



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

## 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.

## Quelques caractéristiques acoustiquement remarquables

| Importance de la problématique                            | Bruits extérieurs | Bruits aériens et<br>aération | Bruits intérieurs | Bruits aériens | Bruit de choc | Bruit des<br>installations<br>techniques et<br>machines | Contrôle de la<br>sonorité Tr<br>(Intelligibilité) | Remarques: |
|-----------------------------------------------------------|-------------------|-------------------------------|-------------------|----------------|---------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------|
| Minime                                                    |                   |                               |                   |                |               |                                                         |                                                    |            |
| Moyenne                                                   |                   |                               |                   |                |               |                                                         |                                                    |            |
| Grande                                                    |                   |                               |                   |                |               |                                                         |                                                    |            |
| Spécifique et importante                                  |                   |                               |                   |                |               |                                                         |                                                    |            |
| Routes                                                    |                   |                               |                   |                |               |                                                         |                                                    |            |
| Trains                                                    |                   |                               |                   |                |               |                                                         |                                                    |            |
| Avions                                                    |                   |                               |                   |                |               |                                                         |                                                    |            |
| Industrie, etc.                                           |                   |                               |                   |                |               |                                                         |                                                    |            |
| Particularismes de quelques locaux scolaires (génériques) |                   |                               |                   |                |               |                                                         |                                                    |            |
| Locaux d'enseignement<br>(salles sèches standards)        |                   |                               |                   |                |               |                                                         |                                                    |            |
| Façade                                                    |                   |                               |                   |                |               |                                                         |                                                    |            |
| Cloisons                                                  |                   |                               |                   |                |               |                                                         |                                                    |            |
| Portes (couloir)                                          |                   |                               |                   |                |               |                                                         |                                                    |            |
| Dalle / Plancher                                          |                   |                               |                   |                |               |                                                         |                                                    |            |
| Grandes salles (Labo de<br>Physique, etc.)                |                   |                               |                   |                |               |                                                         |                                                    |            |
| Salles de langues                                         |                   |                               |                   |                |               |                                                         |                                                    |            |
| Accueil / Psychologue<br>scolaire                         |                   |                               |                   |                |               |                                                         |                                                    |            |
| Administration, direction                                 |                   |                               |                   |                |               |                                                         |                                                    |            |
| Logement de fonction<br>(conciergerie)                    |                   |                               |                   |                |               |                                                         |                                                    |            |

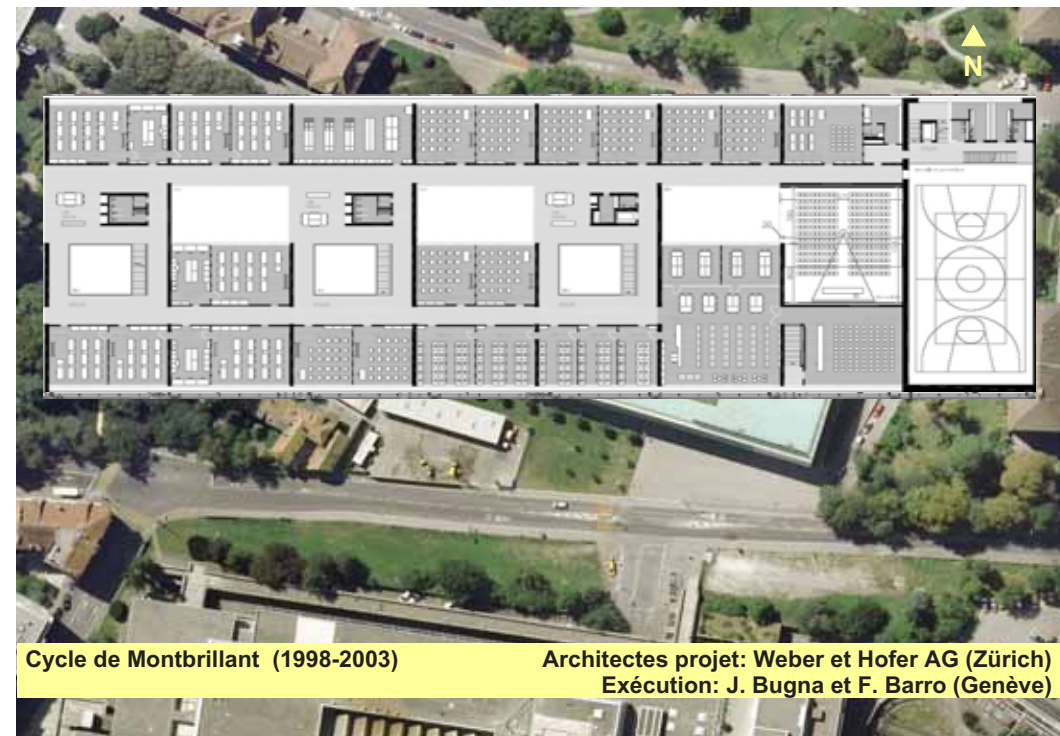
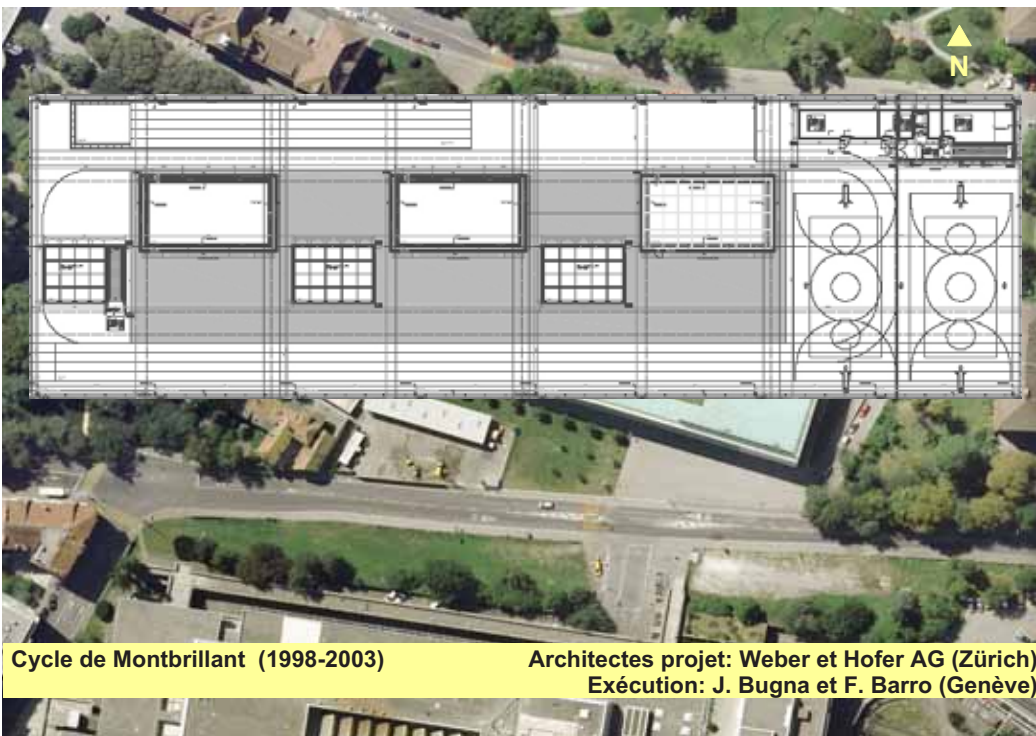
## Quelques caractéristiques acoustiquement remarquables

