



Ακουστική των αιθουσών #03

Nicolas REMY

ΕΑΡΙΝΟΥ ΕΞΑΜΗΝΟΥ 2010-11

Παραδείγματα

nicola.remy@gmail.com

 ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ ΤΜΗΜΑ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

5- Χρόνος αντήχησης, (T ή RT ή RT60) (Η διάρκεια αντήχησης)

Ο χρόνος αντήχησης ενός χώρου (για κάθε συχνότητα) ορίζεται ως ο χρόνος που απαιτείται για να μειωθεί η στάθμη της ηχητικής πίεσης L_p που δημιουργείται στον χώρο από μια ηχητική πηγή κατά 60dB μετά από την παύση της

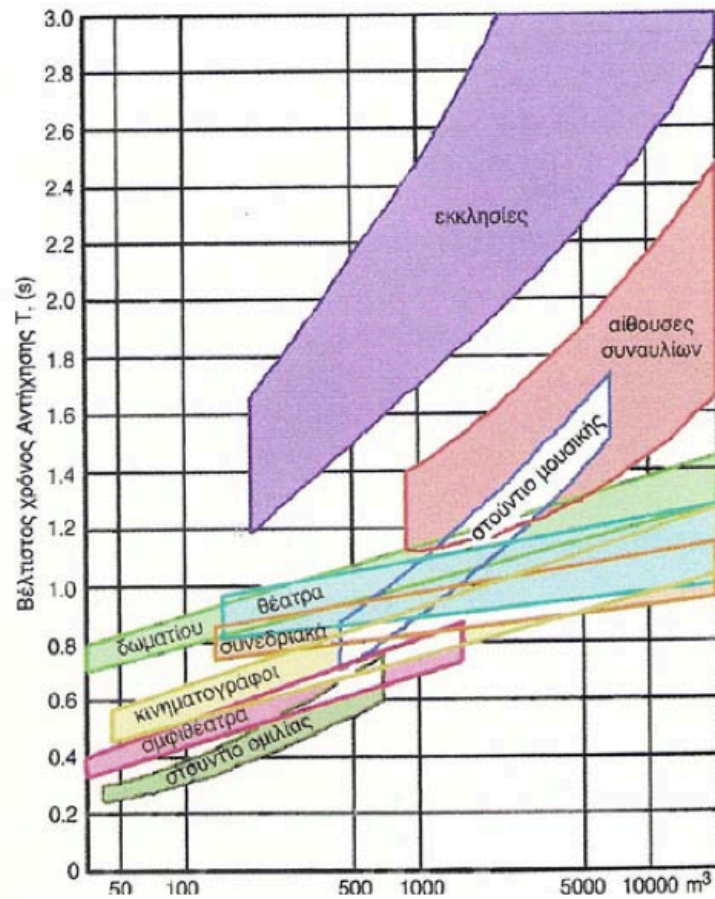
Χρησιμοποιούμε τον τύπο του Walter Clement SABINE (1900) που λέει :

$$RT60 = 0,16 \frac{V}{A}$$

με:

V, όγκος της αίθουσας

A, Ισοδύναμη ηχοαπορροφητική επιφάνεια



4- Ισοδύναμη ηχοαπορροφητική επιφάνεια

Η ηχοαπορροφητική ικανότητα ενός χώρου εξαρτάται από την ηχοαπορρόφηση των επιφανειών του (τοίχοι, οροφές, δάπεδα) καθώς και από την ηχοαπορροφητική ικανότητα των αντικειμένων που βρίσκονται μέσα σε αυτόν (έπιπλα, κουρτίνες, χαλιά, κτλ.)

Η συνολική ηχοαπορροφητική ικανότητα ενός χώρου δίνεται με την ισοδύναμη ηχοαπορροφητική επιφάνεια :

$$A = \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot S_i$$

	συχνότητα (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
Ασοβάτιστος τοίχος, άβαφος	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,07
Βαμμένος τοίχος, καλυμμένος	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03
Επιφάνειες μπετόν αδρές	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,07
Λείος σοβάς σε τοίχο	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,04
Ασβεστοκονίαμα πεταχτό 15 mm	0,08	0,15	0,31	0,50	0,61	0,71
Επένδυση ραμποτέ 16 mm με 40 mm διάκενο	0,18	0,12	0,16	0,09	0,08	0,07
Νονοραπ 10 mm με αδρή επιφάνεια και διάκενο 50 mm	0,13	0,24	0,14	0,14	0,16	0,20
Νονοραπ 8 mm, διάκενο 20 mm γεμισμένο με ηχοσπορροφητικό	0,46	0,24	0,04	0,01	0,01	
Μοκέτα 5 mm πάνω σε δάπεδο	0,04	0,04	0,15	0,3	0,5	0,6
Χαλί με μακρύ πέλμα σε δάπεδο	0,09	0,08	0,21	0,26	0,27	0,4
Ξύλινη πόρτα πλακάζ	0,14		0,06		0,05	
Άτομα καθιστά		0,23	0,56	0,78	0,88	0,89
Καρέκλα ξύλινη	0,01		0,02		0,02	
Πολυθρόνα βαθιά με ύφασμα	0,28	0,28	0,28	0,28	0,34	0,34
Συνήθης κουρτίνα κλειστή	0,05		0,23		0,30	
Πάπλωμα ορुकτόμαλλου 40 mm	0,19	0,34	0,55	0,74	0,88	0,97
Πλάκες ορुकτόμαλλου και διάκενο 8 mm	0,12	0,25	0,83	0,87	0,64	0,52
Φύλλο αλουμινίου 0,5 mm με διάτρηση 12,5%, με διάκενο 45 mm και απορροφητικό	0,77	0,56	0,50	0,48	0,49	0,40
Αφρώδες 50 mm πάνω σε τοίχο	0,12	0,20	0,45	0,65	0,70	0,75

