

CONFORT ACOUSTIQUE

forum des bibliothèques, HES-SO 2024

21 Aout 2024

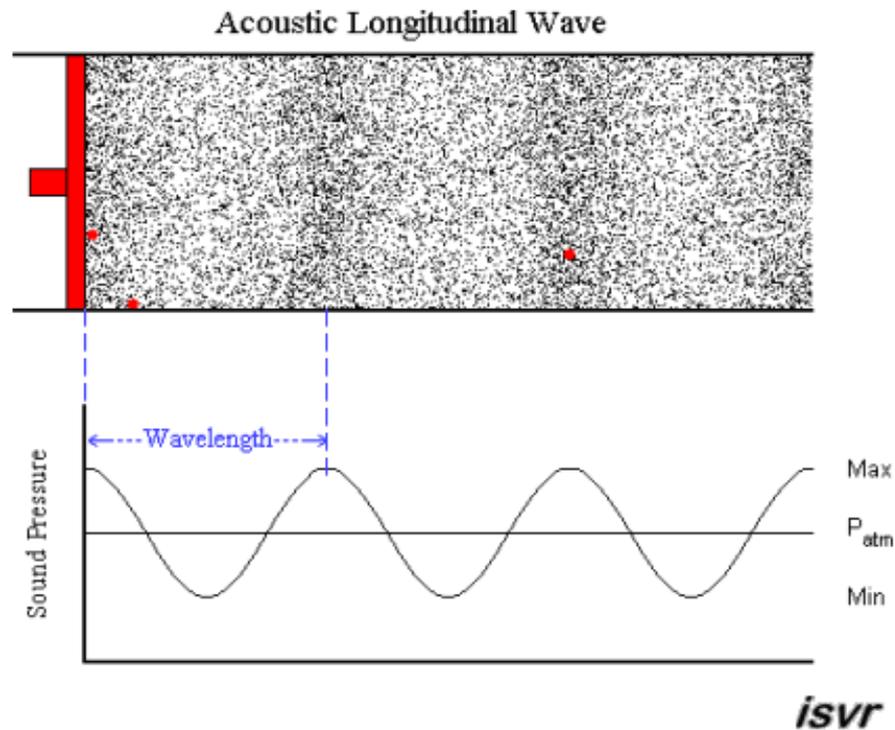
Philippe Martin

Avenue de Sévelin 28 - 1004 Lausanne

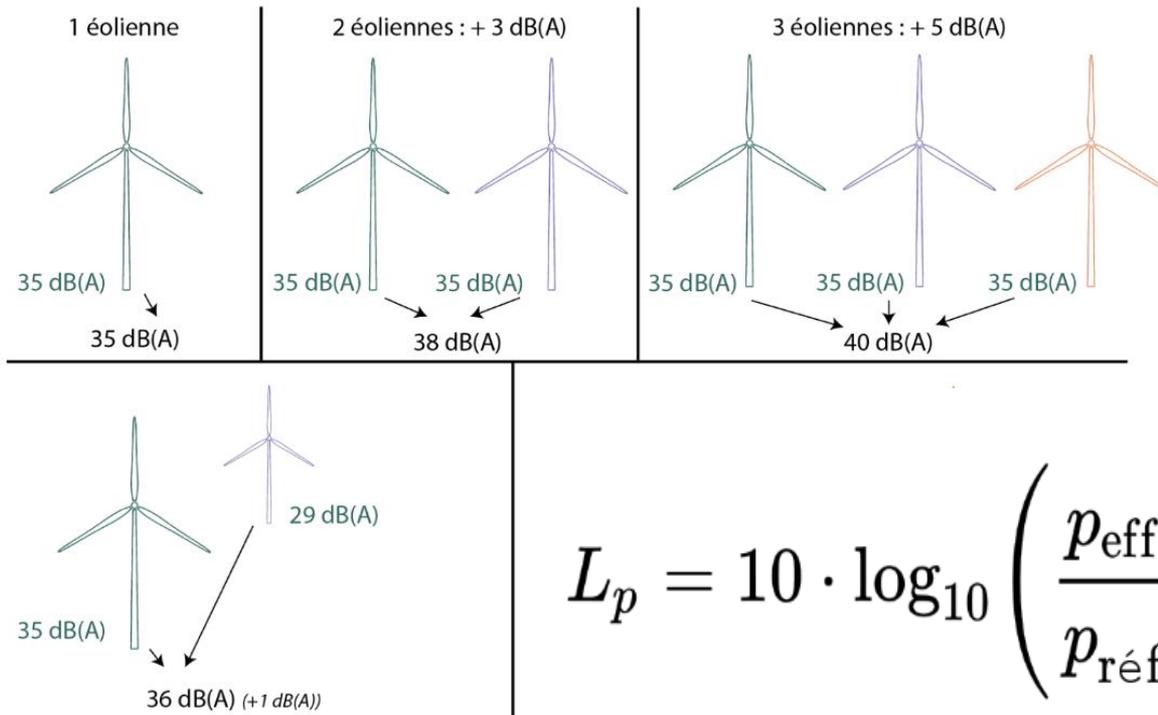
+41 21 312 34 28 - info@aer.swiss

QUEST-CE QU'UN SON ?

