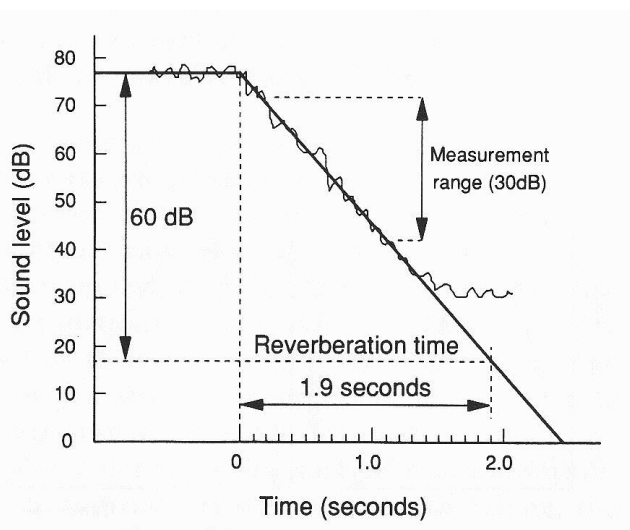
Effets d'une mauvaise acoustique

- **Conséquences pour les élèves d'une salle de classe trop réverbérante ou bruyante :**
 - Mauvaise compréhension de la parole
 - Baisse de l'attention/concentration
 - Affaiblissement de la mémoire à court terme
 - Aggravation des instabilités psychiques
 - Les enfants en difficultés souffrent particulièrement
 - Détérioration du climat social
 - l'acoustique a une influence sur les performances des élèves

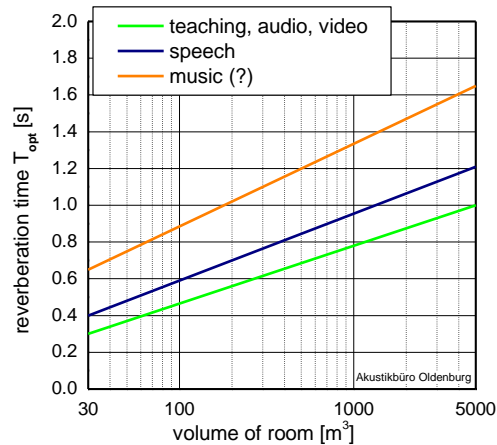
Effets d'une mauvaise acoustique

- **Conséquences pour les enseignants d'une salle trop réverbérante ou bruyante :**
 - maux de tête fréquents
 - problèmes vocaux (affections du cou),
 - fatigue, stress
 - plus fréquemment malade que leurs collègues
 - l'acoustique a également une influence sur les performances de l'enseignant

Définition du temps de réverbération

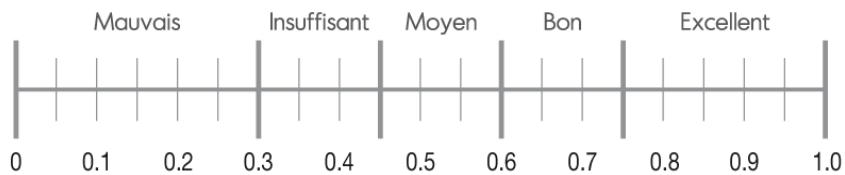


Temps de réverbération optimal (selon DIN 18041)



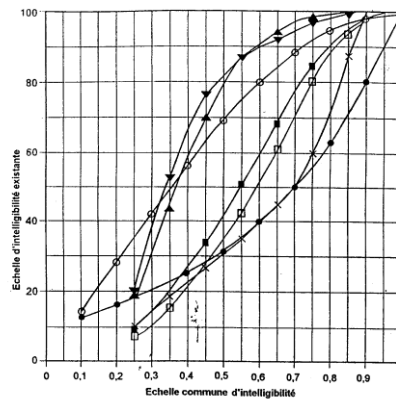
Intelligibilité de la parole: STI (EN 60268-16)

Echelle STI (Speech Translation Index)



Dans les locaux principalement destinés à la communication orale, une valeur STI de 0,60 constitue un minimum absolu et elle doit être respectée dans toutes les zones déterminantes pour la communication (estrade, zone destinée au public, etc.). On recommande de tendre à obtenir des valeurs STI proches de 0,70 dans ces zones.