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

## Quelques caractéristiques acoustiquement remarquables

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

04-2007 Robert BEFFA Acousticien SIA-SSA-SFA / HESGE-EIHES-UER1 robert.beffa@hesge.ch 6





## 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

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

9

## Cas particulier : terrain de sport sur env. 25 classes

### Tests à l'EIG



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

10

## Cas particulier : terrain de sport sur env. 25 classes

|                                                                                      | Pointes MAXY<br>(L10% des chocs) | Moyenne LOG<br>des Pointes<br>(LEQ Pointes) | Minimum des<br>Pointes<br>(moins de<br>L90% des chocs) | Ecart Type | Améliorations                                                                                               | Remarques        |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| Extrapolation EIG > BOLE (cas plus représentatif du point de la similitude du local) |                                  |                                             |                                                        |            |                                                                                                             |                  |
| MESURES 60mm concassé: "sol sportif" 45mm                                            | 61 dBA                           | 50 dBA                                      | 44 dBA                                                 | 3,4 dBA    | Mesures 21.6.00                                                                                             | voir rapport     |
| EIG BOLE 60mm concassé: "sol sportif" 45mm                                           | 61 dBA                           | 50 dBA                                      | 44 dBA                                                 | 3,4 dBA    | Mesures 21.6.00                                                                                             | voir rapport     |
| MESURES > ECH EIG_BOLE                                                               | -1 dBA                           | 4 dBA                                       | 4 dBA                                                  |            | TEST: plus bruyant que mesures BOLE (effet du local) +3.8dBA sur Leq max                                    | voir essais BOLE |
| MESURES > ECH: EIG_BOLE > ECH_3                                                      | -10 dBA                          | 3 dBA                                       | 3 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)

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

11

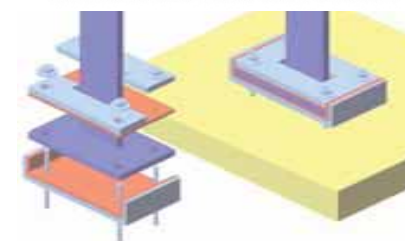
## Cas particulier : terrain de sport sur env. 25 classes