- ◇ Un son est un mouvement de particule dans un medium élastique (solide, liquide, gazeux)



NIVEAU DE PRESSION ACOUSTIQUE DB



$$L_p = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{p_{\text{eff}}^2}{p_{\text{réf}}^2} \right)$$

Niveau de pression



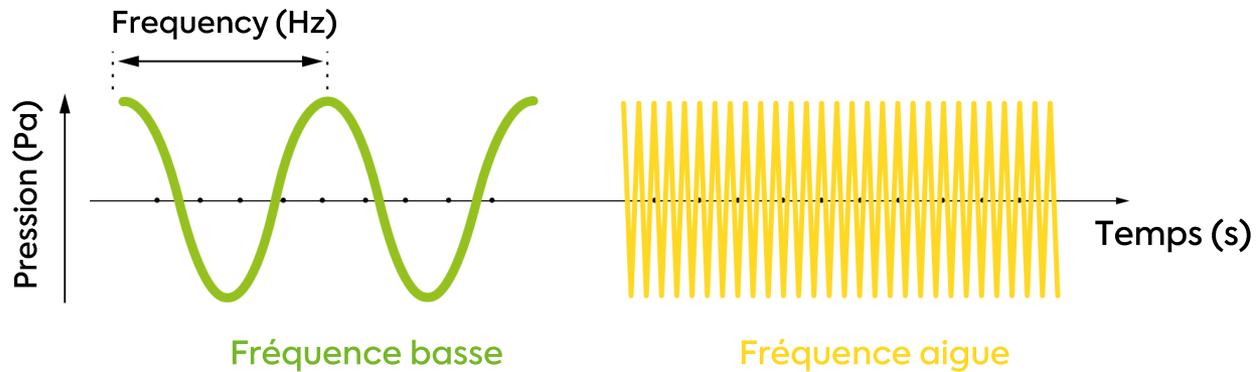
◆ Echelle logarithmique (dB)

- ◆ Seuil de l'audition : 0 dB → $2 \cdot 10^{-5}$ Pa (ie 20 μ Pa)
- ◆ Seuil de la douleur : 134 dB → 100 Pa (ie 100.000.000 μ Pa)

x 5'000'000

FRÉQUENCE

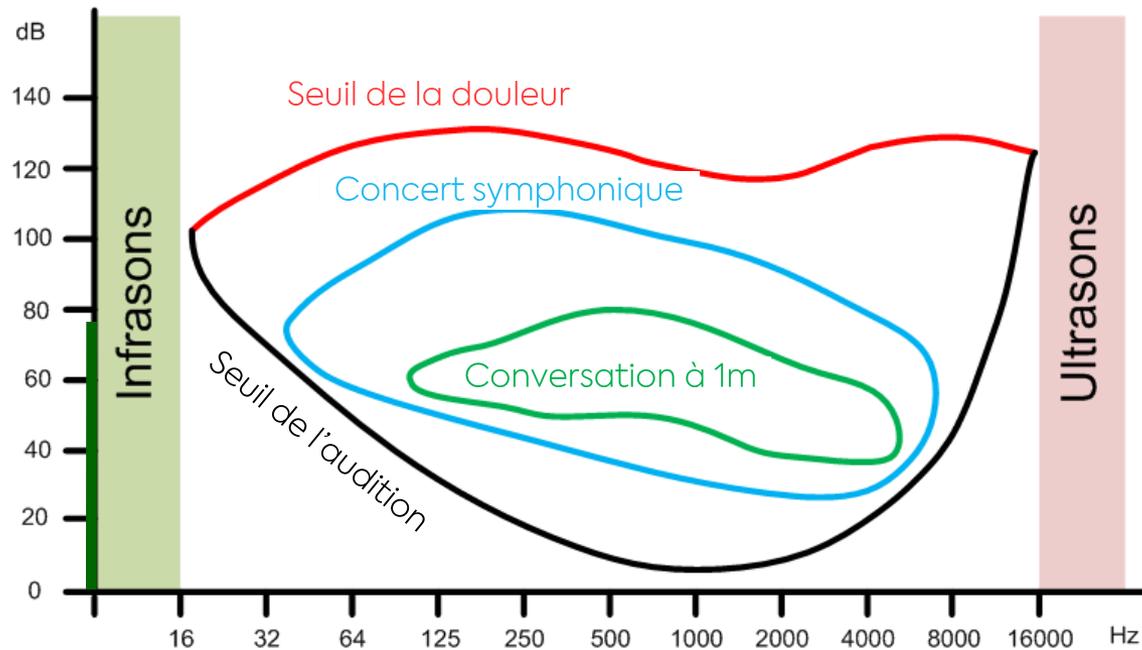
◇ Nombre de fluctuations par secondes



Inaudible	Domaine audible			Inaudible
< 20 Hz	20 to 500 Hz	500 to 2'000 Hz	2'000 to 20'kHz	> 20 kHz
Infrasons	Basses	Medium	Aigus	Ultrasons

DOMAINE FRÉQUENTIEL

- ◇ Représente le domaine fréquentiel des sons audibles



SENSIBILITÉ SPECTRALE ET TEMPORELLE

- ◇ **Un son neutre (large bande) est bien accepté**
 - ◇ Bruit de la pluie: doux, continu
- ◇ **Un son tonal est plus dérangeant**
 - ◇ Son avec un contenu fréquentiel marqué: instrument de musique, chant, voix, grincements, etc..
- ◇ **Un son avec des composantes impulsives est plus dérangeant**
 - ◇ Bruit de pas, horloge, robinet qui goutte,..
- ◇ **Le plus dérangeant: son tonal et impulsif**
 - ◇ Cloches d'église, avertisseur sonore de camion, voix intelligibles