ΠΙΝΑΚΑΣ IV. Συντελεστές ηχοαπορρόφησης διαφόρων υλικών και διατάξεων

2.2- Η απορρόφηση του ήχου

A- Συνηχητές μεμβράνες - Το εφέ της μεμβράνης

- Συνηχητές μεμβράνες : σημαντική ηχοαπορρόφηση στις χαμηλές συχνότητες (< 300Hz)

Η ηχοαπορρόφηση των συνηχητών μεμβρανών είναι μέγιστη στην συχνότητα συντονισμού f_0 που καθορίζεται από την επιφανειακή μάζα ρ_s του φύλλου και το πάχος του διακένου d (αέρας):

$$f_0 = \frac{60}{\sqrt{\rho_s d}}$$

Παράδειγμα :

Κοντραπλακέ $\rho_s = 5 \text{ kg/m}^2$

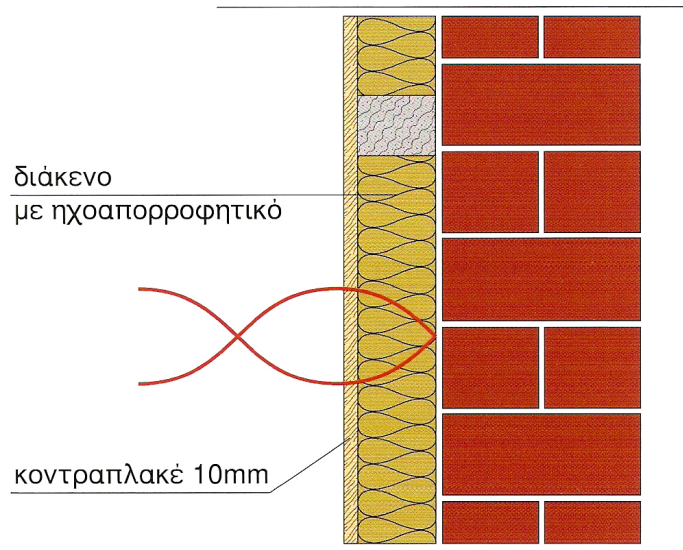
$d = 8 \text{ cm}$

$f_0 = 95 \text{ Hz}$



2.2- Η απορρόφηση του ήχου

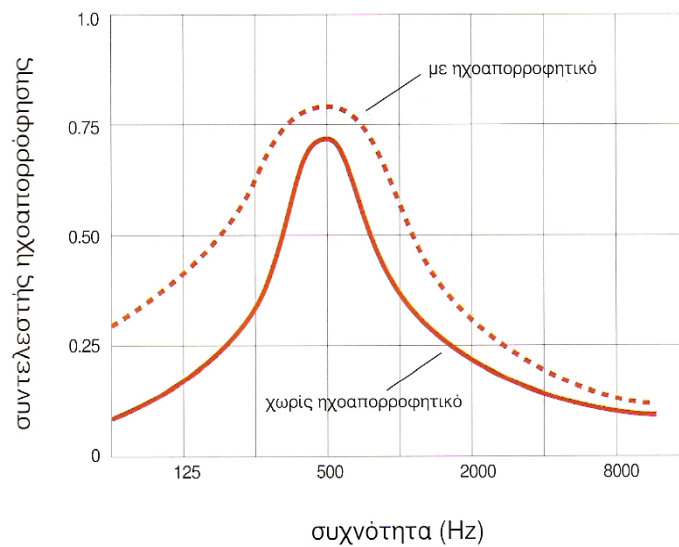
A- Συνηχητές μεμβράνες - Το εφέ της μεμβράνης



Σχ.15. Διάταξη συνηχητή μεμβράνης

2.2- Η απορρόφηση του ήχου

A- Συνηχητές μεμβράνες - Το εφέ της μεμβράνης



Σχ.16. Συντελεστής ηχοαπορρόφησης συνηχητή μεμβράνης

2.3- Η απορρόφηση του ήχου

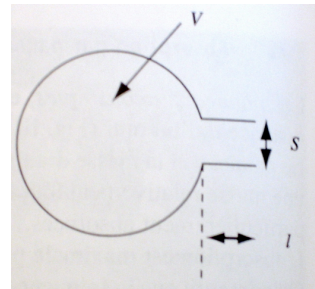
B- Το εφέ των συνηχητών κοιλότητας

•Συνηχητές κοιλότητας : σημαντική ηχοαπορρόφηση στις **μεσαίες** συχνότητες (< $f < 1400$ Hz)

Οι συνηχητές αυτοί αποτελούνται βασικά από μια κοιλότητα όγκου V όπου εγκλωβίζεται αέρας που επικοινωνεί με τον ελεύθερο χώρο με στενό άνοιγμα (λαιμό) διατομής S και μήκους L .

