Séminaire Bâtiment Durable

# Conception acoustique des lieux diffusant de la musique

27 octobre 2017

## Cas pratiques : la salle du Cadran à Liège, le stade ARENA à Paris, les salles de l'OM à Seraing

*Suivi de différents projets présentant des défis particuliers en terme d'acoustique, pour une protection optimale du voisinage et pour un confort acoustique interne renforcé*

Fabienne Duthoit
CARE-CEDIA / ULiège

## OBJECTIF(S) DE LA PRÉSENTATION

- Présenter des cas concrets avec des défis particuliers
- Aborder tous les aspects acoustiques d'une salle diffusant de la musique
- Comment gérer l'acoustique avec les contraintes liées au caractère des lieux, au poids, à l'encombrement, au coût des matériaux,…

2

## PLAN DE L'EXPOSÉ

I. Stade ARENA : défi d'exigences d'isolation acoustique très fortes en tenant compte des contraintes de poids, d'encombrement et de coût

II. Salles de l'OM : étude acoustique portant sur tous les aspects (vis-à-vis de l'extérieur, impact dans l'environnement et qualité intérieure des salles)

III. Salles du Cadran : qualité intérieure en gardant le caractère brut des lieux et en limitant les coûts

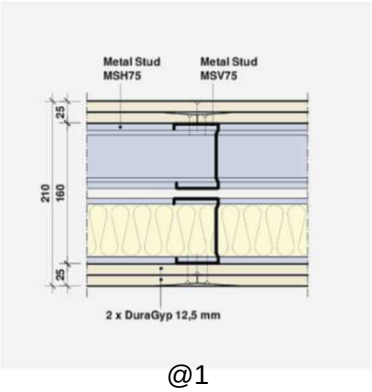
3

## I. Stade ARENA - Situation

4

# I. Stade ARENA - Contraintes acoustiques

| f(Hz) | exigence toiture cahier des charges | exemple dalle béton 25 cm | exemple toiture acier type Haironville IN 229 A | exemple cloison en plaques de plâtre MS 210 DG/2.75-75.2A |
|---|---|---|---|---|
| 63 | 45 | | | 33,1 |
| 125 | 58 | 47 | 39 | 44 |
| 250 | 67 | 54 | 52 | 53,3 |
| 500 | 74 | 60,5 | 72 | 61,5 |
| 1000 | 80 | 67,5 | 87 | 67,8 |
| 2000 | 80 | 74,5 | 101 | 68,7 |
| 4000 | 80 | 82,5 | 100 | 69,9 |




@1

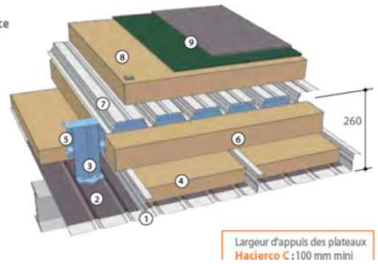
*Face intérieure plane non perforée* - *Mise en œuvre suivant norme NF DTU 43.3 pour le support et suivant notre Enquête Spécialisée en vigueur pour les plateaux*

IN 229 A

**Avantage : Esthétique**

**Absence de fixations de l'isolant apparentes en sous-face**

1. Plateau HACIERCO C 500.90 Ep. 1,25 mm
2. Stickson alu (Soprema)
3. Echantignole (voir questionnaire en fin de ce guide) ou entretoise
4. Laine de roche Sorock Ep.90 mm (Rockwool)
5. Panne Multibeam (voir questionnaire en fin de ce guide)
6. Laine de roche Torock Ep.120 mm (Rockwool)
7. Support HACIERCO 40 SR Ep.0,75 mm
8. Laine de roche Rockacier Ep.120 mm (Rockwool)
9. Etanchéité multicouche bitume




Largeur d'appuis des plateaux Hacierco C : 100 mm mini

@2

5

# I. Stade ARENA - Contraintes techniques

- Poids
- Encombrement
- Coût
- Mesures en laboratoires
- Face intérieure absorbante acoustique