AUTRES FACTEURS

◇ Périodes de la journée

- ◇ Travail, loisirs, repos
- ◇ Matin/après-midi/soirée/nuit

◇ Activités

- ◇ Repos



- ◇ Activités dans la sphère privées



- ◇ Activités intellectuelles



- ◇ Evènements sociaux



- ◇ Travail manuel

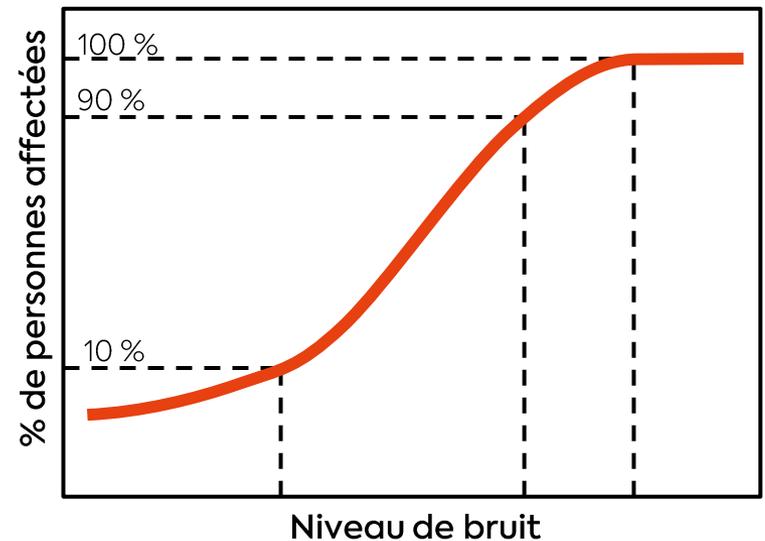


SENSIBILITÉ INDIVIDUELLE

- ◇ **Sensibilité au bruit**
 - ◇ Expérience et vécu individuel
- ◇ **Fatigue, stress, état émotionnel**
 - ◇ La tolérance baisse avec la fatigue
- ◇ **Âge**
 - ◇ Le bruit est mieux accepté lorsque l'on est plus jeune
- ◇ **Goûts musicaux**
 - ◇ La musique des autres, c'est du bruit
- ◇ **Niveaux de contrôle**
 - ◇ Un bruit est mieux perçu si l'on a un certain contrôle sur lui

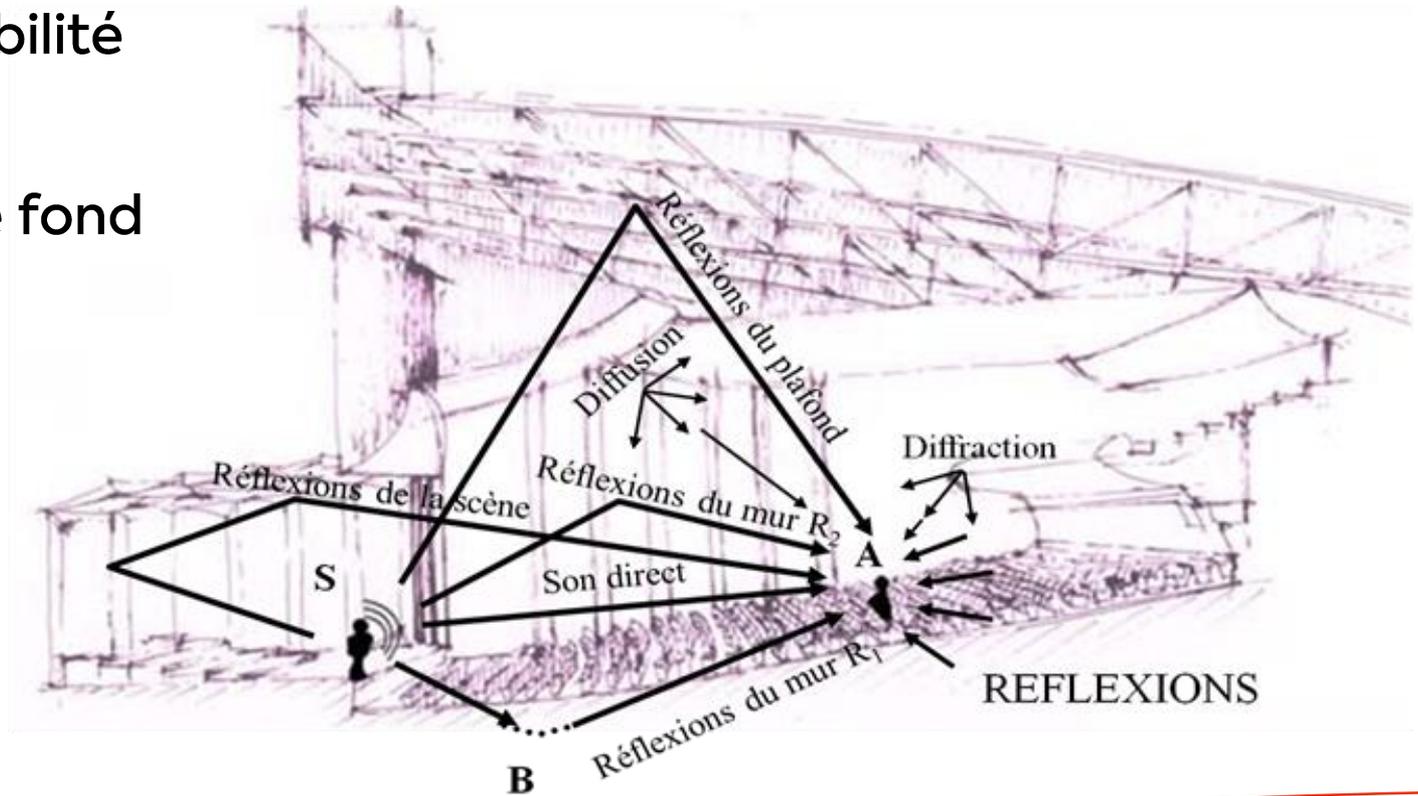
INCONFORT

- ◇ Dérange tout le monde à partir d'un certain niveau
- ◇ Il n'y a pas de limite inférieure
- ◇ Respecter une norme ne signifie pas que tout le monde sera satisfait!