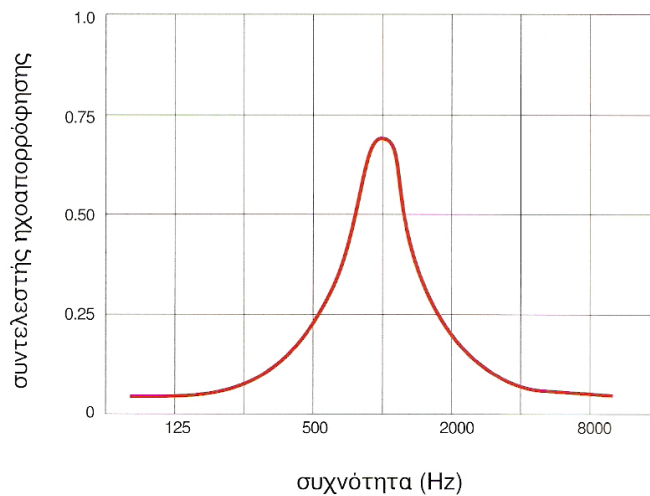
Οι συνηχητές κοιλότητας παρουσιάζουν αυξημένη ηχοαπορρόφηση σε μια συγκεκριμένη συχνότητα f_R

$$f_R = \frac{320}{2\pi} \sqrt{\frac{S}{VL}}$$



2.3- Η απορρόφηση του ήχου

B- Το εφέ των συνηχητών κοιλότητας

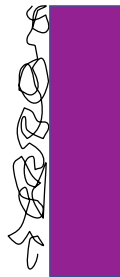


Σχ.18. Συντελεστής ηχοαπορρόφησης συνηχητή κοιλότητας

2.3- Η απορρόφηση του ήχου Πορώδη ηχοαπορροφητικά

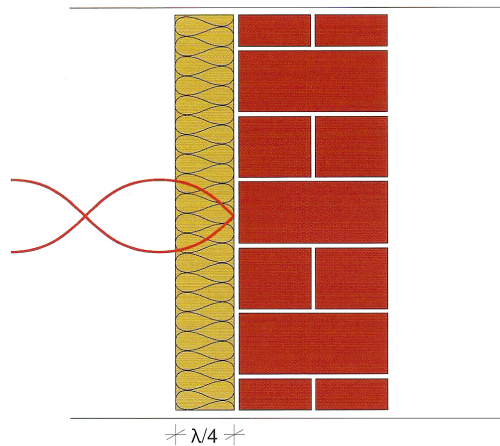
• Πορώδη ηχοαπορροφητικά: σημαντική ηχοαπορρόφηση στις υψηλές συχνότητες (> 1400 Hz)

Τα πορώδη υλικά (πετροβάμβακας, υαλοβάμβακας, ινώδη) είναι υλικά με ανοικτούς πόρους. Η βασική ακουστική λειτουργία των υλικών αυτών είναι η απορρόφηση του ήχου μέσα από την μετατροπή της ηχητικής ενέργειας σε θερμότητα μέσα στους πόρους.



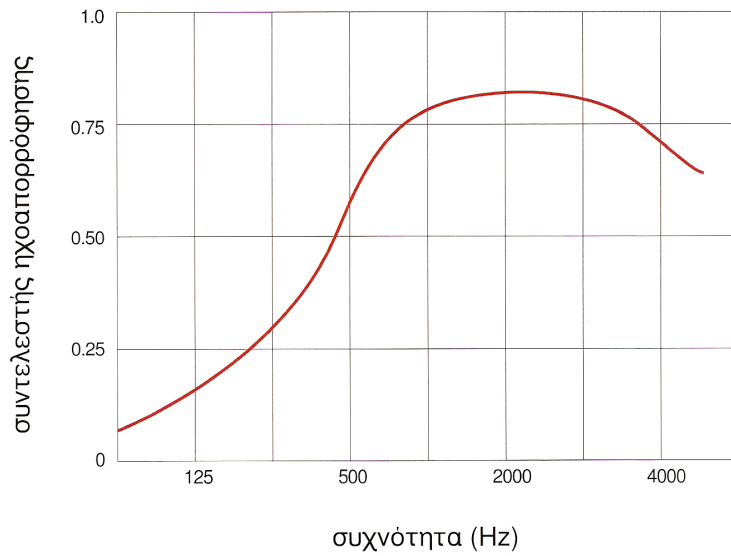
2.3- Η απορρόφηση του ήχου Πορώδη ηχοαπορροφητικά

Για αποτελεσματική ηχοαπορρόφηση σε μια συγκεκριμένη συχνότητα, θα πρέπει το πάχος του ηχοαπορροφητικού να είναι συγκρίσιμο με το $1/4$ του μήκους κύματος στη συχνότητα αυτή. Σε αντίθετη περίπτωση η ηχοαπορρόφηση είναι χαμηλή.