Equivalence des indices d'intelligibilité (norme EN60849)



- ▼ Décompte des mots phonétiquement équilibrés (256 mots)
- ▲ Phrases courtes
- Articulation des consonnes en pour-cent (100-% d'Alcons)
- Décompte des mots phonétiquement équilibrés (1 000 mots)
- 1 000 syllabes
- × Indice d'Articulation (AI)
- Indice de transmission de la parole (STI x 100)

NOTE - Les points indiqués sur les courbes indiquent les valeurs de corrélation obtenues à partir de données publiées. Voir annexe D, référence [5].

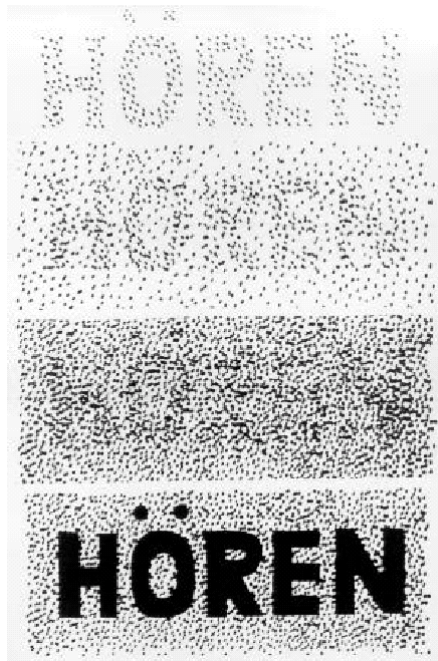
Figure B.1 - Conversion des échelles d'intelligibilité existantes dans l'échelle commune d'intelligibilité

Bonne intelligibilité de la parole

- Peu de bruit de fond (ext. et int.)
- Faible temps de réverbération
- Support avec des réflexions utiles (géométrie)

Bonne intelligibilité de la parole

- Peu de bruit de fond
- Faible temps de réverbération
- Support avec des reflexions utiles (géométrie)

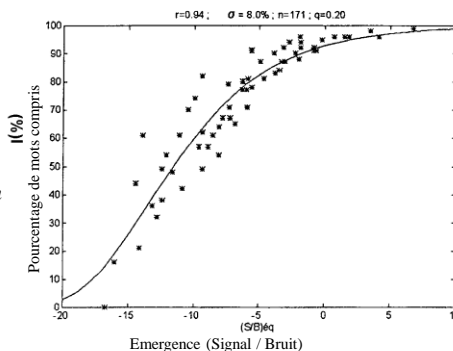


R-5007

Effet du bruit de fond

Forme empirique en « S »

$$I(\%) = 100 \cdot \left(1 - 10^{-\frac{(S/B)_{\text{eq}} + 40}{60 \cdot q}} \right)^n$$



Niveau de bruit acceptable L_{eq} in dB(A) (selon DIN 18041)

Tabelle 1 — Einsatz der Raumnutzung

Spalte	Zeile	Schalltechnische Anforderungen an Raumnutzung	Sprecher		Zuhörer	
			$L_{\text{NA, Bau}}$ dB	mittlere ^{b)} / _{c)}	größere ^{b)}	Texte
1	I (mindest)	≤ 40	+	-	-	-
2	II (mittlere)	≤ 35	+	o	o	o
3	III (hohe)	≤ 30	+	+	+	+

