



Architecture & acoustique des salles de classe
 Architektur und Akustik von Schulzimmern
 19.04.2007, HEIG-VD, Yverdon

Particularismes relatifs aux pronostics et traitements acoustiques pour les locaux scolaires

robert.beffa@hesge.ch
 Robert BEFFA Architecte Acousticien SIA-SSA-SFA / HESGE-EIHES-UER1

Pronostic et traitement acoustique
 dans les locaux scolaires

Une acoustique pour un type d'école ?

- L'acoustique comme l'architecture doit s'adapter autant que possible aux exigences multiples découlant :
 - des exigences pédagogiques,
 - du site,
 - du potentiel apporté par les bâtiments existants (rénovation),
 - des coûts,
 - des délais (rentrée en septembre),
 - etc.

Pronostic et traitement acoustique
 dans les locaux scolaires

Quelques caractéristiques acoustiquement remarquables

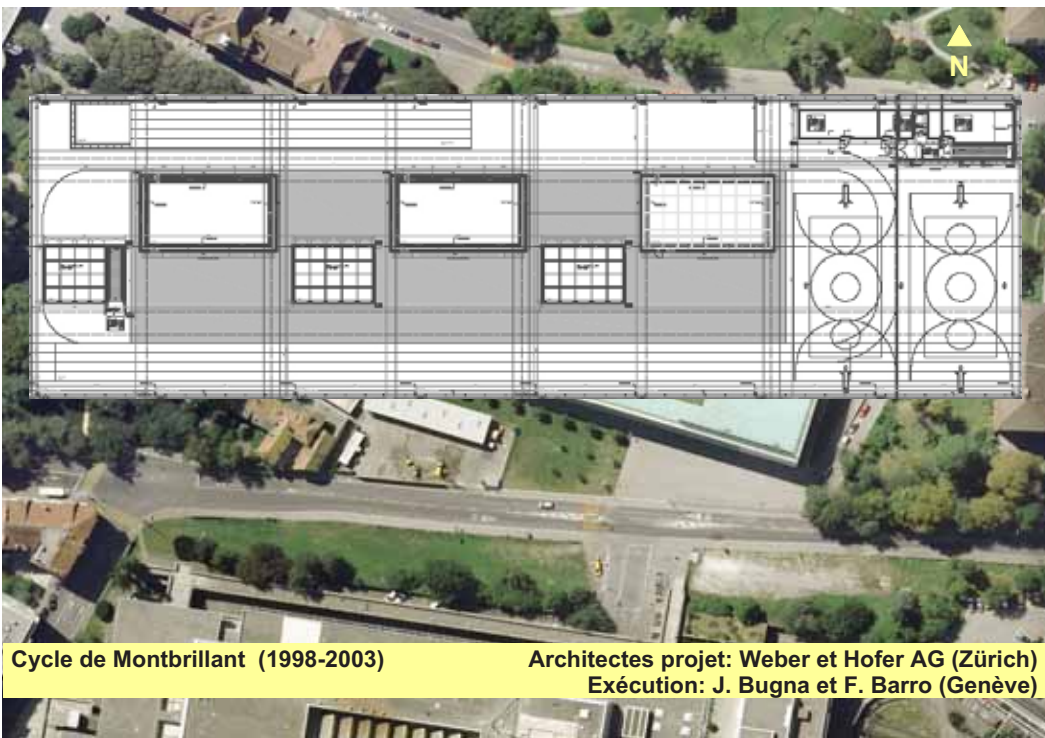
Importance de la problématique	Bruits extérieurs	Bruits aériens et aération	Bruits intérieurs	Bruits aériens	Bruit de choc	Bruit des installations techniques et machines	Contrôle de la sonorité Tr (Intelligibilité)	Remarques:
Routes								Aération (élévation du bruit de fond)
Trains								
Avions								
Industrie, etc.								
Particularismes de quelques locaux scolaires (génériques)								
Locaux d'enseignement (salles sèches standards)								Faire attention pour le cas où des utilisateurs ne sont pas soumis à l'horaire scolaire dans l'établissement
Façade								
Cloisons								
Portes (couloir)								
Dalle / Plancher								
Grandes salles (Labo de Physique, etc.)								Confidentialité
Salles de langues								
Accueil / Psychologue scolaire								
Administration, direction								
Logement de fonction (conciergerie)								Attention aux accès et aux activités nocturnes (sociétés)