### FIXATIONS DU GRILLAGE

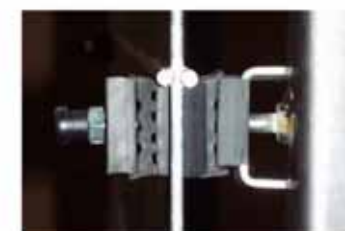
Situation 10: 3 couches de caoutchouc



### FIXATIONS DES PIEDS DES POTEAUX



Situation 4: Pied avec PRONOUVO

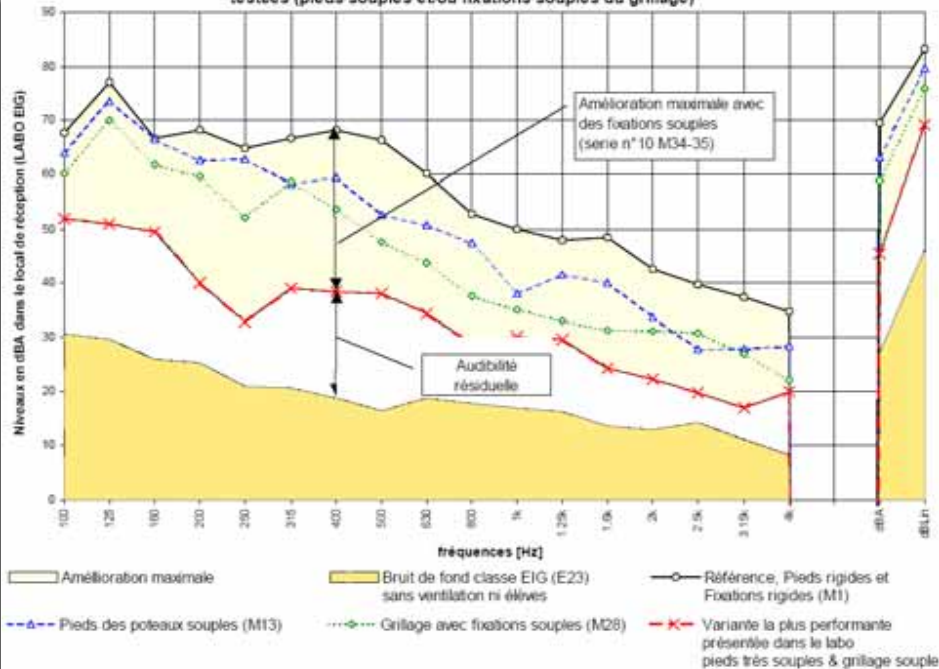


04-2007 Robert BEFFA Acousticien SIA-SSA-SFA / HESGE-EIHES-UER1 robert.beffa@hesge.ch

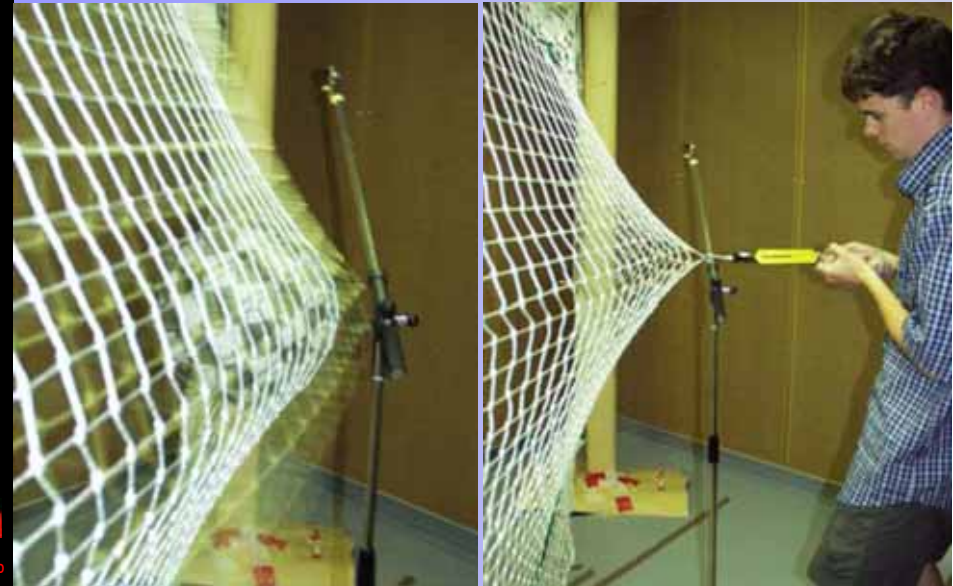
12



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



## Cas particulier : filet de sécurité



04-2007 Robert BEFFA Acousticien SIA-SSA-SFA / HESGE-EIHES-UER1 [robert.beffa@hesge.ch](mailto:robert.beffa@hesge.ch) 14

## Cas particulier : filet de sécurité



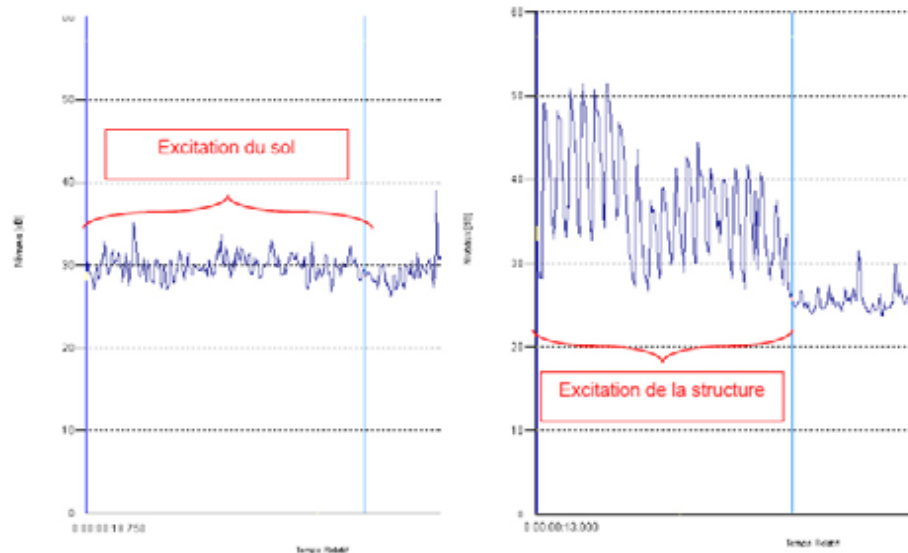
Rapport acoustique  
relatif aux mesures  
finales de contrôle

04-2007 Robert BEFFA Acousticien SIA-SSA-SFA / HESGE-EIHES-UER1 [robert.beffa@hesge.ch](mailto:robert.beffa@hesge.ch) 15

04-2007 Robert BEFFA Acousticien SIA-SSA-SFA / HESGE-EIHES-UER1 [robert.beffa@hesge.ch](mailto:robert.beffa@hesge.ch) 16