6

## I. Stade ARENA - Contraintes techniques

- Poids
  - Zone périphérique : max. 135 kg/m²
  - Zone centrale : max. 125 kg/m²

7

## I. Stade ARENA - Contraintes techniques

- Encombrement
  - 1.400 mm en périphérie
  - 1.500 mm sur la partie centrale

8

## I. Stade ARENA - Contraintes techniques

- Limite des laboratoires
  - Épaisseur du prototype
  - Limite de poste
  - Incertitude liée aux mesures à 63 Hz

9

## I. Stade ARENA - Contraintes techniques

- Défi relevé par :
  - Entreprise

VINCENT PIRONT TOITURES BARDAGES

phonotech®

  - **Avec CEDIA – ULiège conseiller acoustique**

LIÈGE université

Cedia

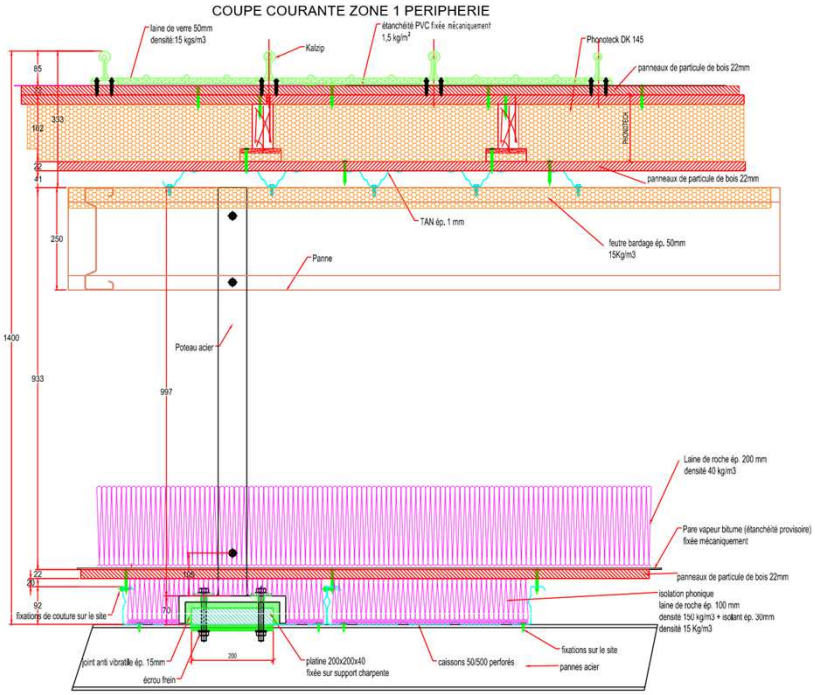
10

## I. Stade ARENA – Performances acoustiques

- Isolation acoustique augmente avec :
  - la masse (limitée)
  - la distance entre couches (limitée)
  - la désolidarisation entre couches