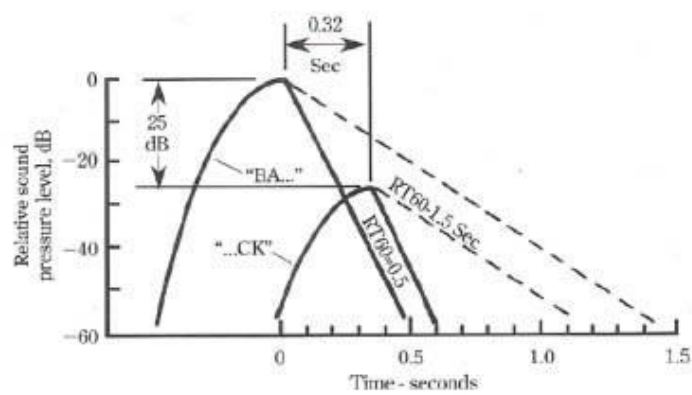
Exigences minimales ≤ 40 dB(A)
moyennes ≤ 35 dB(A)
accrues ≤ 30 dB(A)

^{a)} „+“ geeignet, „o“ bedingt geeignet, „-“ nicht geeignet
^{b)} Für eine mittlere Entfernung zwischen Sprecher und Hörer kann üblicherweise ein Abstand von 5 m bis 8 m, für größere Entfernungen > 8 m, angenommen werden.
^{c)} auch geeignet für geringere Entfernung zwischen Sprecher und Hörer bis etwa 5 m.

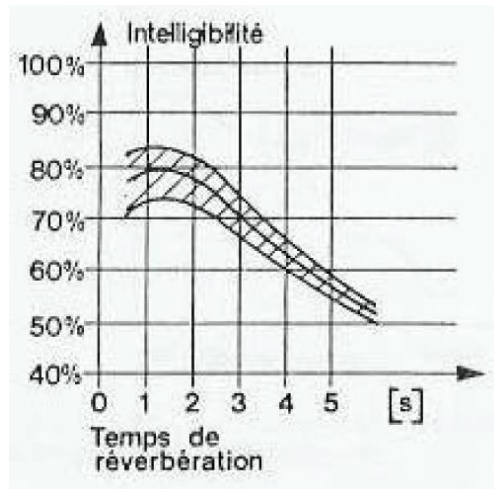
Bonne intelligibilité de la parole

- Pas de bruit
- **Faible temps de réverbération**
- Support avec des réflexions utiles (géométrie)

Intelligibilité de la parole



Intelligibilité de la parole



Intelligibilité de la parole selon réverbération et bruit de fond

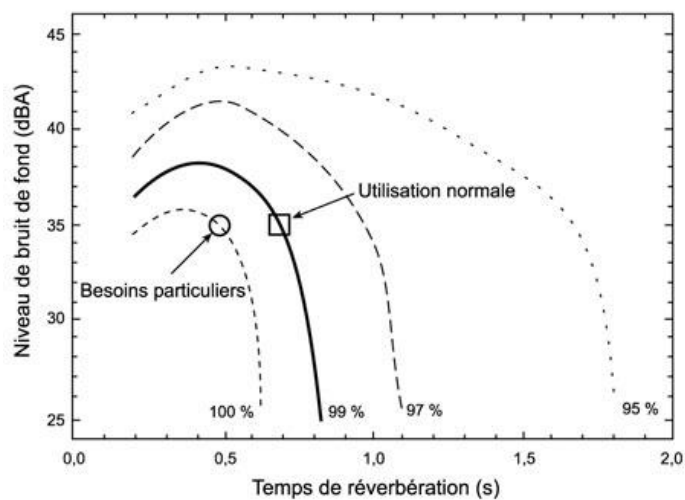
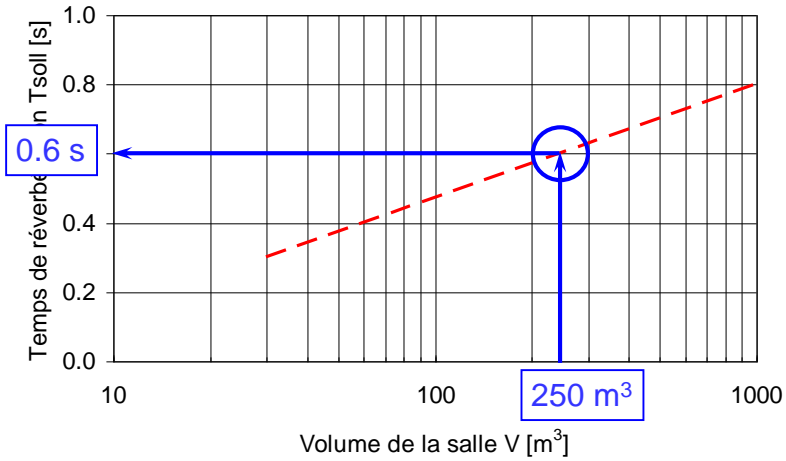