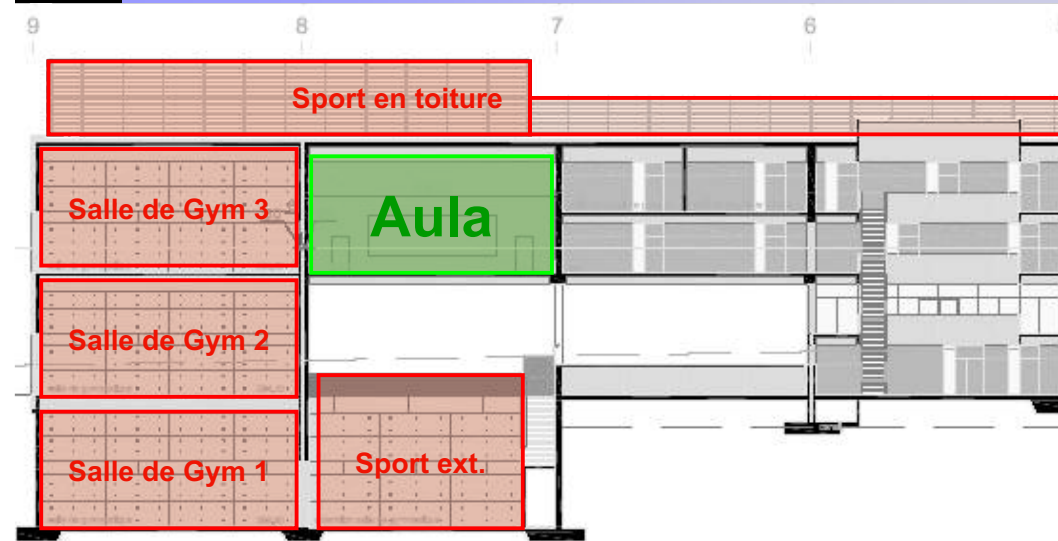


# Terrain de sport sur env. 25 classes Mesures acoustique de réception



04-2007 Robert BEFFA Acousticien SIA-SSA-SFA / HESGE-EIHES-UER1 robert.beffa@hesge.ch 17

# Cas particulier : salle de gymnastique juxtaposée à l'Aula



04-2007 Robert BEFFA Acousticien SIA-SSA-SFA / HESGE-EIHES-UER1 robert.beffa@hesge.ch 18

# Cas particulier : salle de gymnastique juxtaposée à l'Aula

## ■ Façade coté ville



04-2007 Robert BEFFA Acousticien SIA-SSA-SFA / HESGE-EIHES-UER1 robert.beffa@hesge.ch 19

# Cas particulier : salle de gymnastique juxtaposée à l'Aula

Joint "vide" de 8cm  
+ Appuis élastiques



04-2007 Robert BEFFA Acousticien SIA-SSA-SFA / HESGE-EIHES-UER1 robert.beffa@hesge.ch 20