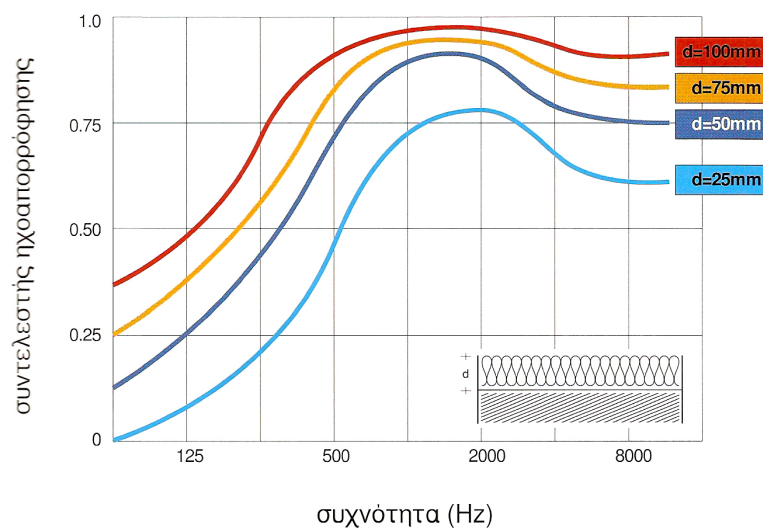
Σχ.12α. Σχέση μήκους κύματος - πάχους πορώδους

2.3- Η απορρόφηση του ήχου Πορώδη ηχοαπορροφητικά



Σχ.12β. Συντελεστής ηχοαπορρόφησης πορώδους υλικού

2.3- Η απορρόφηση του ήχου Πορώδη ηχοαπορροφητικά

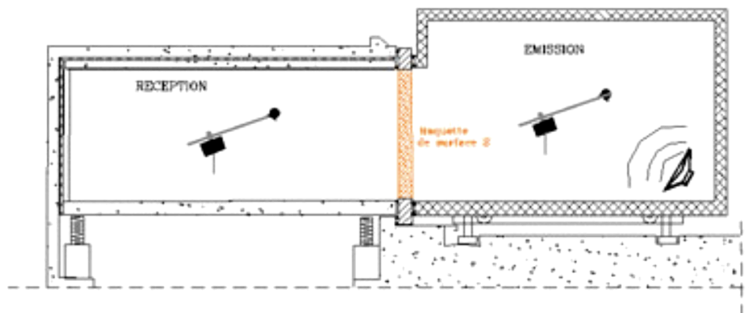


Σχ.13. Επίδραση του πάχους του πορώδους υλικού στον συντελεστή ηχοαπορρόφησης

a/a	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	125	250	500	1000	2000	4000	ΠΗΓΗ	
Ηχοαπορροφητικές διατάξεις									
Τοίβλο, σοβάς, μέταλλο	46	Κοίλο τοίβλο με σχισμή και πετροβάμβακα στην κοιλότητα (*)	0,15	0,6	0,65	0,42	0,38	0,38	11
	47	Ακουστικός σοβάς 10mm	0,08	0,15	0,3	0,5	0,6	0,7	15
	48	Ακουστικός σοβάς Zonolite 13 mm	0,31	0,32	0,52	0,81	0,88	0,84	5
	49	Ακουστικός σοβάς Zonolite 25 mm	0,25	0,45	0,78	0,92	0,89	0,87	5
	50	Φύλλο μη διάτρητου αλουμινίου πάχους 0,5mm σε απόσταση 20mm με πετροβάμβακα 70kg/m ³ στο κενό	0,54	1,02	0,69	0,5	0,41	0,22	6
	51	Μεταλλικό φύλλο χωρίς ορατές οπές με ακουστική βαφή, τύπος Mikrorogor M, σε απόσταση 300mm	0,21	0,77	0,64	0,7	0,8	0,71	7
Προϊόντα ξύλου	52	16mm ξύλο σε ξύλινα στηρίγματα 40mm	0,18	0,12	0,1	0,09	0,08	0,07	8
	53	Πλαίσιο κόντρα πλακέ 1 cm	0,28	0,22	0,17	0,09	0,1	0,11	1
	54	Ξύλινη επένδυση με κενό	0,27	0,25	0,1	0,06	0,06	0,06	9
	55	22mm μοριοσανίδα, πάνω από κενό 50mm γεμάτο με ορυκτοβάμβακα	0,12	0,04	0,06	0,05	0,05	0,05	3
	56	3-4 mm άβυσσος ή φύλλα κόντρα πλακέ σε κενό 75mm με 25-50mm ορυκτοβάμβακα	0,5	0,3	0,1	0,05	0,05	0,05	3
	57	25 mm κόντρα πλακέ κολημένο σε τοίχο από γύψο 65mm με μεταλλικά στηρίγματα	0,05	0,05	0,05	0,05	0,02	0,02	5
	58	Πλαίσιο 6mm κόντρα πλακέ με κενό 75mm, στο οποίο ακριβώς πίσω από το κόντρα πλακέ τοποθετούνται λωρίδες πετροβάμβακα 25 mm	0,6	0,3	0,1	0,09	0,09	0,09	5
	59	Πλαίσιο κόντρα πλακέ 9,5mm	0,28	0,22	0,17	0,09	0,1	0,11	5
	60	Ξύλινο πλαίσιο 9,5-12,5mm σε κενό 50-100mm	0,3	0,25	0,2	0,17	0,15	0,1	5
	61	Ακουστικά πλαίσια Dewetop τύπος A (συντονιστής Helmholtz)	0,15	0,7	0,53	0,55	0,98	0,65	6
	62	Ακουστικά πλαίσια Dewetop τύπος A (συντονιστής Helmholtz)	0,23	0,18	0,23	0,53	1,03	0,63	6
	63	Ακουστικά πλαίσια Torakustik 28/4M 7.5% (*)	0,17	0,48	1,03	0,88	0,47	0,41	18
	64	Ακουστικά πλαίσια Torakustik 28/4M 7.5% σε κενό 170mm (*)	0,65	0,94	0,94	0,73	0,51	0,43	18