Figure 1. Contours d'intelligibilité égale pour une pièce de 300 m³ en fonction des objectifs de conception.
Tiré de J.S. Bradley, *La conception acoustique de salles destinées à la communication orale*
Solution constructive no 51, Mars 2002 <http://archive.nrc-cnrc.gc.ca/ftp/irc/sc/ctus-n51.html>

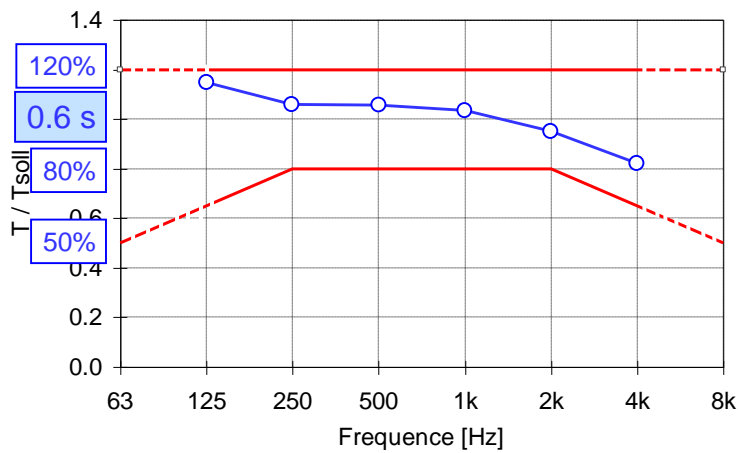
Temps de réverbération pour les locaux d'enseignement DIN 18041 / SIA 181