Quelques caractéristiques acoustiquement remarquables

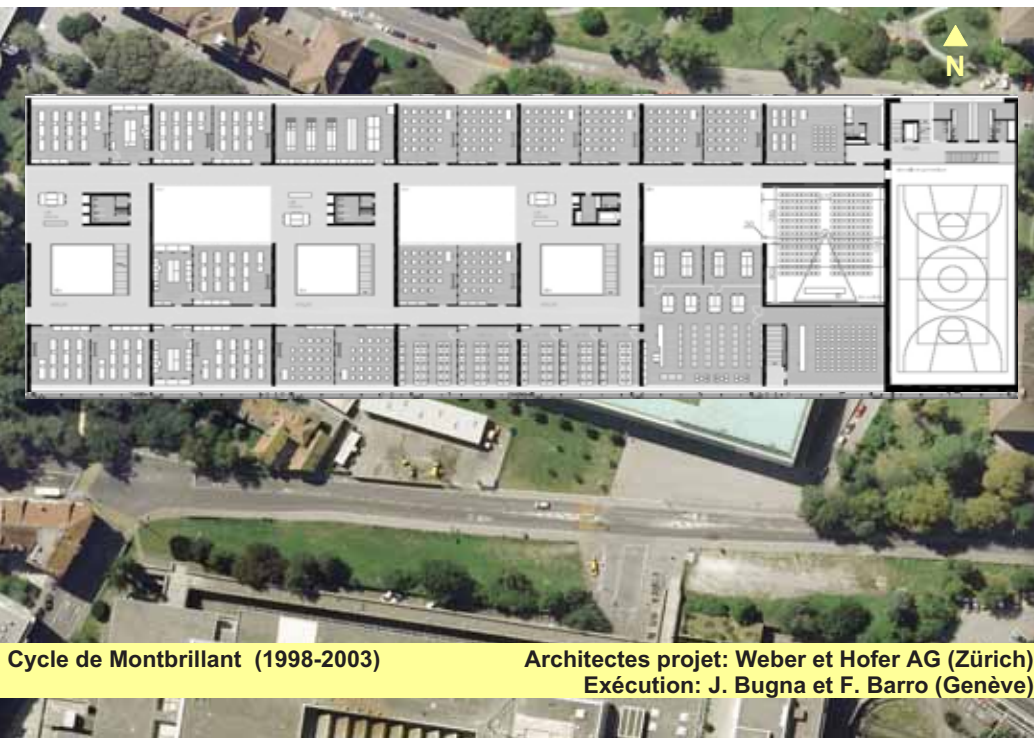
Importance de la problématique	Bruit						Remarques:
	extérieurs	aériens et aération	intérieurs	aériens	de choc	des installations techniques et machines	
Minime							
Moyenne							
Grande							
Spécifique et importante							
Circulations, emplacements d'attente							Suivant l'importance des volumes
Rampes, escaliers							
Locaux sanitaires							
Préaux extérieurs (couverts ou non)		émission vers le voisinage				traitement absorbant utile pour les préaux couverts "bas"	Emission vers le voisinage, particulièrement si le préau reste accessible au public le soir voire la nuit.
Bibliothèque							Lieu calme
SAS / contrôle Equipements (photocopies)							
Salles de musique							Sociétés (utilisation nocturne)
Salles de rythmique / Chant / Danse							Sociétés (utilisation nocturne)
Ateliers (bois, métal, etc.)						importance des surfaces à traiter	Faire particulièrement attention aux locaux contigus (en plan et en coupe)

Quelques caractéristiques acoustiquement remarquables

Importance de la problématique	Bruit						Remarques:	
	extérieurs	aériens et aération	intérieurs	aériens	de choc	des installations techniques et machines		
Minime								
Moyenne								
Grande								
Spécifique et importante								
Restaurant scolaire / Cafétéria						Bruit laverie / cuisine	Important pour les élèves qui restent 8h / jour dans l'établissement	
Aula / Cinéma / Studio d'enregistrement / Théâtre / Auditoire / Salle de conférence							Tr adapté à bonne intelligibilité	Activité potentiellement dérangeante et paradoxalement très sensible au dérangement
Salles de sports (Gymnastique)							importance des surfaces à traiter	Attention aux locaux contigus (en plan et en coupe). Particularités si sociétés (utilisation nocturne)
Piscines scolaires						Vérifier les émissions vers le voisinage	importance des surfaces à traiter	Grandes difficultés pour les traitements absorbants (choix, humidité, etc.) Particularités si sociétés (utilisation nocturne)



Cycle de Montbrillant (1998-2003) Architectes projet: Weber et Hofer AG (Zürich)
Exécution: J. Bugna et F. Barro (Genève)



Cycle de Montbrillant (1998-2003) Architectes projet: Weber et Hofer AG (Zürich)
Exécution: J. Bugna et F. Barro (Genève)

Cas particulier : terrain de sport sur env. 25 classes

Difficultés rencontrées lors de la mise au point du détail de construction

- Recherche de renseignements,
- Recherche de cas similaires (visite à Bole / NE)
- Recherche pour optimiser la composition (échantillon "prototype")
- Extrapolation à partir des résultats pour tenir compte des particularismes de l'objet encore au stade de projet

Cas particulier : terrain de sport sur env. 25 classes

Tests à l'EIG



Cas particulier : terrain de sport sur env. 25 classes

	Pointes MAXY (L10% des chocs)	Moyenne LOG des Points (LEQ Points)	Minimum des Pointes (moins de L90% des chocs)	Ecart Type	Améliorations	Remarques
Extrapolation EIG > BOLE (cas plus représentatif du point de la similitude du local)						
MESURES : 60mm concassé: "sol BOLE sportif" 45mm	61 dBA	50 dBA	44 dBA	3.4 dBA	Mesures 21.6.00	voir rapport 3.7.00
EIG BOLE 60mm concassé: "sol sportif" 45mm						voir essais BOLE
MESURES > ECH: EIG_BOLE	-1 dBA	4 dBA	4 dBA			TEST: plus bruyant que mesures BOLE (effet du local) +3.8dBA sur Leq max
MESURES > ECH: EIG_BOLE > ECH_3	-10 dBA		7 dBA			Amélioration TEST: -10.1dBA sur Leq max
Prognostic: CO MONTBRILLANT (BOLE > ECH_3):	52 dBA	37 dBA	33 dBA			Exigences Minimales SIA 181 respectées Leq inférieur à 45 dBA, avec K3 = 4dB, (exigences accrues approchées)

Base pour l'évaluation (lors des tests): ancienne norme sia181/11 (1979)

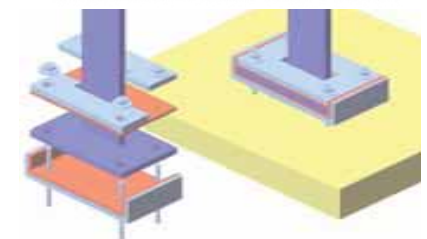
Cas particulier : terrain de sport sur env. 25 classes