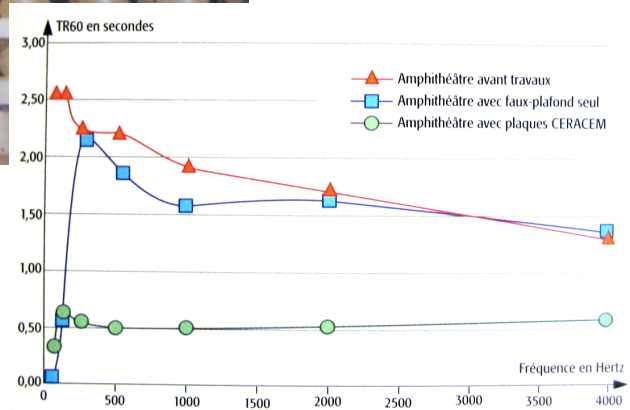
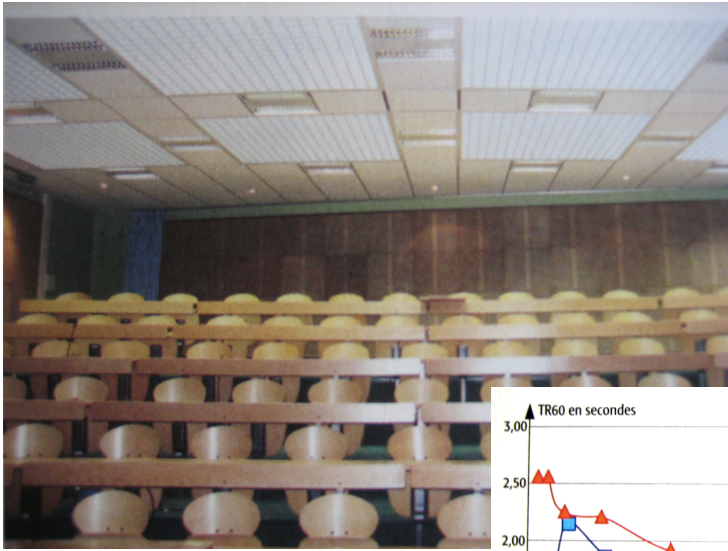
3- Ο άλφα Sabine - Ο συντελεστής ηχοαπορρόφησης)

Παράδειγμα μέτρησης του άλφα Sabine των υλικών.

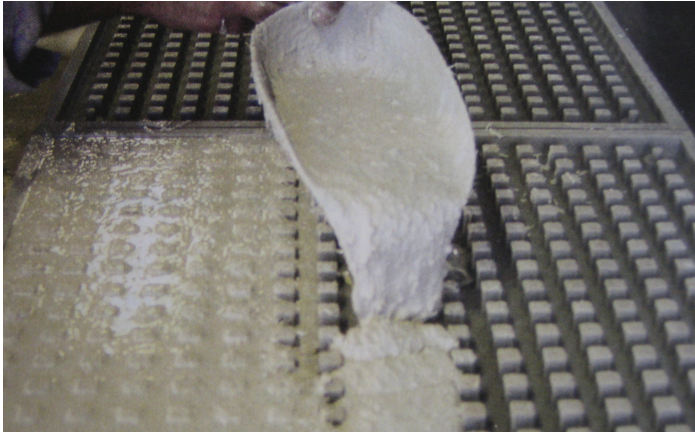
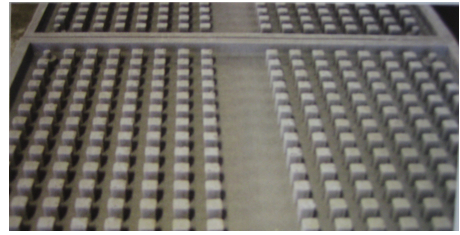
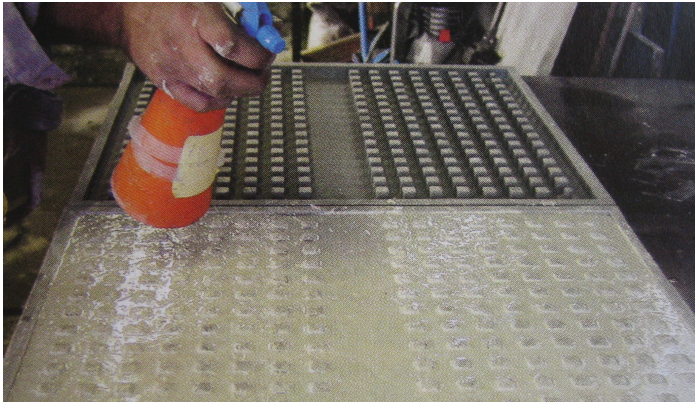