11

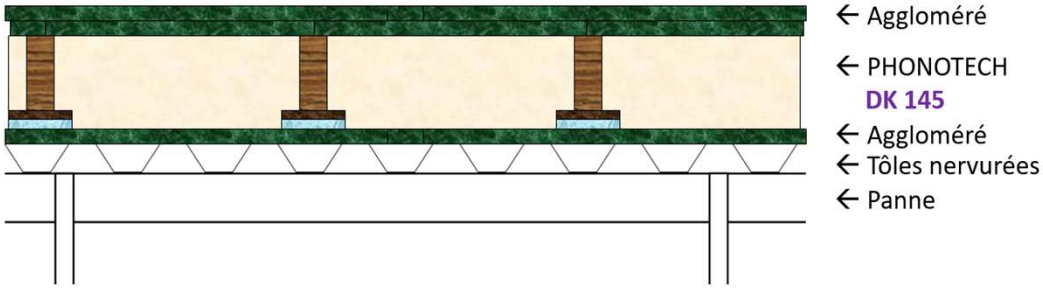
## I. Stade ARENA – Complexe de toiture




12

## I. Stade ARENA – Complexe de toiture

- Membrure supérieure




- **Intégration du produit Phonotech**
  - Phonotech DK145

## I. STADE ARENA – COMPLEXE DE TOITURE

phonotech®

- Panneau d'isolation acoustique
- Très léger
- Principe masse-ressort
- Installation rapide et facile
- Un coût de main d'œuvre revu à la baisse
- Idéal pour détails en toiture

# I. Stade ARENA – Complexe de toiture

- Prototype
  - Évaluation via un logiciel de calculs des isolements acoustiques des parois multiples
  - Validation sur des essais en laboratoires
  - Ajustement des paramètres dans le logiciel de calculs des isolements acoustiques des parois multiples
  - Nouveaux tests en laboratoire

15

# I. Stade ARENA – Complexe de toiture

- Version finalisée

CSTB

11/17

RAPPORT D'ESSAIS N° AC15-26058385/1-Rev01

**INDICE D'AFFAIBLISSEMENT ACOUSTIQUE R D'UNE TOITURE INDUSTRIELLE**

AD54

| | |
|---|---|
| Essai | 1 |
| Date | 11/08/15 |
| Poste | DELTA |

**APPELLATION** Toiture du stade ARENA NANTERRE LA DEFENSE

**CONFIGURATION** Avec panneaux modulaires d'épaisseur 162 mm et panneaux en particules de bois agglomérées d'épaisseur 22 mm

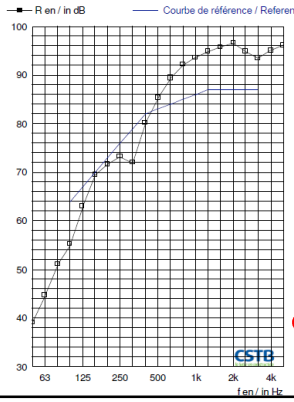
**CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES**

Dimensions en mm : 3600 x 4200
Épaisseur en mm : 1170
Masse surfacique en kg/m² : 116

**CONDITIONS DE MESURES**

**Salle émission :** Température : 23 °C, Humidité relative : 62 %
**Salle réception :** Température : 26 °C, Humidité relative : 51 %

**RÉSULTATS**

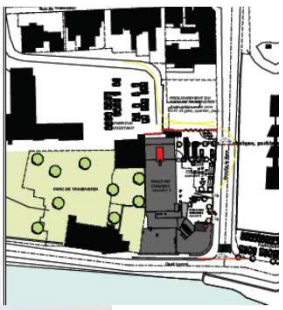


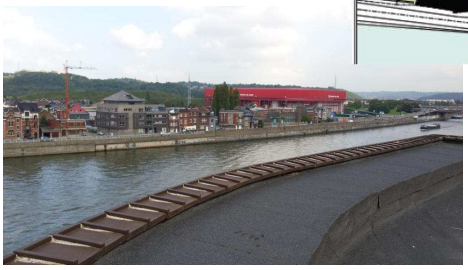

| f | R |
|---|---|
| 50 | 39,1+ |
| 63 | 44,7+ |
| 80 | 51,1+ |
| 100 | 55,2+ |
| 125 | 63,1+ |
| 160 | 69,4+ |
| 200 | 71,7+ |
| 250 | 73,2+ |
| 315 | 72,0+ |
| 400 | 80,2+ |
| 500 | 85,3*+ |
| 630 | 89,4*+ |
| 800 | 92,1*+ |
| 1000 | 93,6*+ |
| 1250 | 94,8*+ |
| 1600 | 95,7*+ |
| 2000 | 96,6*+ |
| 2500 | 94,8*+ |
| 3150 | 93,5*+ |
| 4000 | 95,1*+ |
| 5000 | 96,1*+ |
| Hz | dB |