- 54 - MAS

R-5054

Tolérance en fréquence du temps de réverbération

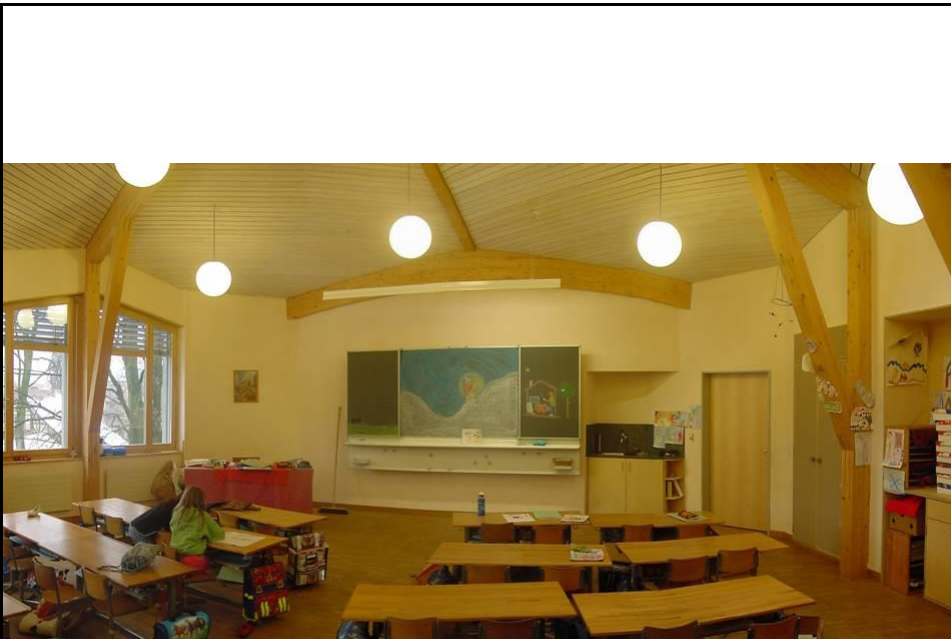
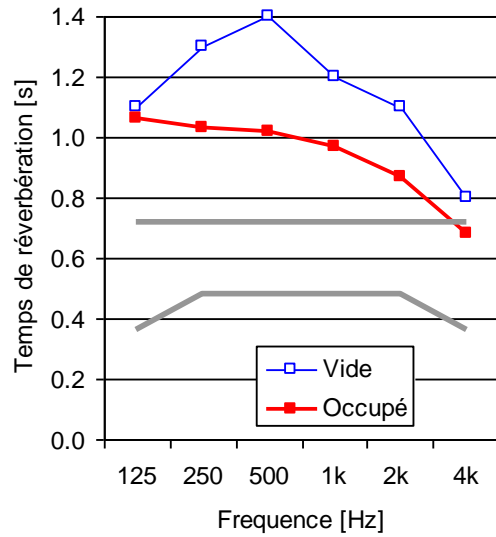


MAS EDD-BAT Desarnaulds

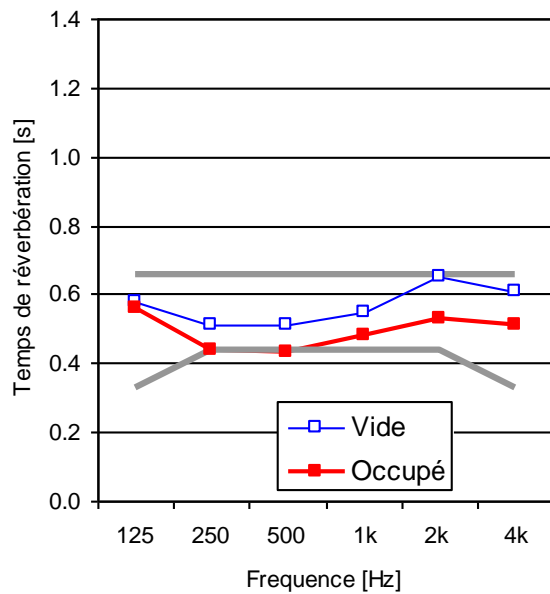
R-5055
- 55 -

Salle de classe avec un T trop long




- Sol : tapis
- Mur du fond et latéral 1 : Vitrage
- Latéral 2 : armoires et béton apparent
- Plafond et mur avant : béton