## 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

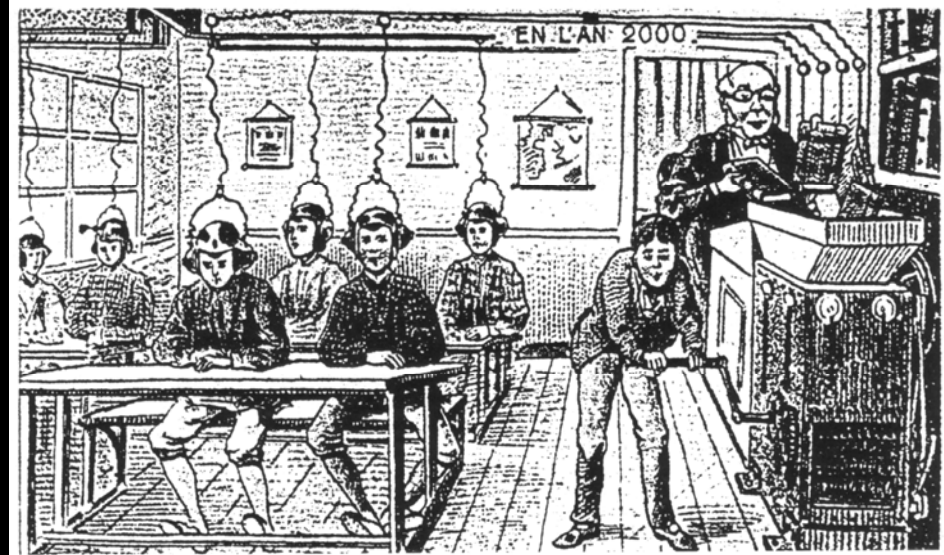


## Isolation acoustique entre 2 classes

■ Étanchéité entre classes délicate à obtenir



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





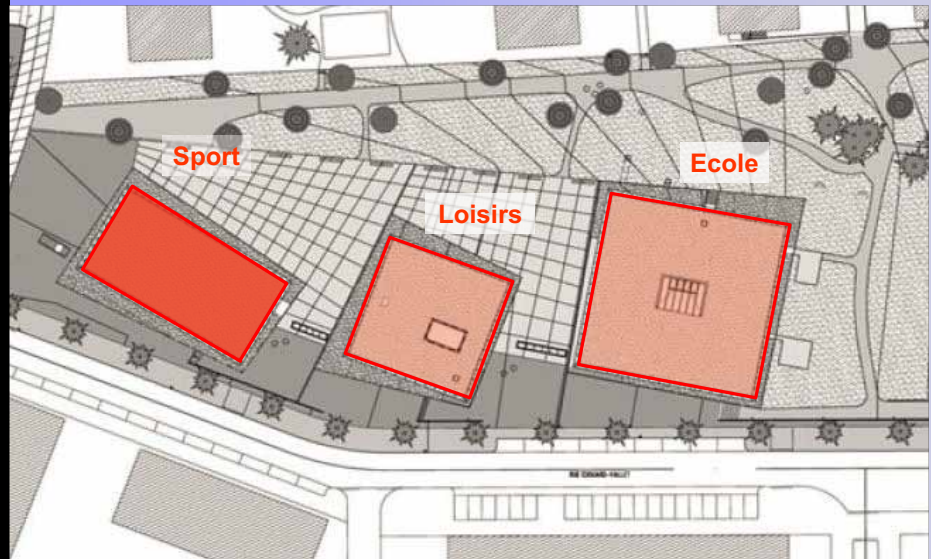


École de CRESSY (2004-2007)

Architectes: Devanthery & Lamunière (GE)

## Groupe Scolaire de Cressy

### ■ Projet avec 3 bâtiments différenciés



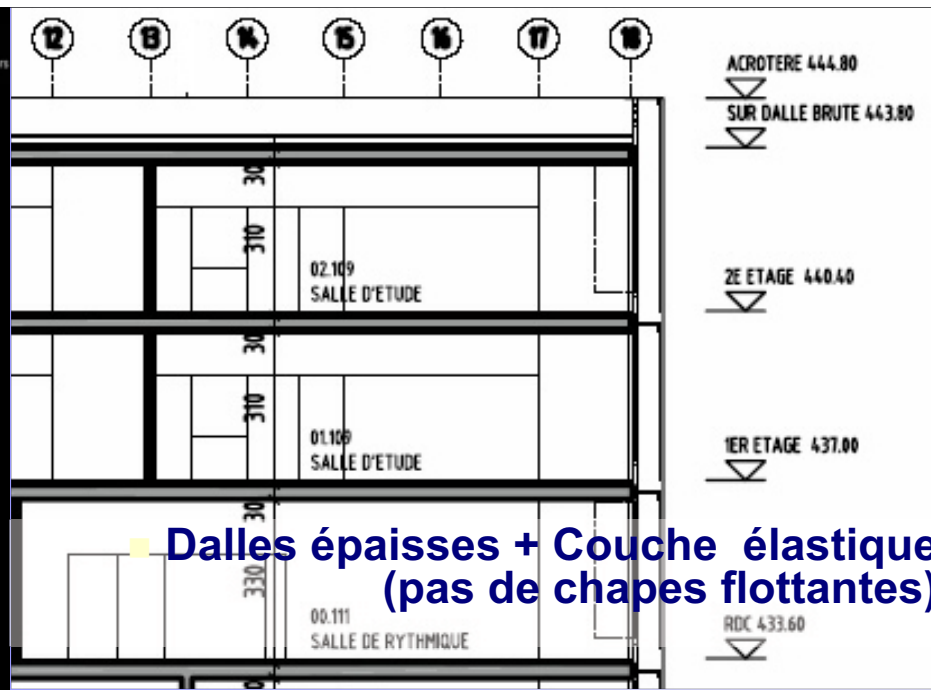
04-2007 Robert BEFFA Acousticien SIA-SSA-SFA / HESGE-EIHES-UER1 robert.beffa@hesge.ch 26



## Groupe Scolaire de Cressy (Confignon-Bernex)

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

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



- Dalles épaisses + Couche élastique (pas de chapes flottantes)

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 :

$$Tr < 0.8 \text{ s à } 500 \text{ Hz}$$

$$\pm 20\% \text{ de } 250 \text{ à } 2000 \text{ Hz}$$



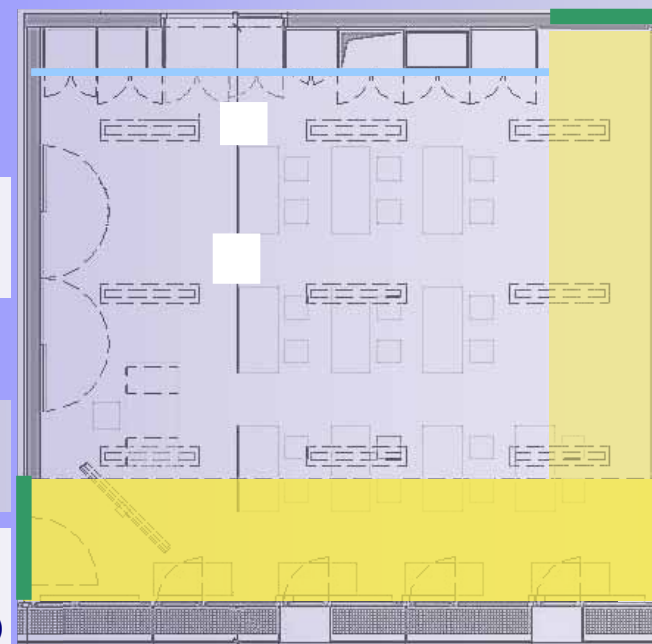
## Étage courant école

## Salles de classe

Armoires  
absorbantes  
(portes)

Mur absorbant  
(bandeau  
vertical)

Plafond  
absorbant  
(plâtre perforé)