$R_w$ (C;$C_{tr}$) ≥ 83(-2;-9) dB

16

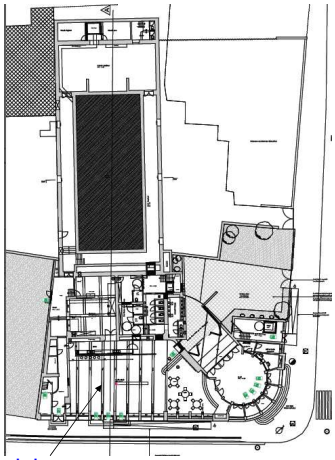
## II. Salles de l'OM – Situation



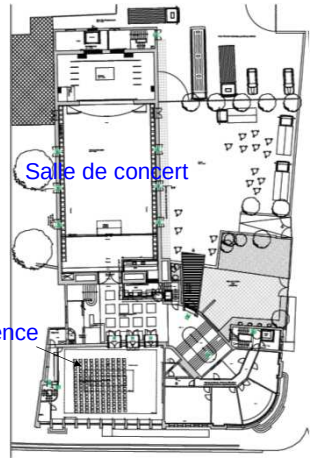


17

## II. Salles de l'OM – projet




Plans du 0




Plans du 1er

18

## II. Salles de l'OM – Impact dans l'environnement

- Réglementation en RW : conditions particulières de la SPW :
  - $L_{Aeq}$ < 35 dBA
  - $L_{A,éq,1s,max}$ < 45 dBA
- Hypothèses convenues avec le MO :
  - 100 dBA dans la salle de concert
  - 95 dBA dans la salle de conférence
  - 95 dBA dans le café-club

19

## II. Salles de l'OM – Impact dans l'environnement

- Salle de concert :
  - 13 grandes fenêtres de briques de verre ($R_{Atr}$ : 38 dB)
  - 7 fenêtres (à remplacer – même ordre que briques de verre)
  - 11 portes (à remplacer - même ordre que briques de verre

20

## II. Salles de l'OM – Impact dans l'environnement

- Salle de conférence :
  - 11 fenêtres (à remplacer – même que pour salle de concert)

21

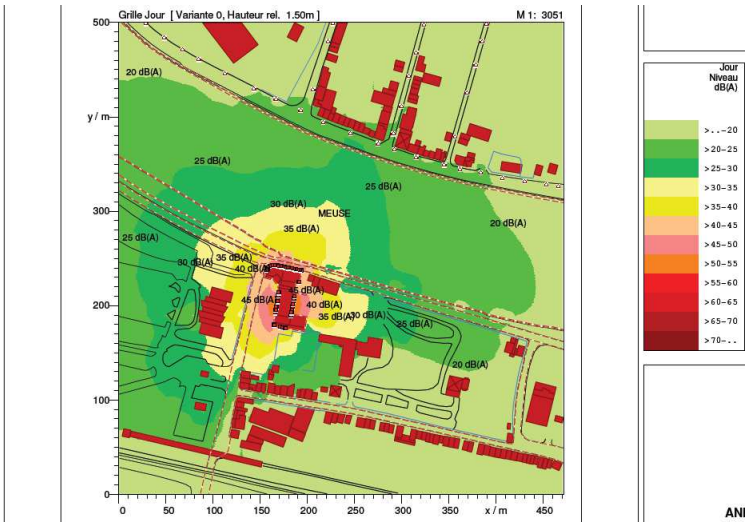
## II. Salles de l'OM – Impact dans l'environnement

- Café-club
  - 9 fenêtres (à remplacer – même que pour salle de conférence)
  - 8 portes (à remplacer – même que pour salle de concert)