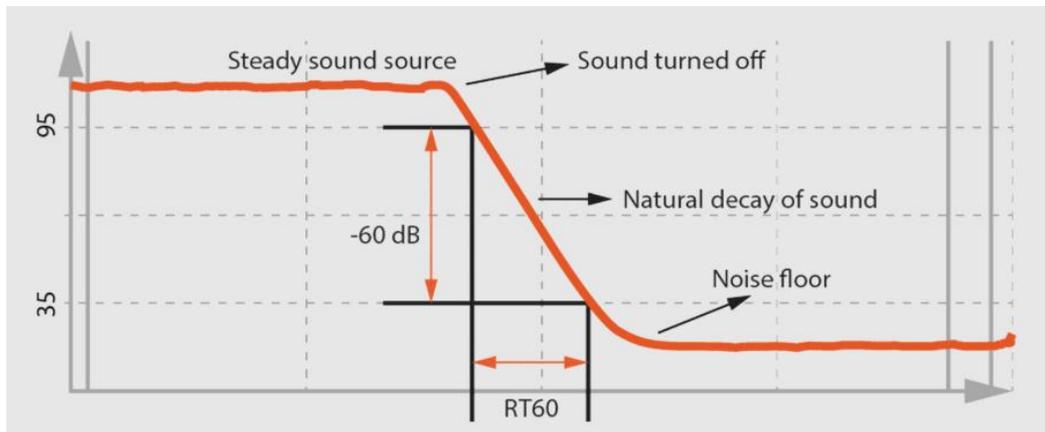
CARACTÉRISTIQUE D'UNE SALLE

- ◇ Temps de réverbération
- ◇ Intelligibilité
- ◇ Échos
- ◇ Bruit de fond



TEMPS DE RÉVERBÉRATION

- ◇ Temps requis pour que la pression acoustique diminue de 60 dB



Formule de Sabine:

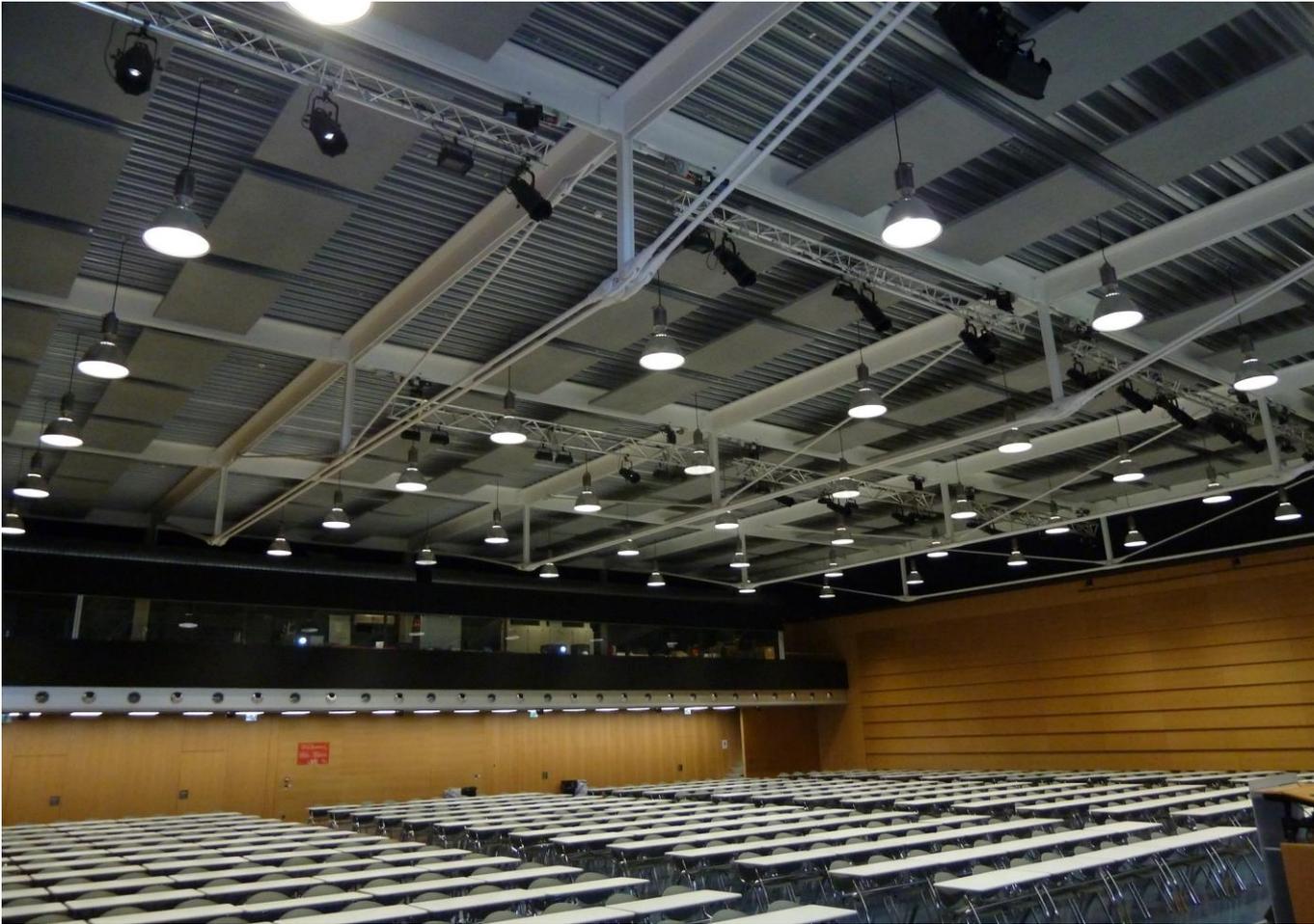
$$Tr = 0.16 \cdot \frac{V}{A}$$

Plus longue la réverbération, moins bonne l'intelligibilité

AMPHIMAX - AVANT



AMPHIMAX - APRÈS



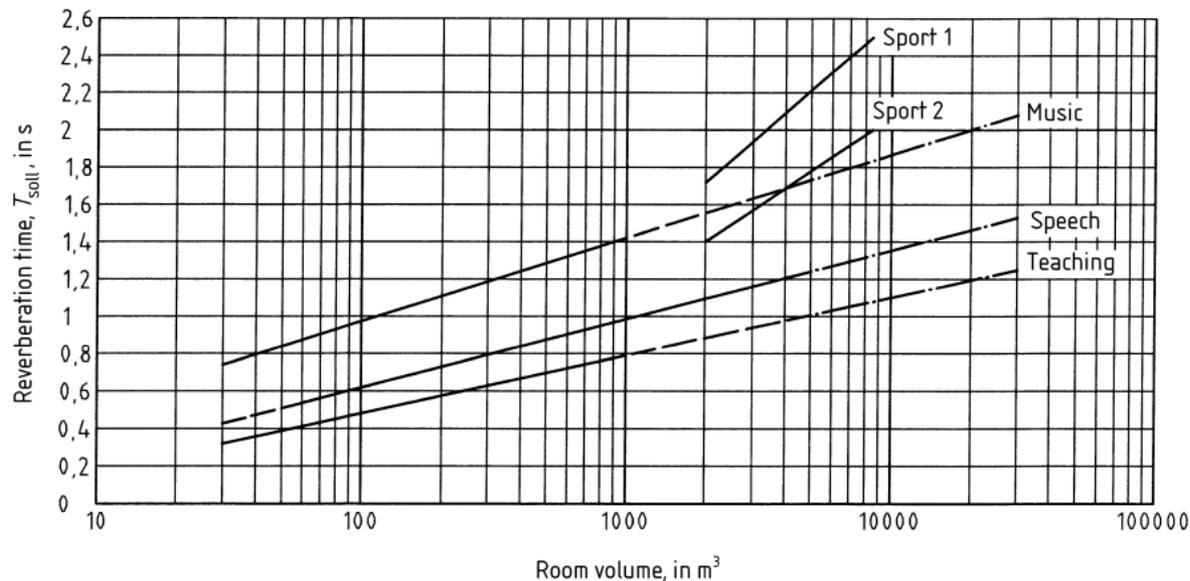
new broadcasting system



Absorber on ceiling

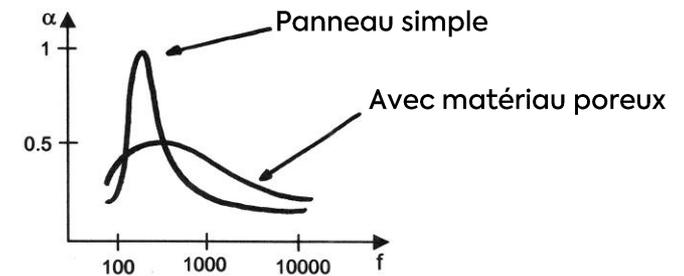
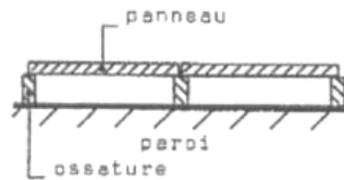
CONCEPTION D'UNE SALLE

- ◆ Une salle est généralement conçue en fonction du type d'évènement:
 - ◆ Théâtre (voix), opéra (musique et voix), Symphonique
 - ◆ Musique amplifiée, auditorium, salle de classe, salle polyvalente
 - ◆ Le temps de réverbération est choisi en fonction de l'utilisation

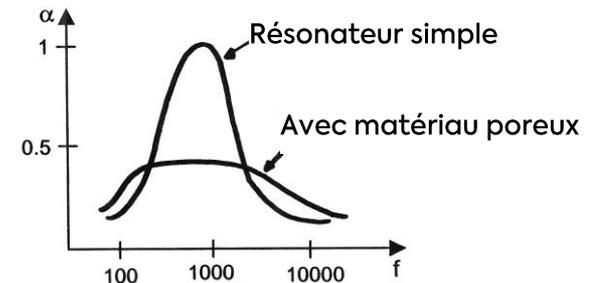
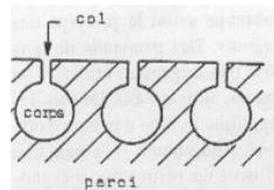