Temps de réverbération:
Salle de classe avec plafond absorbant



Exemple de temps de réverbération dans une salle de classe

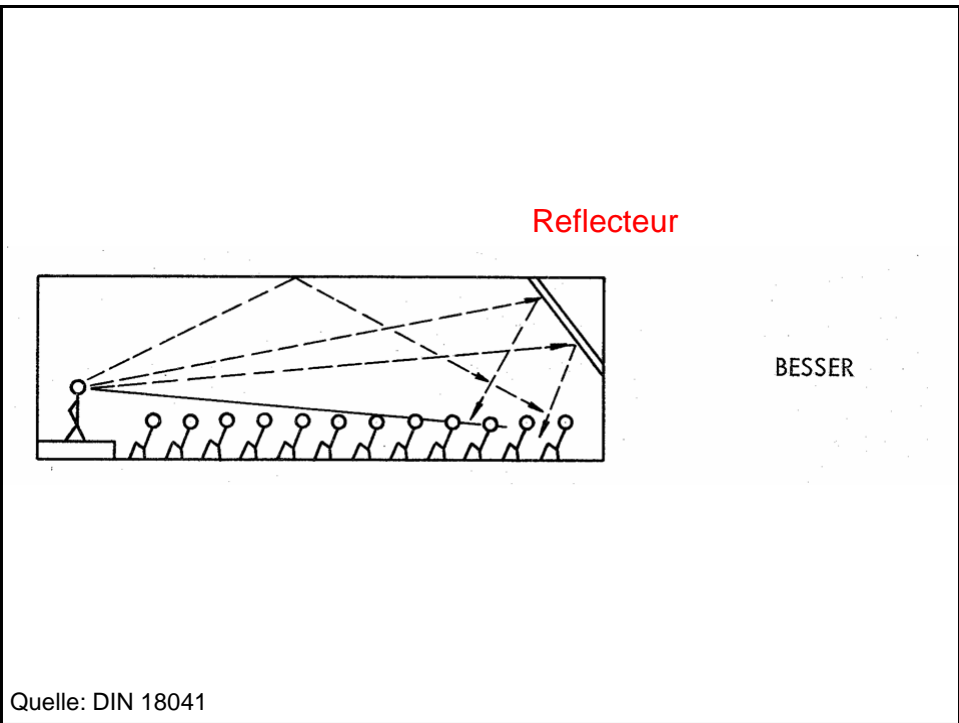
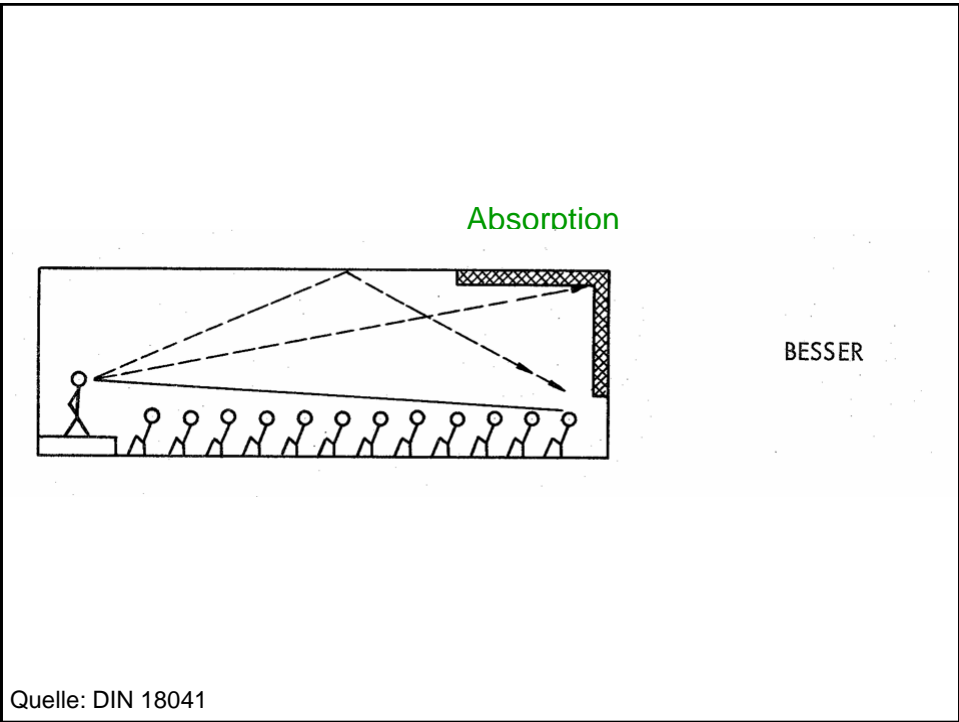
- Arrière de la salle 
Temps de réverbération = 1.5 s
- Devant la salle 
Temps de réverbération = 0.5 s
- Sans réverbération 