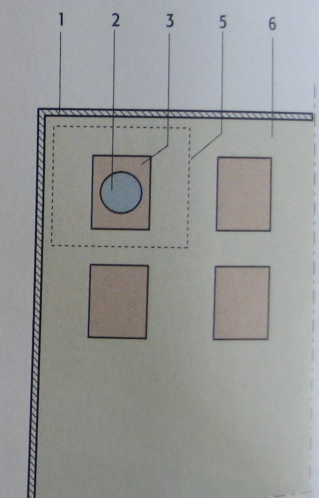
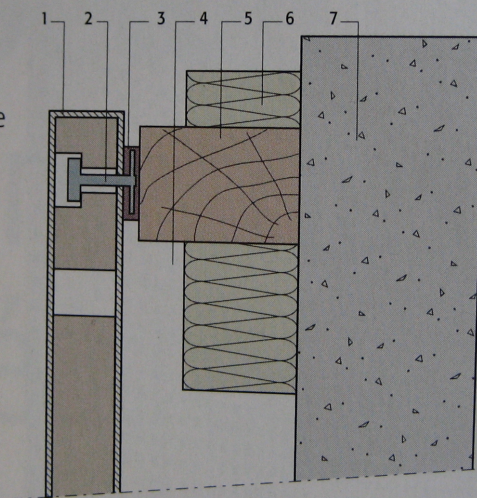
174 PLAQUES PERFORÉES CHACUNE DE 256 TROUS assurent la correction acoustique recherchée. Chaque bétonnage a été réalisé avec une précision de l'ordre du millimètre. L'objectif était de ramener les durées de réverbération à un seuil autour de 0,6 s. (Docs. DR.)

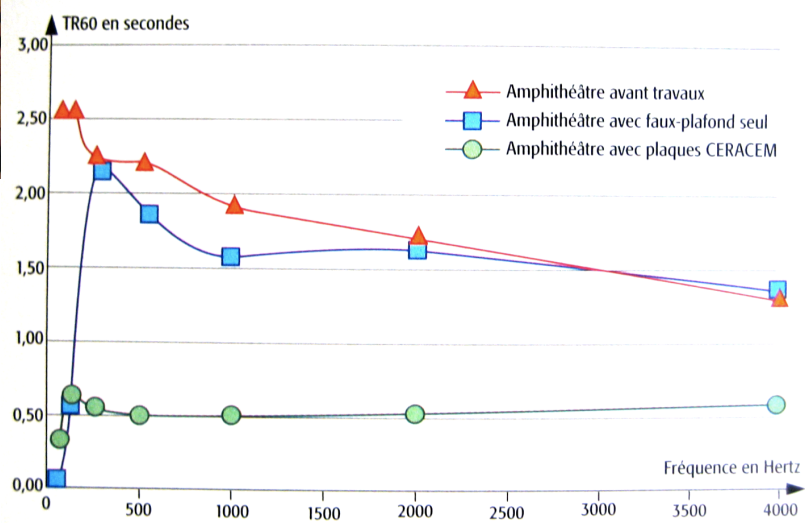
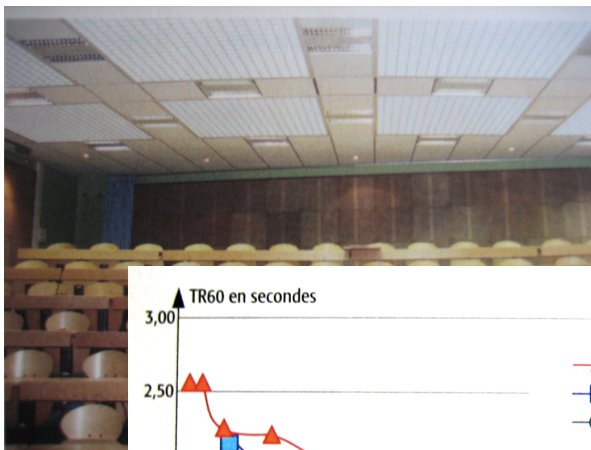


Montage technique et esthétique

Pour éviter les vibrations, les plaques sont fixées sur des plots en bois eux même fixés sur le support. Une rondelle amortissante désolidarise la plaque du plot. Les quatre fixations sont cachées dans trous d'extrémités pour rendre le montage plus esthétique.