LES MATÉRIAUX ABSORBANTS

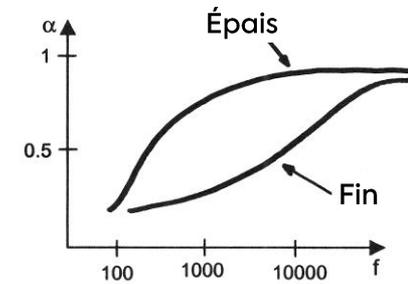
◆ Panneaux fléchissants



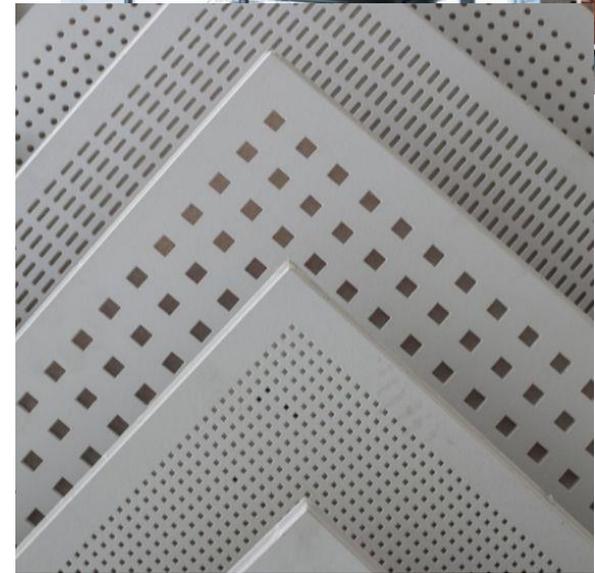
◆ Résonateurs



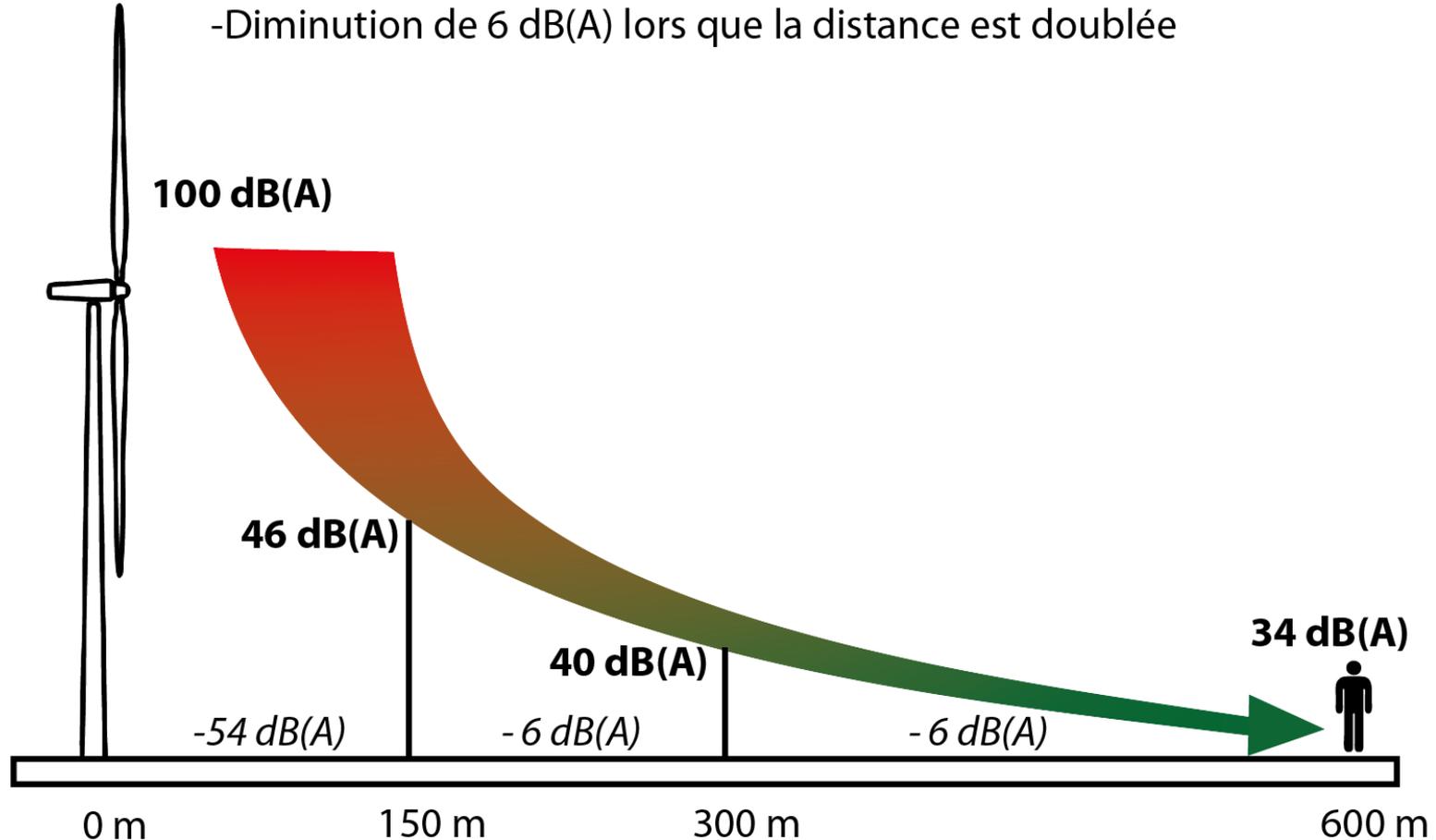
◆ Matériaux poreux



LES MATÉRIAUX ABSORBANTS

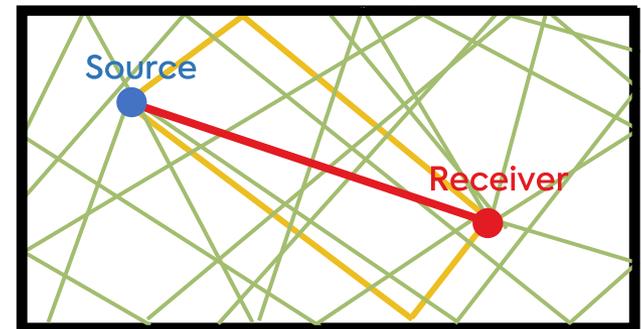
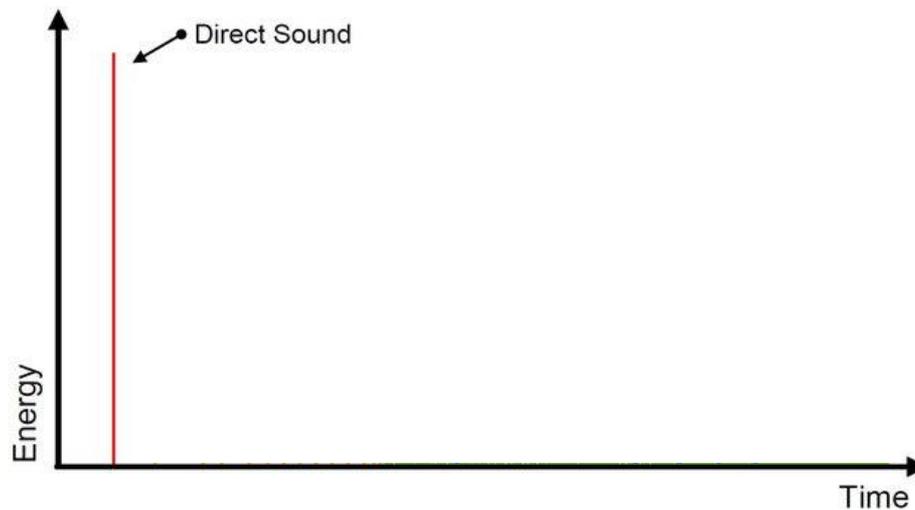


ATTÉNUATION EN CHAMP LIBRE



PROPAGATION DANS UNE PIÈCE

- ◇ Son direct
- ◇ Réflexions précoces
- ◇ Réverbération
- ◇ Echo



- ◇ La salle renforce le niveau sonore, l'atténuation est moins rapide qu'à l'extérieur

ACOUSTIQUE DES BIBLIOTHÈQUES

- ◇ **Les bibliothèques modernes ne sont plus destinées à la seule lecture**
 - ◇ Lecture
 - ◇ Apprentissage individuel
 - ◇ Travail en groupe
 - ◇ Espaces de détente, d'accueil
 - ◇ Espaces ludiques
- ◇ **Différentes utilisations:**
 - ◇ Types de bruit différents
 - ◇ Besoins (acoustiques) différents
- ◇ **Peu de littérature spécifique**
 - ◇ Analogie avec les bureaux «Open spaces»

LES SONS QUI DÉRANGENT

- ◇ **Les bruits extérieurs peuvent être atténué avec des matériaux adaptés**
 - ◇ Vitrages phoniques, portes de qualités
 - ◇ ...
- ◇ **Le bruit des équipements peut être évité:**
 - ◇ Photocopieur dans une pièce dédiée
 - ◇ Système de ventilation faible bruit
 - ◇ ...
- ◇ **Enjeu principal : « encadrer » le comportement des utilisateurs**
 - ◇ Ils sont la source de bruit principale

ANALOGIE BUREAUX «OUVERT»

◆ Objectifs

- ◆ Offrir de bonnes conditions de travail ou d'étude
- ◆ Décloisonner et favoriser les échanges

◆ Principes de bases

- ◆ Faible bruit de fond
- ◆ Faible réverbération
- ◆ Réduire la propagation du son