FIXATIONS DU GRILLAGE

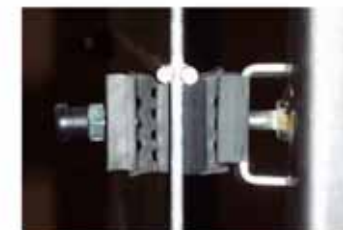
Situation 10: 3 couches de caoutchouc



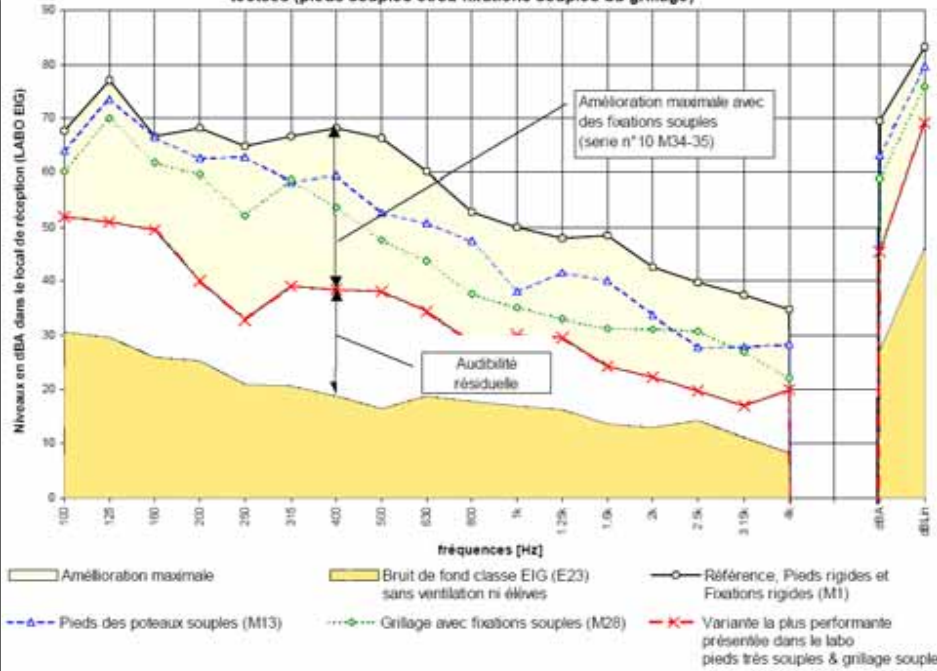
FIXATIONS DES PIEDS DES POTEAUX



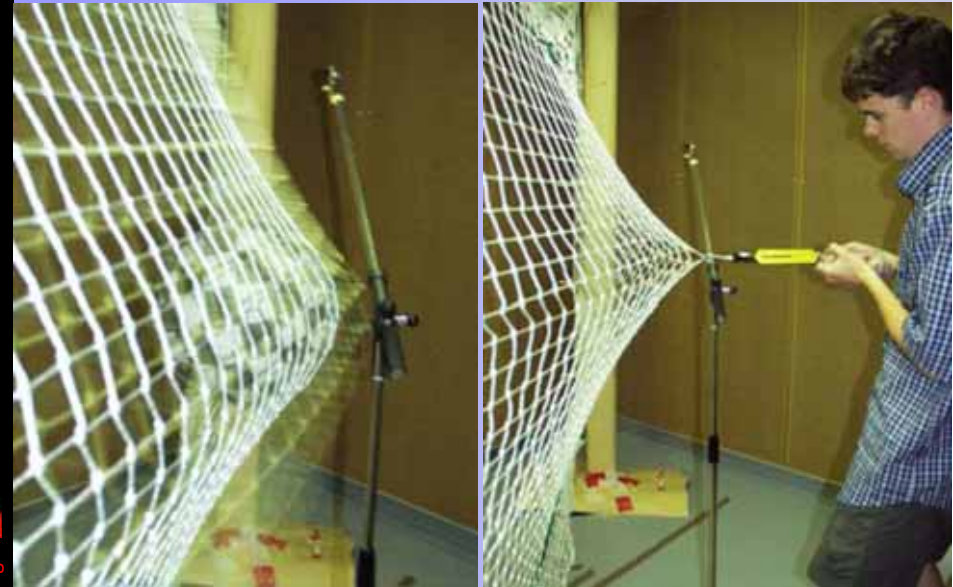
Situation 4: Pied avec PRONUOVO



Résultats des mesures: comparaison des améliorations obtenues pour quelques situations testées (pieds souples et/ou fixations souples du grillage)