22

## II. Salles de l'OM – Impact dans l'environnement

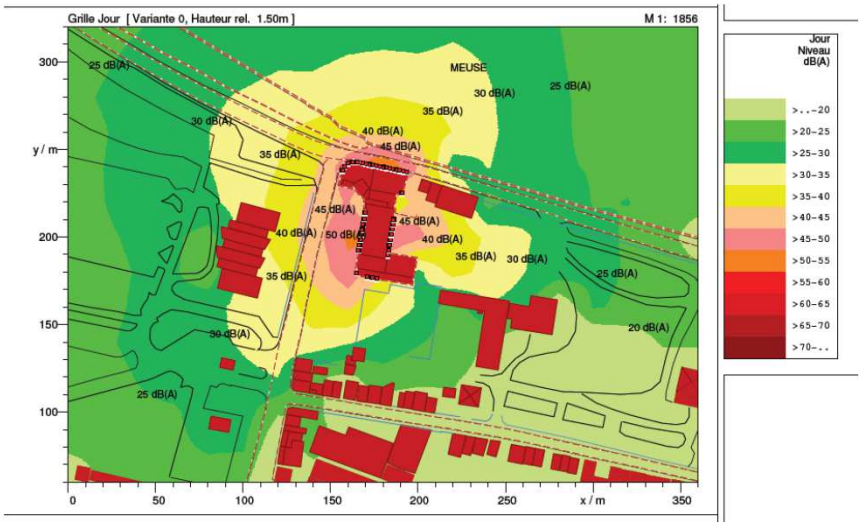
- Modélisation 3D du site




23

## II. Salles de l'OM – Impact dans l'environnement

- Modélisation 3D du site




24

## II. Salles de l'OM – Impact dans l'environnement

- Pour les riverains en face et l'arrière, la limite est respectée
- La zone à gauche n'est pas en zone d'habitat
- Les maisons à droite vont être démolies
- Pour l'ancien hôpital qui va être réhabilité à droite, la limite est respectée

25

## II. Salles de l'OM – Protection du bruit extérieur

- Valeurs limites :
  - 30 dBA dans la salle de concert
  - 30 dBA dans la salle de conférence
  - 35 dBA dans le café-club
- Niveaux sonores mesurés à l'extérieur :
  - $L_{Aeq}$ = 75 dBA en façade avant
  - $L_{Aeq}$ = 57 dBA en façade latérale (rue de la gare)
  - $L_{Aeq}$ = 59 dBA en façade latérale (parc de Trasenster)

26

## II. Salles de l'OM – Protection du bruit extérieur

- Exigences pour les façades :
  - $D_{Atr} \geq 30$ dBA pour la façade latérale de la salle de concert (rue de la gare)
  - $D_{Atr} \geq 32$ dBA pour la façade latérale de la salle de concert (parc de Trasenster)
  - $D_{Atr} \geq 48$ dBA pour la façade avant de la salle de conférence
  - $D_{Atr} \geq 40$ dBA pour la façade avant du café-club

27

## II. Salles de l'OM – Protection du bruit extérieur

- Evaluation avec les traitements prévus pour l'impact dans l'environnement :
  - $D_{Atr} = 51$ dB pour la façade latérale de la salle de concert (rue de la gare) -> OK
  - $D_{Atr} = 52$ dBA pour la façade latérale de la salle de concert (parc de Trasenster) -> OK
  - $D_{Atr} = 44$ dBA pour la façade avant de la salle de conférence -> NOK -> renforcer les vitrages ($R_{Atr} \geq 44$ dB)
  - $D_{Atr} \geq 44$ dBA pour la façade avant du café-club -> OK

28

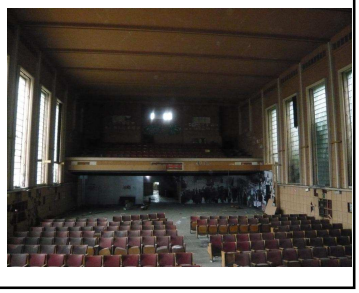
## II. Salles de l'OM – Acoustique intérieure de la salle de concert