Bonne intelligibilité de la parole

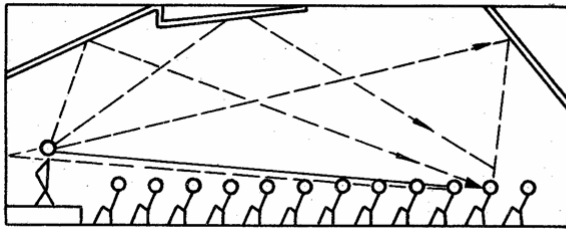
- Pas de bruit
- Faible temps de réverbération
- Support avec des réflexions utiles (géométrie)

Géométrie adaptée

- Vision directe
- Apport de réflexions précoces
- Atténuation des réflexions tardives
- Absence d'échos (francs ou flottants)
- Disposition adéquate des surfaces réfléchissantes et absorbantes



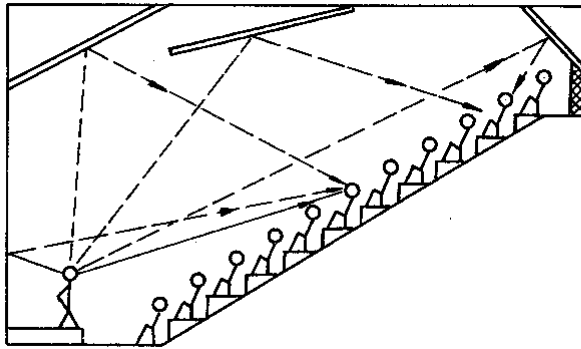
Reflecteur



GÜNSTIG

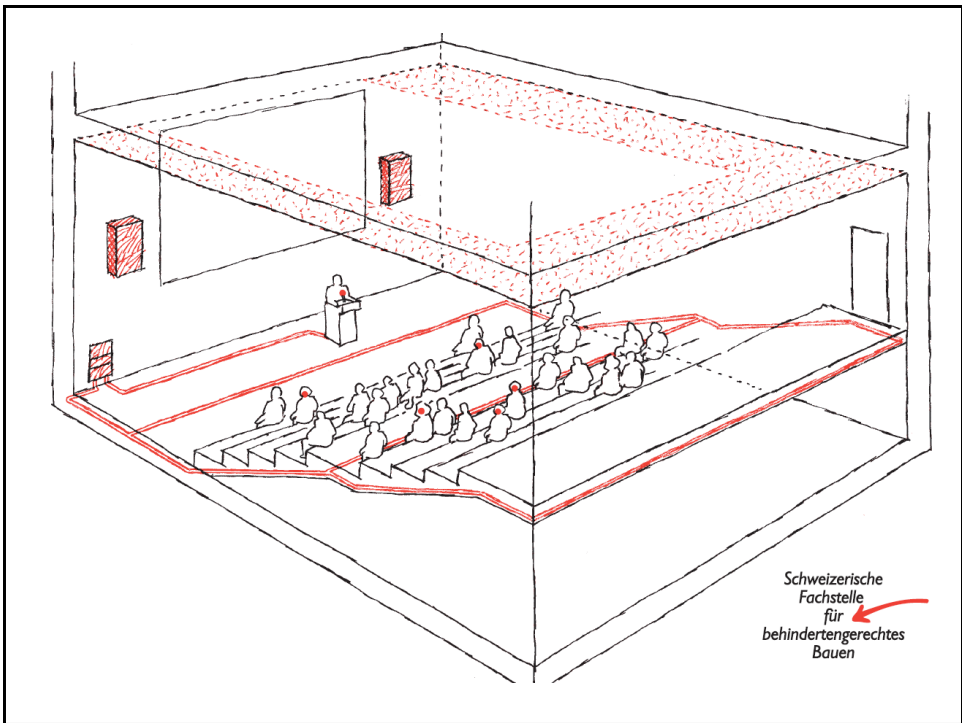
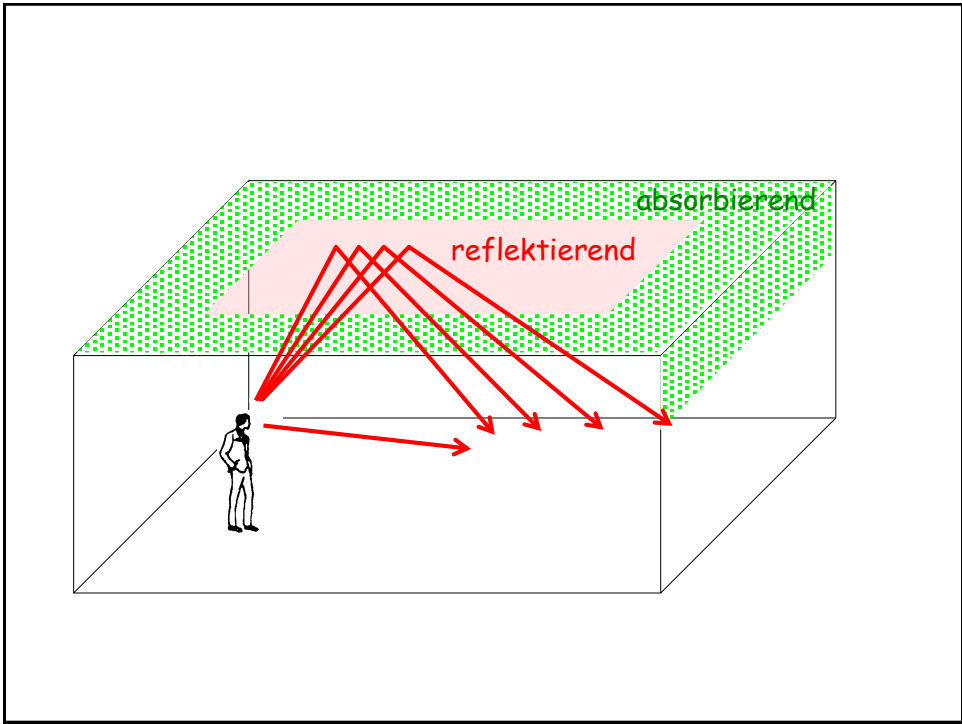
Quelle: DIN 18041