Cas particulier : filet de sécurité

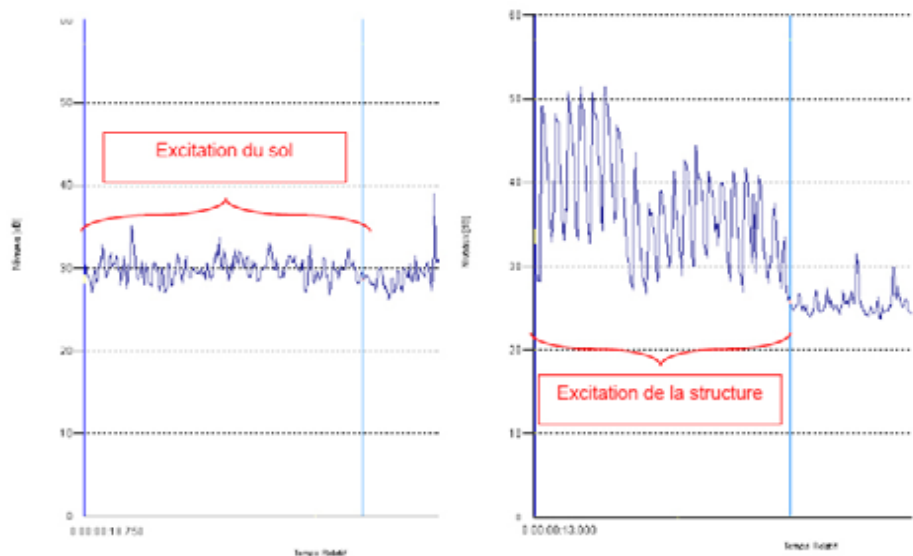


Cas particulier : filet de sécurité

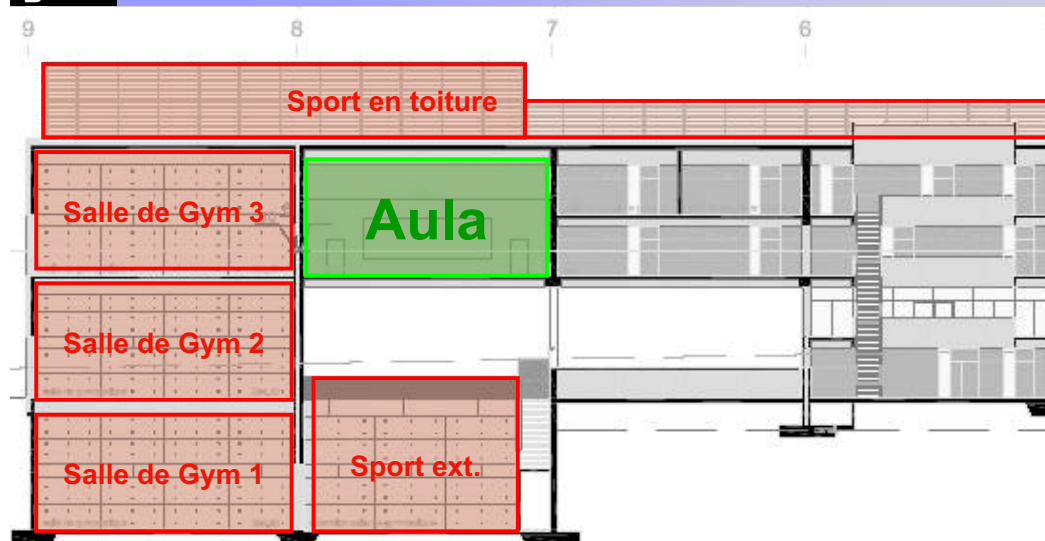


Rapport acoustique relatif aux mesures finales de contrôle

Terrain de sport sur env. 25 classes Mesures acoustique de réception



Cas particulier : salle de gymnastique juxtaposée à l'Aula



Cas particulier : salle de gymnastique juxtaposée à l'Aula

■ Façade coté ville



Axe 8: coupure vibratoire

Axe 8: appuis élastiques

Cas particulier : salle de gymnastique juxtaposée à l'Aula

Joint "vide" de 8cm
+ Appuis élastiques



Isolation acoustique entre 2 classes

■ Jointoyage entre la dalle nervurée et les cloisons légères



■ Raccords en façade & Passages techniques à obturer



Isolation acoustique entre 2 classes

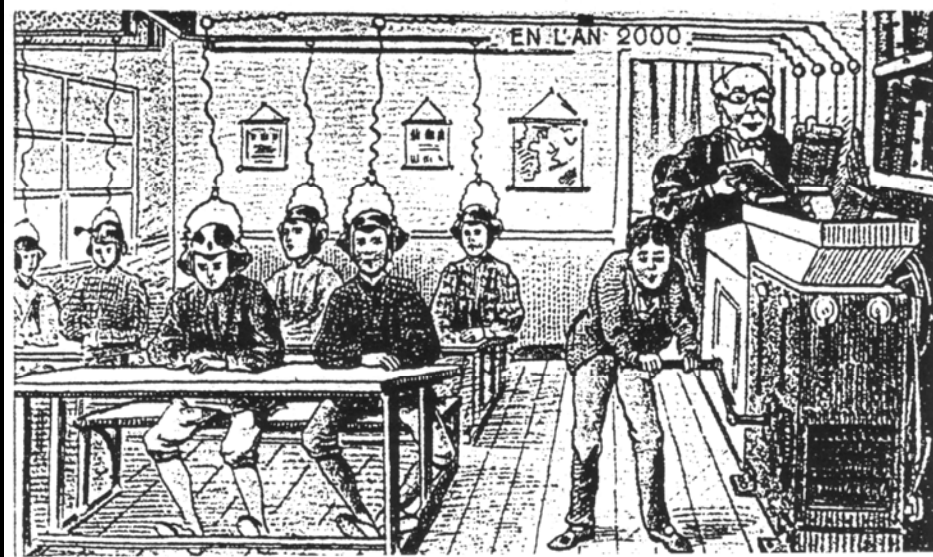


Isolation acoustique entre 2 classes

■ Étanchéité entre classes délicate à obtenir



Quel(s) Modèle(s) pour l'école du futur ?





École de CRESSY (2004-2007)

Architectes: Devanthy & Lamunière (GE)