- Objectifs :
  - Salle polyvalente : concerts rock ou électro, théâtre, présentation audio-visuelle,…
  - Temps de réverbération recommandé ≤ 1 s
  - Clarté ≥ 6 dB pour la musique électronique

29

## II. Salles de l'OM – Acoustique intérieure de la salle de concert

- Situation actuelle :
  - Salle de spectacle pour musique orchestrale
  - Temps de réverbération mesuré : 1.5 s (optimal pour la musique orchestrale, trop grand pour la parole et la musique rock)
  - Clarté : 1 dB (optimal pour la musique orchestrale, trop faible pour la parole et la musique rock)



## II. Salles de l'OM – Acoustique intérieure de la salle de concert

- Situation projetée :
  - Salle polyvalente (activité principale : concerts musique amplifiée)
  - Dépose des sièges du parterre
  - Dépose des revêtements muraux
  - Dépose des tentures de scène
  - Temps de réverbération évalué : 4.6 s (trop grand pour la musique rock)
  - Clarté évaluée : -2 dB (trop faible pour la musique rock)

31

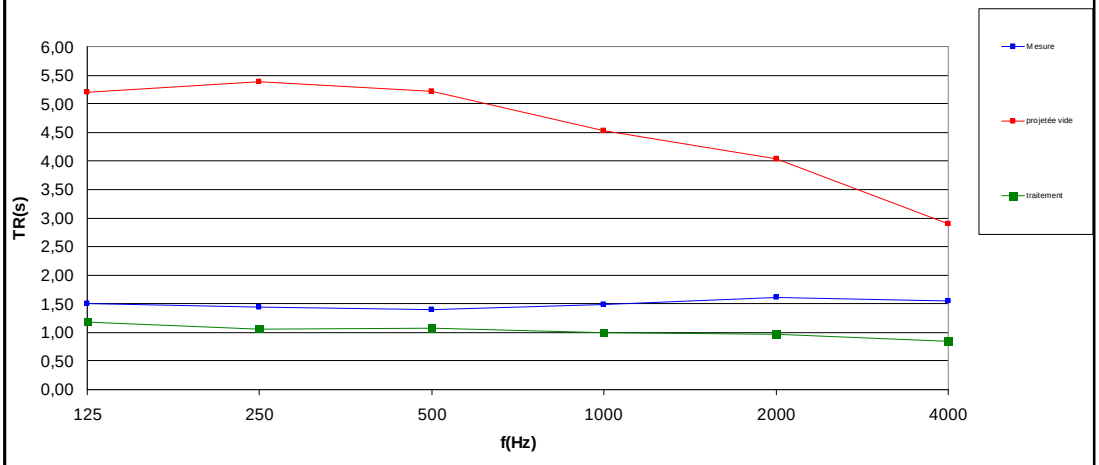
## II. Salles de l'OM – Acoustique intérieure de la salle de concert

- Avec traitements :
  - Tentures épaisses sur les murs latéraux et le mur derrière la scène
  - Panneaux de laine de roche de haute densité sur le plafond de la scène
  - Panneaux de laine de roche de haute densité recouverts d'un métal perforé sur le mur du fond de la salle et sur le plafond de la salle
  - Temps de réverbération évalué : 1 s (OK pour la musique rock)
  - Clarté évaluée : 12 dB (OK pour la musique rock)

32

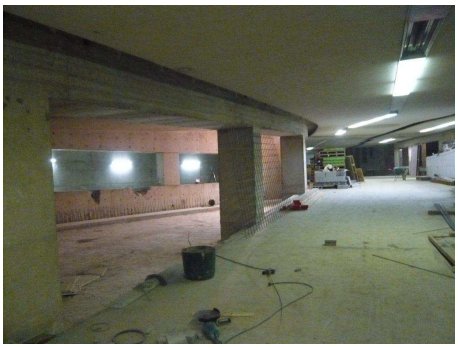
## II. Salles de l'OM – Acoustique intérieure de la salle de concert