- ◆ Bonne Intelligibilité à courte distance (travaux de groupe)
- ◆ Faible intelligibilité à longue distance (distance de distraction)

◆ Les objectifs sont proches

- ◆ Bibliothèque/ « Open spaces »: gestion du bruit très similaire

EXIGENCES CONTRADICTOIRES

- ◇ Décloisonner et favoriser les échanges
- ◇ Faible bruit de fond
- ◇ Réduire la propagation du son



ISO 22955: ACOUSTIQUE DES OPEN SPACES

- ◇ Cette norme introduit des descripteurs acoustiques pour les bureaux ouverts
- ◇ Les espaces sont répartis en plusieurs type:
 - ◇ activité qui peut impliquer l'accueil du public
 - ◇ activité principalement basée sur un travail collaboratif entre postes de travail voisins
 - ◇ activité basée sur un travail faiblement collaboratif
 - ◇ plusieurs activités au sein du même espace
 - ◇ ~~activité principalement axée sur la communication avec l'extérieur (par téléphone/audio/vidéo)~~

ISO 22955: CRITÈRES ACOUSTIQUES

- ◇ **Les principaux descripteurs pour les bureaux sont:**
 - ◇ Le temps de réverbération (résonance) en secondes
 - ◇ Le niveau de bruit (volume sonore) en dB
 - ◇ Le rayon de distraction en mètres:
 - distance au-delà de laquelle une conversation devient difficilement compréhensible
 - ◇ Atténuation par doublement de distance en dB
 - Décrit la vitesse avec laquelle le niveau d'un son décroît avec la distance
 - A l'extérieur: 6 dB par doublement de distance
 - A l'intérieur: le son décroît moins vite à cause des réflexions contre les surfaces
 - Les obstacles, comme le mobilier, les étagères de livres ou les cloisons améliore la décroissance