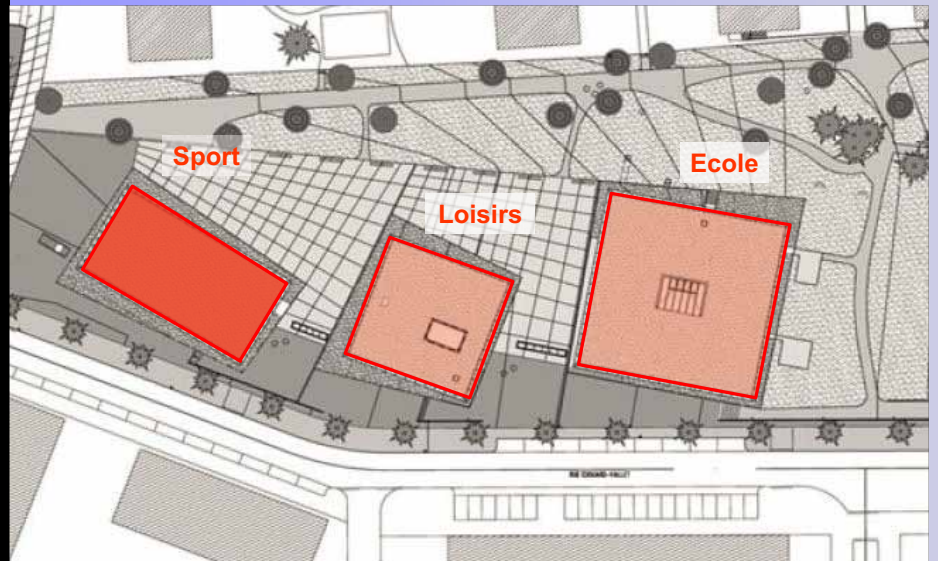
e i g
Ecole d'ingénieurs
de Genève

Pronostic et traitement acoustique
dans les locaux scolaires

SIA
19.04.2007
Yverdon, HEIG-VD

Groupe Scolaire de Cressy

■ **Projet avec 3 bâtiments différenciés**



04-2007 Robert BEFFA Acousticien SIA-SSA-SFA / HESGE-EIHES-UER1 robert.beffa@hesge.ch 26



Groupe Scolaire de Cressy (Confignon-Bernex)

Pronostic et traitement acoustique
dans les locaux scolaires

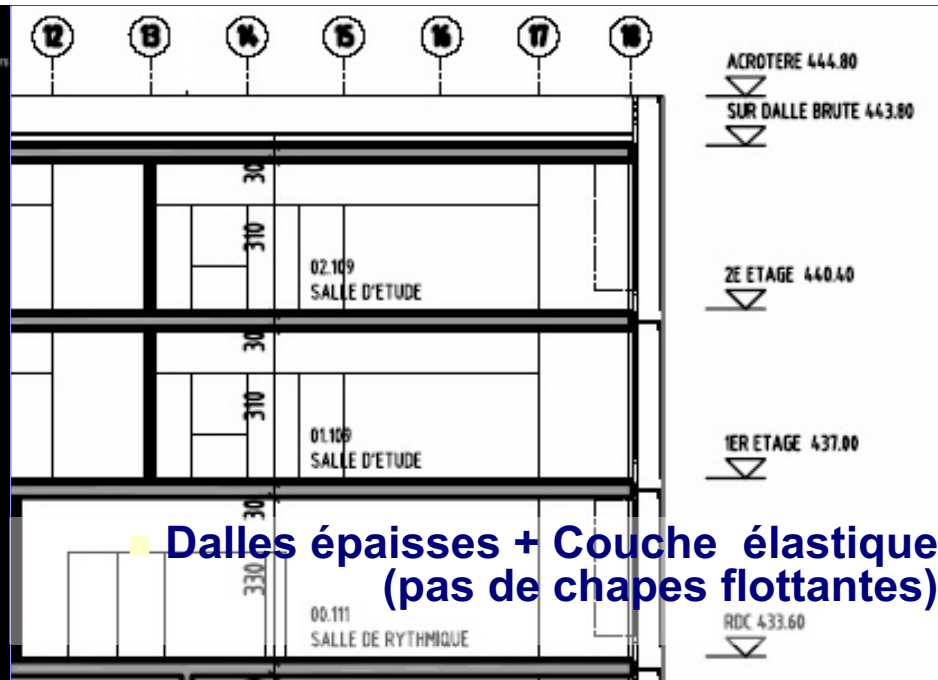
SIA
19.04.2007
Yverdon, HEIG-VD

- **Projet avec un concept énergétique pointu**
- **Projet avec des façades 100% vitrées**
- **Protections solaires & coloration, etc..**

e i g
Ecole d'ingénieurs
de Genève

Pronostic et traitement acoustique
dans les locaux scolaires

SIA
19.04.2007
Yverdon, HEIG-VD



■ **Dalles épaisses + Couche élastique (pas de chapes flottantes)**

04-2007 Robert BEFFA Acousticien SIA-SSA-SFA / HESGE-EIHES-UER1 robert.beffa@hesge.ch 27

04-2007 Robert BEFFA Acousticien SIA-SSA-SFA / HESGE-EIHES-UER1 robert.beffa@hesge.ch 28



Bâtiment de l'école

- Principe de dalle thermique (active), impliquant une **faible surface disponible** pour le traitement acoustique au plafond
- Objectif pour le temps de réverbération des salles de classe identique aux cycles, soit :

$$Tr < 0.8 \text{ s à } 500 \text{ Hz} \\ \pm 20\% \text{ de } 250 \text{ à } 2000 \text{ Hz}$$



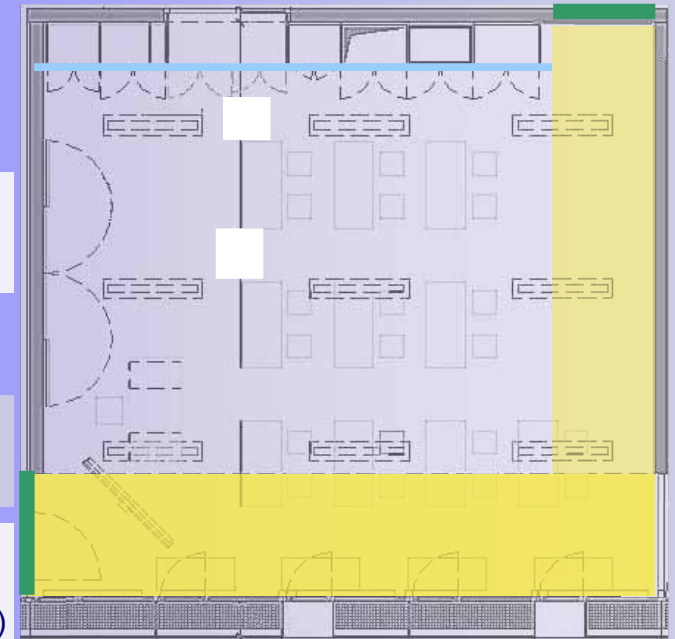
Étage courant école

Salles de classe

Armoires absorbantes (portes)