## Choix initiaux (matériaux)



## Choix initiaux (matériaux)

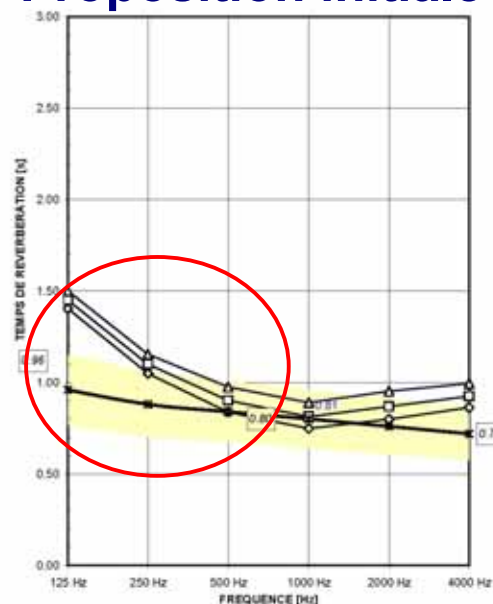


## Tr - Proposition initiale

### ■ 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

04-2007 Robert BEFFA Acousticien SIA-SSA-SFA / HESGE-EIHES-UER1 robert.beffa@hesge.ch 37

## Mesures pendant le chantier



04-2007 Robert BEFFA Acousticien SIA-SSA-SFA / HESGE-EIHES-UER1 robert.beffa@hesge.ch 38

## Test des résonateurs

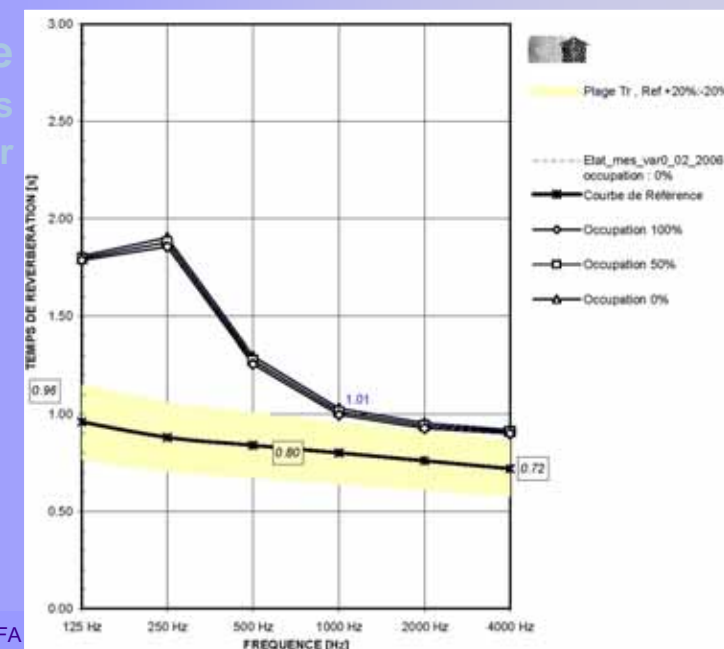


04-2007 Robert BEFFA Acousticien SIA-SSA-SFA / HESGE-EIHES-UER1 robert.beffa@hesge.ch 39