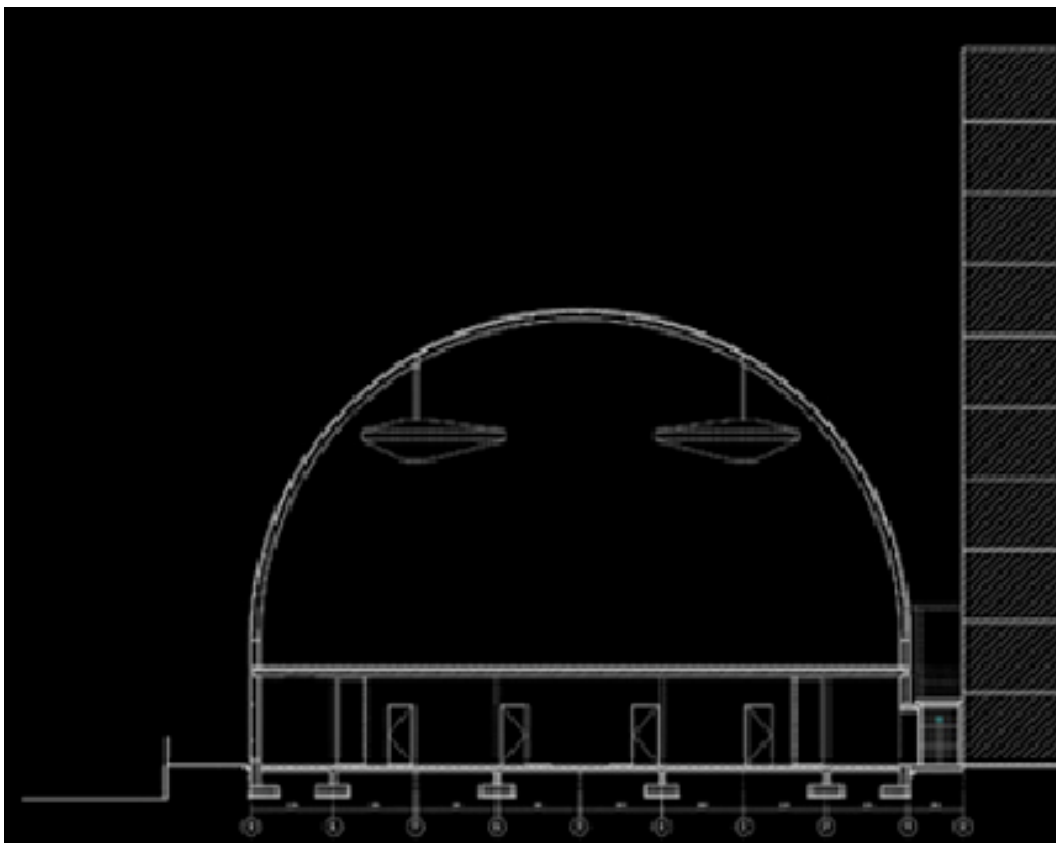
1. Plaque Sika Ceracem.
2. Coupelle plastique.
3. Amortisseur de plaque.
4. Lame d'air (ép.: 2 cm).
5. Plot en bois.
6. Isolant laine de roche (ép.: 4cm).
7. Support.







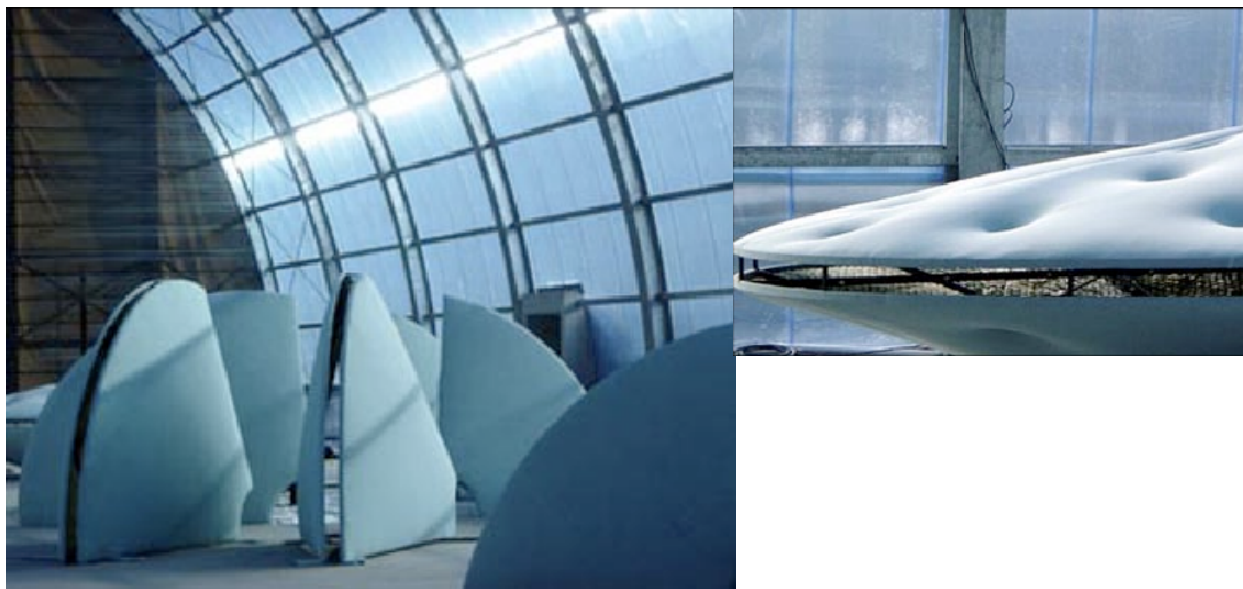
Web site Nicolas Michelin et associés : <http://www.anma.fr/>