Mur absorbant (bandeau vertical)

Plafond absorbant (plâtre perforé)



Choix initiaux (matériaux)



- Dalle "active" BA (ép. 30 cm) + chape collée + finition souple (ép. 10 cm)
- Armoires absorbantes en bois perforé

Choix initiaux (matériaux)



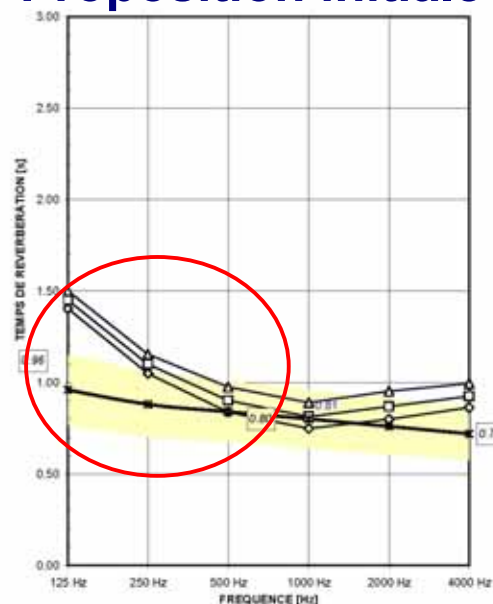
- Bandes de plâtre perforé au plafond (ép. fibres 45 mm)
- Bandes verticales en plâtre perforé (ép. fibres 30 mm)

Tr - Proposition initiale

■ Estimation du Tr

- $T_{r-1000\text{ Hz}} = 0.7\text{ s}$ pour 100% d'occupation

- Problème dans les basses fréquences



Proposition d'amélioration

■ Intégration de résonateurs de Helmholtz dans les armoires

- Absorption appropriée pour les basses fréquences (125 et 250 Hz)
- Dimensionnement spécifique pour chaque bande de fréquence
- Intégration dans un volume déjà existant (armoires)

■ Estimation de l'efficacité

- Tests pendant le chantier

Dimensionnement des résonateurs

- Définition des dimensions pour les résonateurs à intégrer dans le bandeau vide des armoires
- Mesures en phase de chantier
 - Armoires sans les résonateurs
 - Armoires avec les résonateurs
 - 125 Hz uniquement, puis
 - 250 Hz uniquement
- Absorption en partie en place