Réfecteurs



GÜNSTIGER

Quelle: DIN 18041



Sonorisation

9	Installations de sonorisation	19
9.1	Utilisation d'installations de sonorisation pour la parole	19
9.2	Exigences pour les installations de sonorisation destinées à la parole	19
9.3	Conception et réalisation	20



Swiss Acoustical Society
Société Suisse d'Acoustique
Schweizerische Gesellschaft für Akustik
Società Svizzera di Acustica
c/o Suva Akustik, Luzern

Installations de sonorisation pour la parole Recommandations pour les architectes et les Maîtres d'ouvrage

Résumé

La Société Suisse d'Acoustique SSA qui édite ces recommandations, veut ainsi soutenir les architectes et les Maîtres d'ouvrage dans l'achat ou l'assainissement d'une installation de sonorisation.

Les recommandations sont composées des parties suivantes :

1ère partie : Introduction, domaines d'application.

2e partie : Démarche pour la planification et la réalisation des installations de sonorisation. Exigences des installations de sonorisation.

3e partie : Explications générales concernant l'environnement, la conception et les éléments d'une installation de sonorisation.

4e partie : Indications techniques pour la vérification des exigences posées.

5e partie : Boucles inductives pour les personnes malentendantes.

6e partie : Annexes.

Conclusion : Bonne acoustique

- Peu de bruit (intérieur + extérieur, norme SIA181)
- Faible temps de réverbération
(matériaux absorbants pour réflexion tardives)
- Support avec des réflexions précoces
(géométrie, réflecteurs)
- Sonorisation (augmentation niveau sonore)

Merci de
votre
attention