- Avec traitements :




33

## III. Salles du Cadran – Situation



34

## III. Salles du Cadran – Acoustique intérieure de la salle de concert

- Objectifs :
  - Salle polyvalente : concerts électro, banquets,…
  - Temps de réverbération recommandé ≤ 0.9 s
  - EDT ≤ 0.95 s pour l'intelligibilité
  - $D_{50}$ ≥ 70 % pour l'intelligibilité
  - Clarté ≥ 6 dB pour la musique électronique
  - RASTI ≥ 0.75 pour l'intelligibilité

35

## III. Salles du Cadran – Acoustique intérieure de la salle de concert

- Situation actuelle :
  - Temps de réverbération mesuré : 2.2 s (trop grand pour banquets et musique électro)
  - EDT : 2.25 s (trop grand pour l'intelligibilité)
  - $D_{50}$ : 33 % (trop faible pour l'intelligibilité)
  - Clarté : -1 dB (trop faible pour la musique électro)
  - RASTI : 0.49 (trop faible pour l'intelligibilité)

36

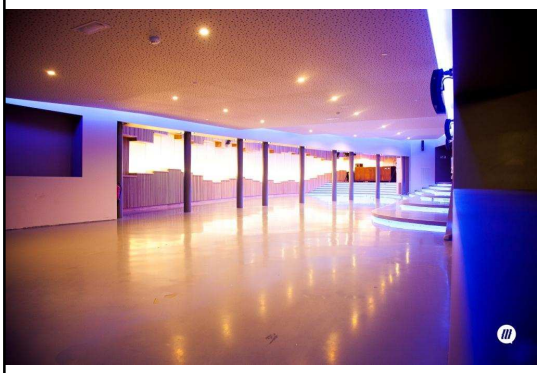
## III. Salles du Cadran – Acoustique intérieure de la salle de concert

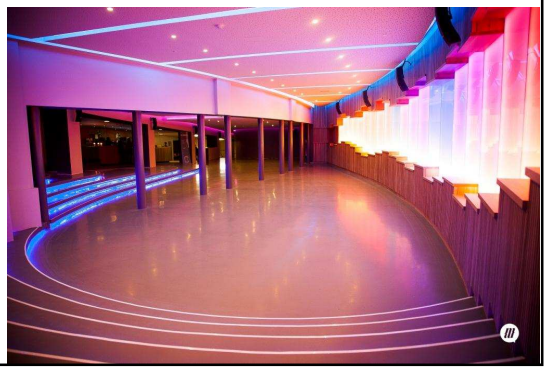
- Traitements :
  - Panneaux de laine de roche de haute densité recouverts d'un lambris ajouré sur les murs
  - Panneaux de laine de roche de haute densité recouverts d'un lambris ajouré sur les parties verticales des bars
  - Faux-plafond en plaques de plâtre perforées recouvertes d'une laine minérale
  - Banquette rembourrées
  - Vitrages en relief

37

## III. Salles du Cadran – Acoustique intérieure de la salle de concert

- Traitements :





## CE QU'IL FAUT RETENIR DE L'EXPOSÉ

- Bien penser à tous les aspects acoustiques dés le début :
  - Impact sur l'environnement (contraintes légales)
  - Protection du bruit en provenance de l'extérieur
  - Contrôler la réverbération et les qualités acoustiques
- Le contrôle de la réverbération peut être réalisé en tenant compte de l'esthétique, du caractère du lieu, du coût,…
- Des isolements acoustiques très importants peuvent être obtenus avec des contraintes de poids et d'encombrement, tout en limitant les coûts à condition de désolidariser au mieux les différentes couches

39

## Références

- Site internet Gyproc @1
- Site internet Arval @2

40

# CONTACT

**Fabienne Duthoit**
Ir de recherche
Coordonnées
☎: 32 4 366 26 51
E-mail : f.duthoit@ulg.ac.be