Mesures pendant le chantier

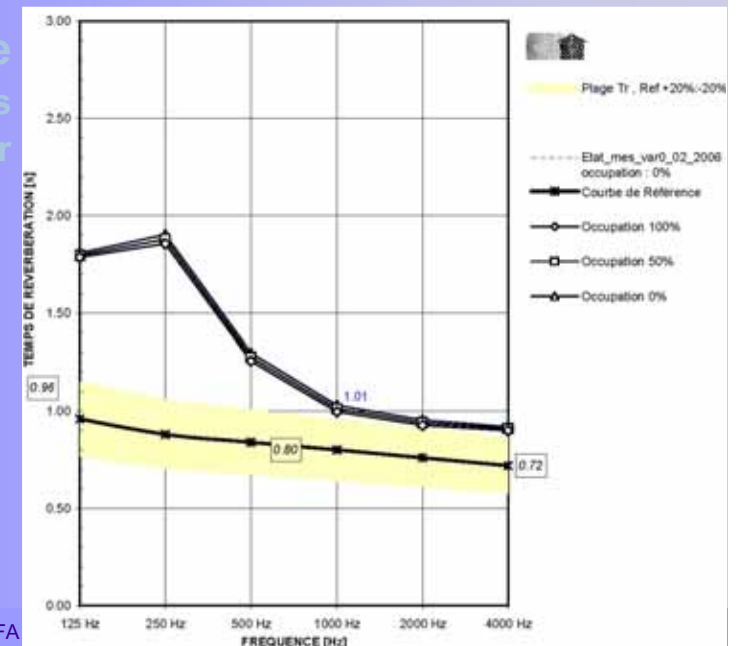


Test des résonateurs



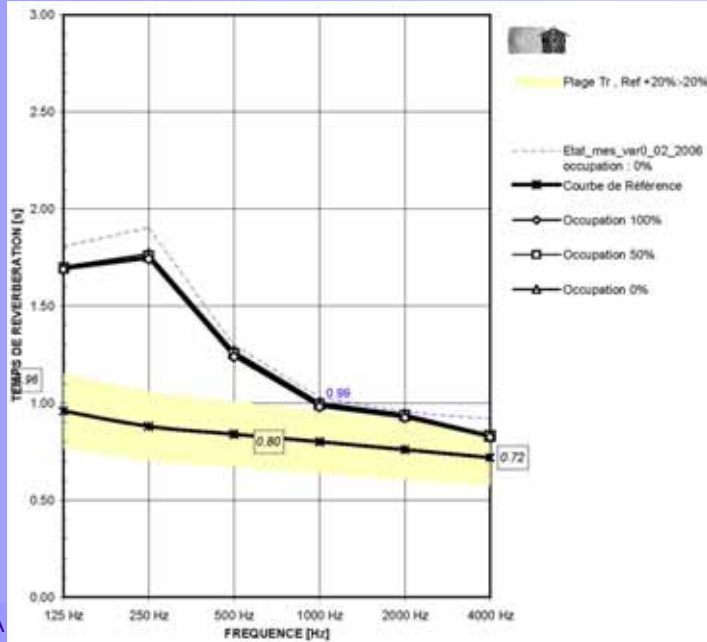
Résultats des tests 1/3

- A vide Sans résonateur



Résultats des tests 2/3

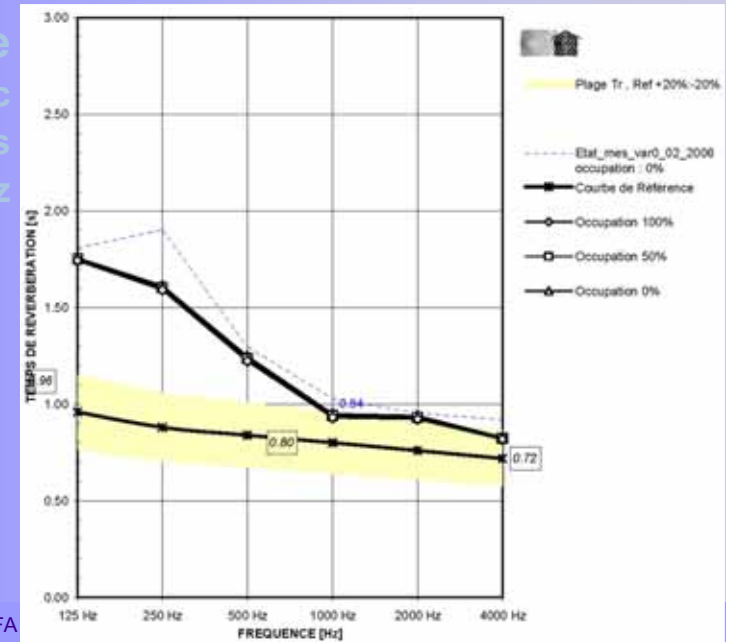
- A vide Avec résonateurs 125 Hz



04-2007 Robert BEFFA

Résultats des tests 3/3

- A vide Avec résonateurs 250 Hz



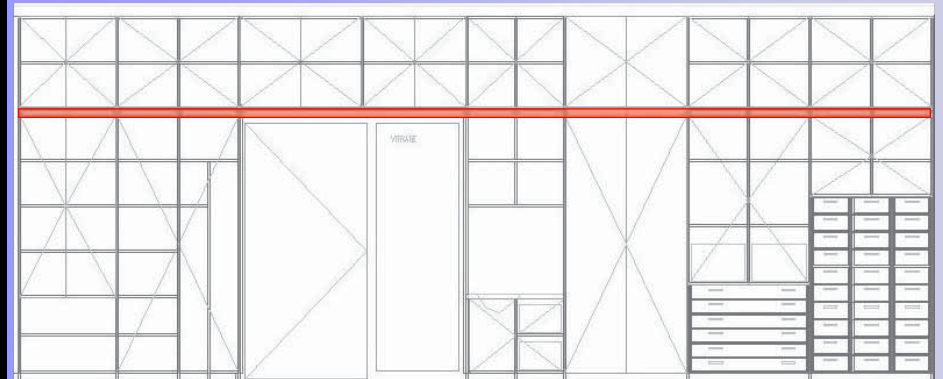
04-2007 Robert BEFFA

Finalité des tests

- Dimensionnement prévisionnel efficace
- Répartition des résonateurs selon efficacité dans la longueur
- Dimensionnement de résonateurs supplémentaires pour un meuble d'affichage (pas de test d'efficacité)

04-2007 Robert BEFFA Acousticien SIA-SSA-SFA / HESGE-EIHES-UER1 robert.beffa@hesge.ch 43

Positionnement / Armoires



04-2007 Robert BEFFA Acousticien SIA-SSA-SFA / HESGE-EIHES-UER1 robert.beffa@hesge.ch 44

Mesures de réception Classe meublée

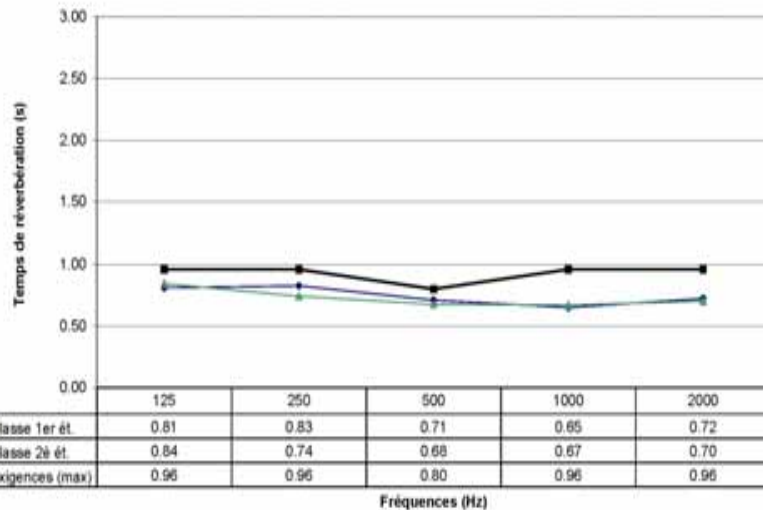


Mesures de réception Classe meublée et occupée



Mesures de réception

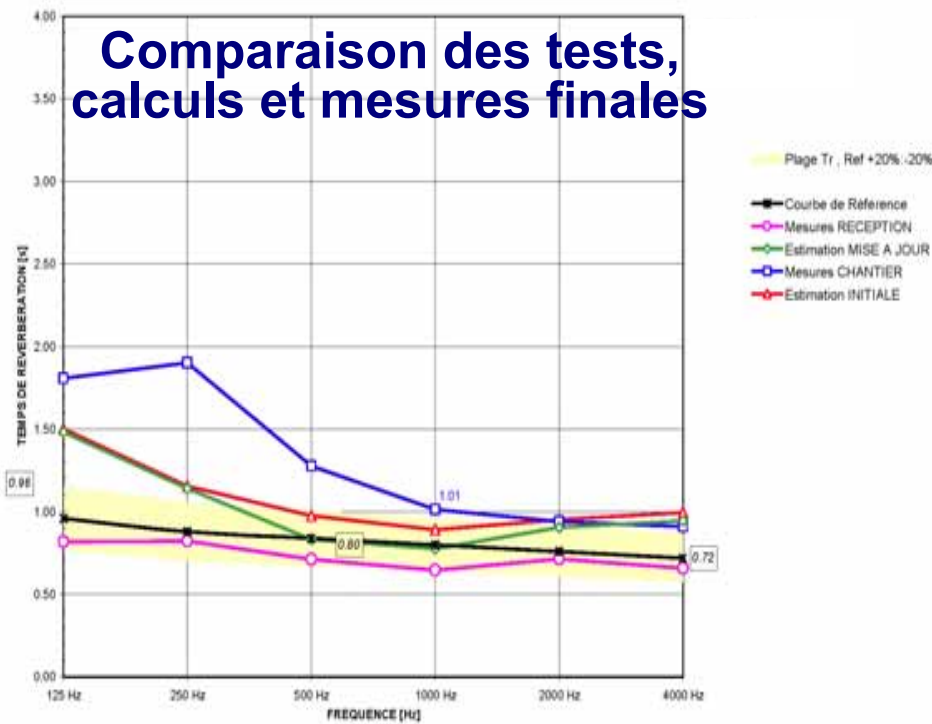
Classe standard (Tr par octave)