CONFORT ACOUSTIQUE

◇ Approche traditionnelle

- ◇ Le temps de réverbération est défini en fonction de l'utilisation de la salle
- ◇ Les absorbants acoustiques sont ajoutés pour atteindre cet objectif
- ◇ Dans le cas des bibliothèques, cela ne suffit pas

◇ Approche spécifique aux bibliothèques

- ◇ Méthode du paysage sonore: ambiance acoustique
- ◇ Étudier la configuration des salles
- ◇ Planifier des zones d'utilisation différentes
- ◇ Traitements acoustiques et mobilier
- ◇ Réduire la transmission du bruit d'une zone à l'autre

ZONES D'UTILISATION

◇ Différentes zones pour différentes utilisations

- ◇ Détente, accueil : conversations normales
- ◇ Travail de groupe : conversations à voix basses, silence relatif
- ◇ Travail individuel : silence

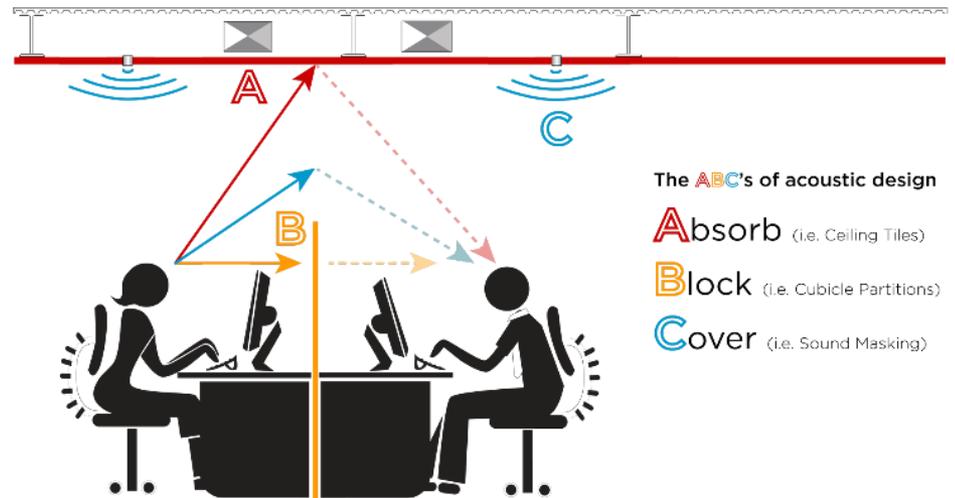
◇ Bien définir les zones au stade de la planification :

- ◇ Collaboration entre le bibliothécaire, l'acousticien et l'architecte
- ◇ Situer les zones de silence relatif entre les espaces de conversation et les zones silencieuses
- ◇ Favoriser l'atténuation du bruit sur le chemin de propagation d'une zone à l'autre

DESIGN: MOBILIER

◇ Maîtrise de la propagation du son : obstacles absorbants sur le chemin de propagation

- ◇ Mobilier absorbant
- ◇ Étagères
- ◇ Plantes (peu efficaces)
- ◇ Cloisons fixes ou mobiles
- ◇ Cloisonnettes de bureaux



DESIGN: BRUIT DE FOND CONTRÔLÉ

◇ Masquage sonore: bruit de fond contrôlé

- ◇ Les conversations intelligibles sont fortement distrayantes
- ◇ Le bruit de fond permet de réduire l'intelligibilité
- ◇ Le masquage sonore peut être artificiel ou « naturel »

◇ Masquage sonore « artificiel »

- ◇ De petits hp répartis dans les espaces diffusent un bruit « large-bande » à faible niveau
- ◇ Système de ventilation audible, mais pas trop
- ◇ techniques controversées et difficiles à maîtriser

◇ Masquage sonore « naturel »

- ◇ En limitant les traitements acoustiques, on favorise le bruit de fond : difficile à maîtriser
- ◇ Introduire des sources de bruit de fond « naturelles » : fontaine à eau

RÉSUMÉ

- ◇ **Les traitements acoustiques ne résolvent pas tout**
- ◇ **Maîtriser le temps de réverbération**
- ◇ **Réduire la propagation du son**
 - ◇ Mobilier, obstacles
- ◇ **Réduire l'intelligibilité**
 - ◇ Bruit de fond «maîtrisé»
- ◇ **Bien planifier les zones d'utilisation différentes**
 - ◇ Zones «tampons», distance entre les différents espaces
- ◇ **Prévoir des espaces de replis**
 - ◇ Petites salles de conférences pour les travaux en groupe
 - ◇ Petites salles de travail individuel

BIBLIOGRAPHIE

◆ Normes

- ◆ DIN 18041 : Qualité acoustique dans les salles – Spécifications et instructions pour la planification
- ◆ ISO 22955 : Qualité acoustique des espaces ouverts de bureaux
- ◆ ISO 3382-3 : Mesurage des paramètres acoustiques des salles – Partie 3: Bureaux ouverts

◆ Recherches

- ◆ Le silence en bibliothèque, de la règle au service, Victor Kherchaoui
- ◆ Architectural Design Strategies to Enhance Acoustic Comfort in Modern Public Libraries: A Case Study of University of Birmingham Library, Ugbong Victoria, Warebi Gabriel Brisibe.
- ◆ The Role of Acoustics in the Perceived Suitability of, and Well-Being in, Informal Learning Spaces, Leila Scannell et al.
- ◆ Le bruit dans les open-spaces, Patrice Chevret