## Résultats des tests

1/3

- A vide  
Sans  
résonateur

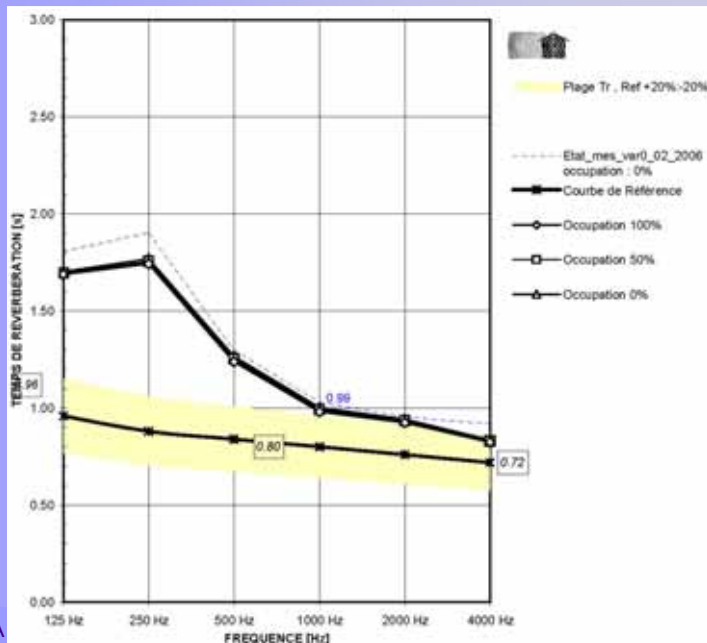


04-2007 Robert BEFFA



## Résultats des tests 2/3

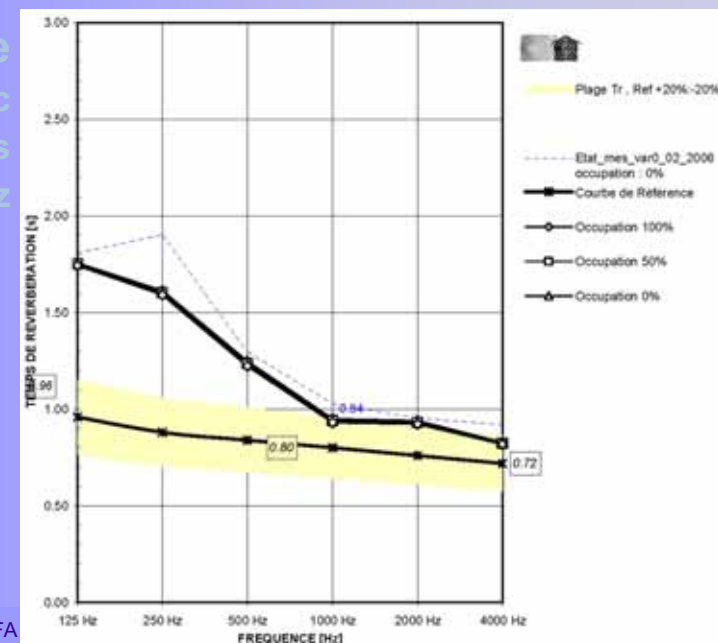
- A vide  
Avec  
résonateurs  
125 Hz



04-2007 Robert BEFFA

## Résultats des tests 3/3

- A vide  
Avec  
résonateurs  
250 Hz



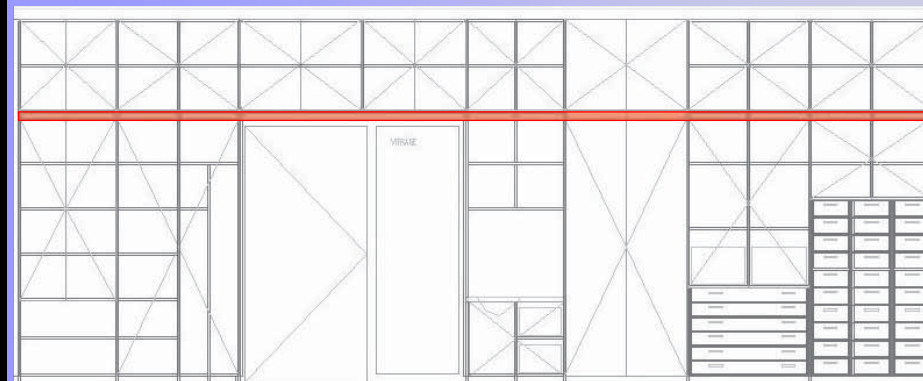
04-2007 Robert BEFFA

## 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](mailto:robert.beffa@hesge.ch) 43

## Positionnement / Armoires



04-2007 Robert BEFFA Acousticien SIA-SSA-SFA / HESGE-EIHES-UER1 [robert.beffa@hesge.ch](mailto:robert.beffa@hesge.ch) 44

## Mesures de réception Classe meublée

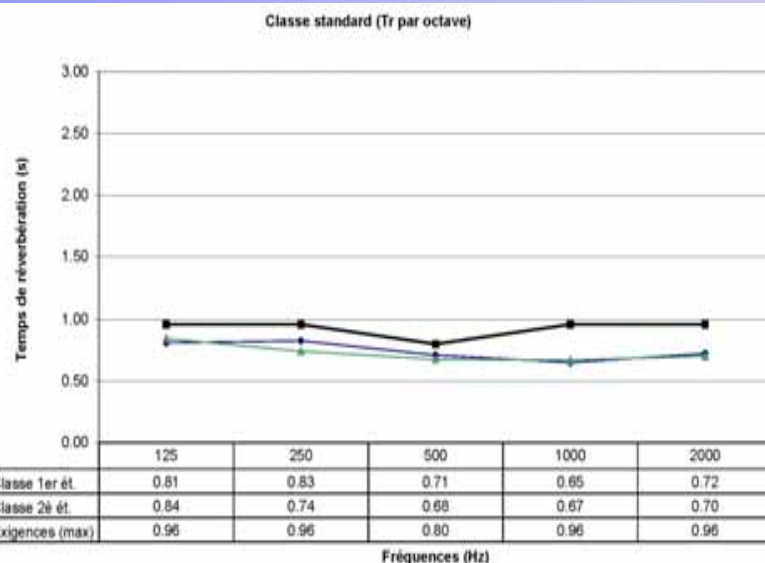


## Mesures de réception Classe meublée et occupée



04-2007 Robert BEFFA Acousticien SIA-SSA-SFA / HESGE-EIHES-UER1 robert.beffa@hesge.ch 46

## Mesures de réception



04-2007 Robert BEFFA Acousticien SIA-SSA-SFA / HESGE-EIHES-UER1 robert.beffa@hesge.ch 47