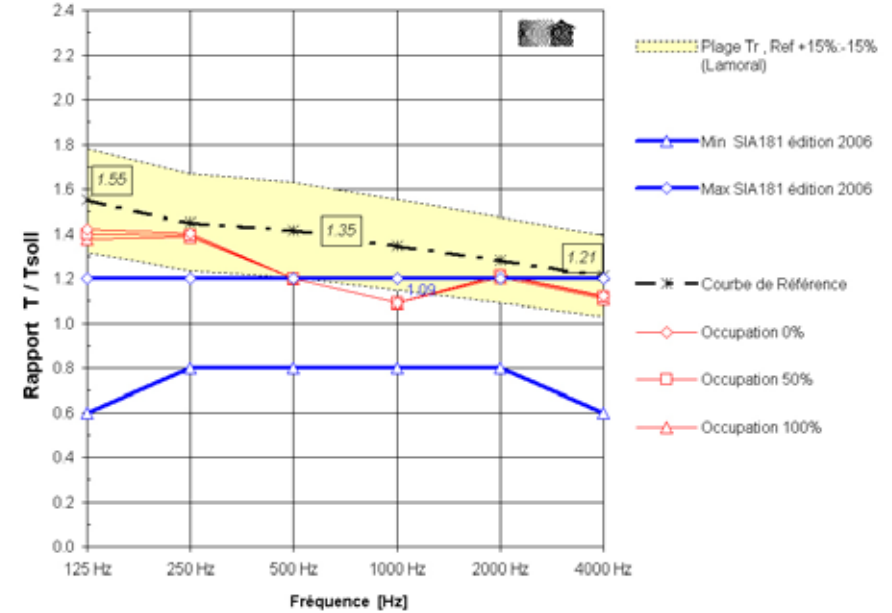
Mesures de réception

- Objectifs initiaux respectés
 - $T_r \approx 0.7s$ à 500 Hz
- Résultats meilleurs que l'estimation, probablement une meilleure diffusion (extrapolation à partir des mesures sur le prototype)
- Résonateurs des armoires et meuble de classe efficaces

Comparaison des tests, calculs et mesures finales



Comparaison mesures finales (ancienne et nouvelle norme)



Autres affectations: Salle de rythmique



Autres affectations: Atrium, accueil, dégagements



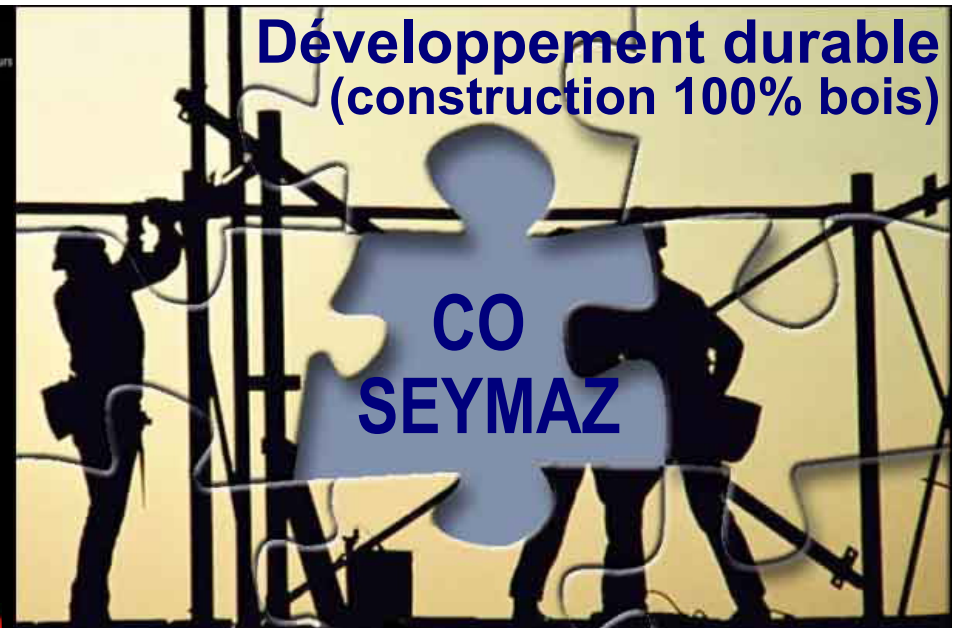
Autres affectations: Salle de gymnastique



Développement durable (construction 100% bois)

Pronostic et traitement acoustique
dans les locaux scolaires

SIA
19.04.2007
Yverdon, HEIG-VD



actuellement en construction

CO SEYMAZ (2004-sept 2007) Architectes: Pool BENJAMENTA / Boecklin, Maeder, Meleshko



Merci de votre attention ...

Pronostic et traitement acoustique
dans les locaux scolaires

SIA
19.04.2007
Yverdon, HEIG-VD