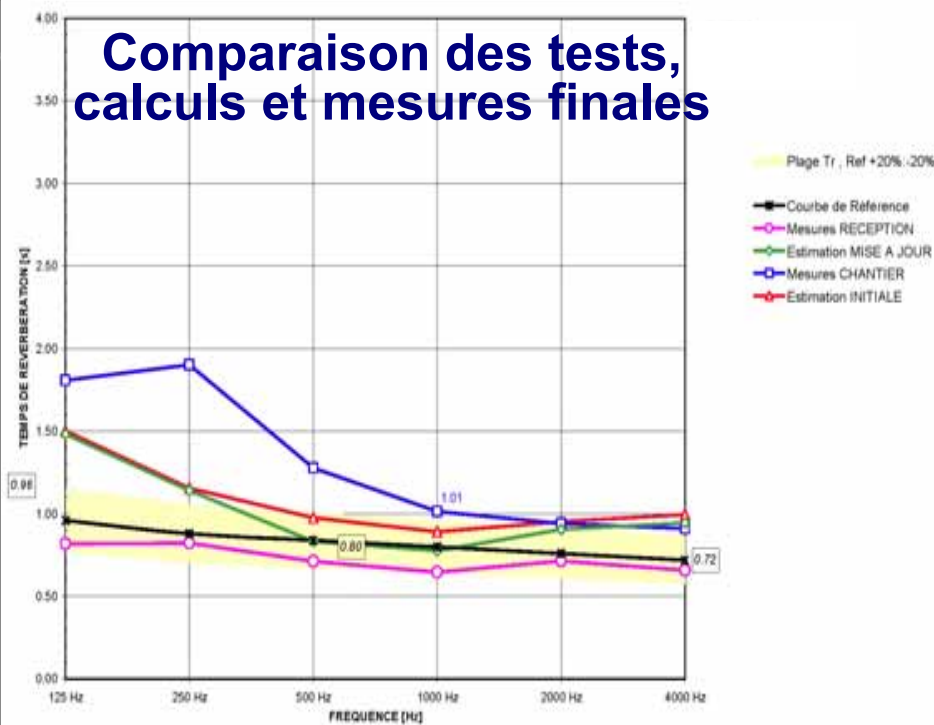
## Mesures de réception

- 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

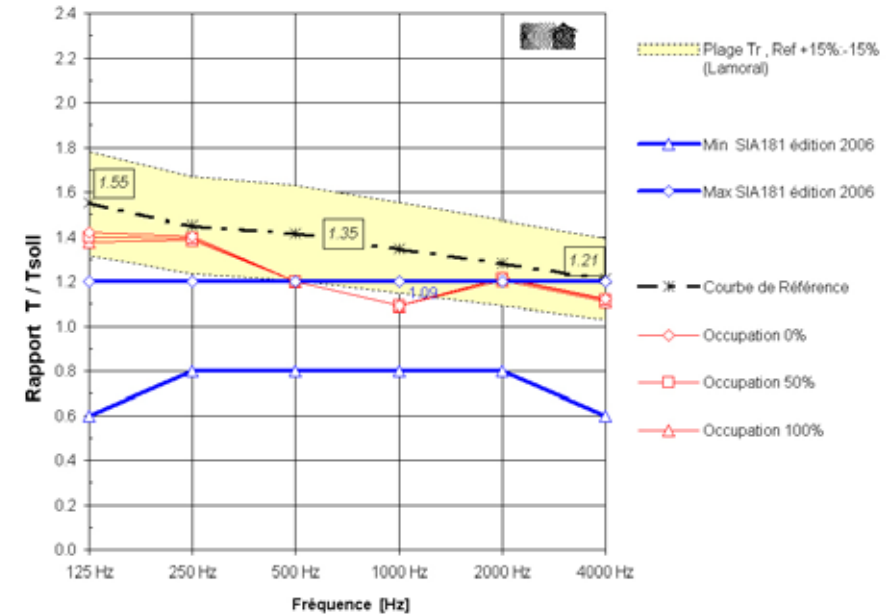
04-2007 Robert BEFFA Acousticien SIA-SSA-SFA / HESGE-EIHES-UER1 robert.beffa@hesge.ch 48



## Comparaison des tests, calculs et mesures finales



## Comparaison mesures finales (ancienne et nouvelle norme)



## Autres affectations: Salle de rythmique



## Autres affectations: Atrium, accueil, dégagements

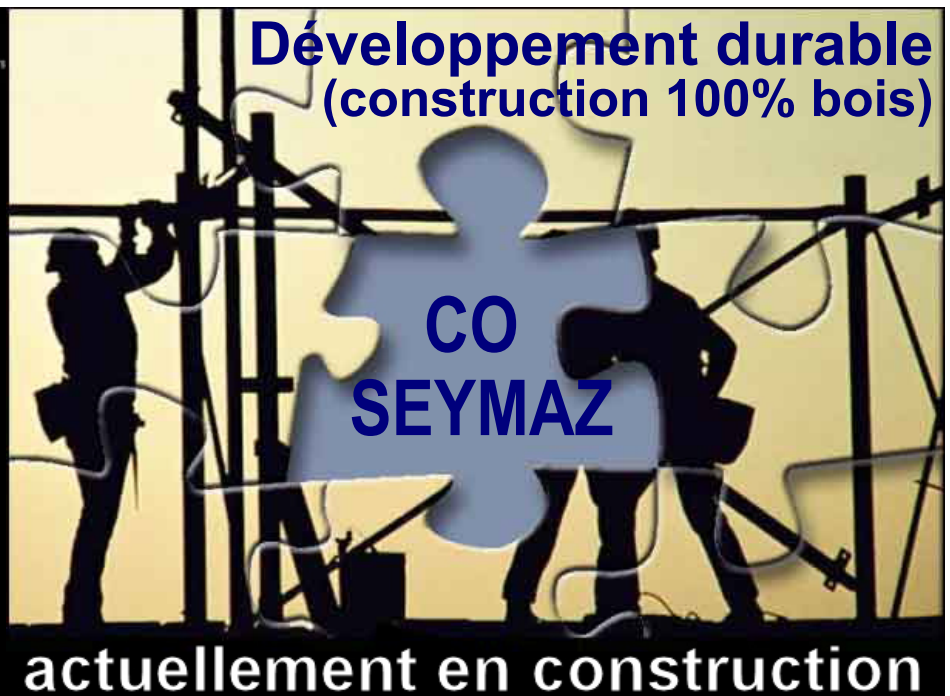


## Autres affectations: Salle de gymnastique



04-2007 Robert BEFFA Acousticien SIA-SSA-SFA / HESGE-EIHES-UER1 [robert.beffa@hesge.ch](mailto:robert.beffa@hesge.ch) 53

Pronostic et traitement acoustique  
dans les locaux scolaires



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



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

Pronostic et traitement acoustique  
dans les locaux scolaires



04-2007 Robert BEFFA Acousticien SIA-SSA-SFA / HESGE-EIHES-UER1 [robert.beffa@hesge.ch](mailto:robert.beffa@hesge.ch) 57