Web site Nicolas Michelin et associés : <http://www.anma.fr/>

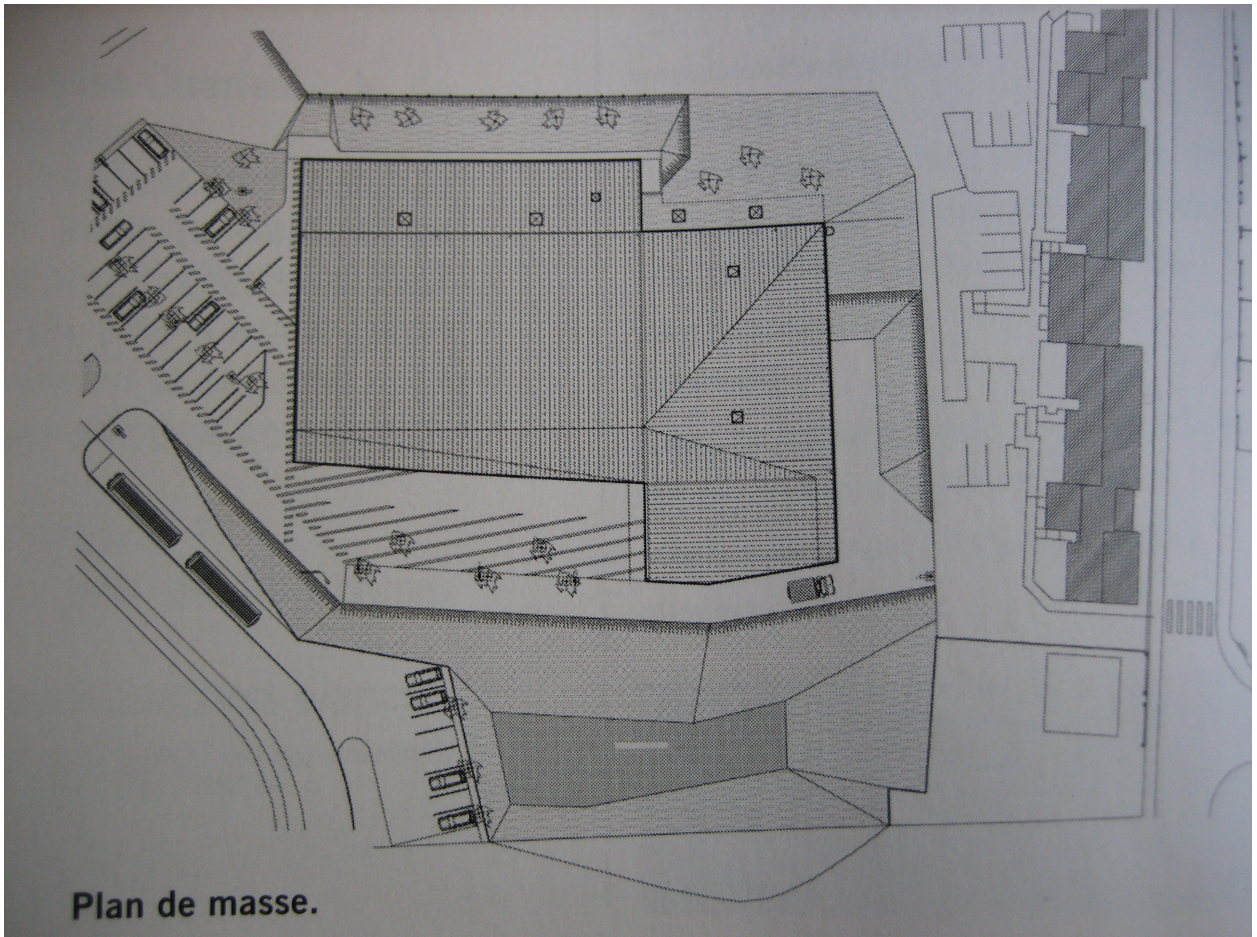


Web site Nicolas Michelin et associés : <http://www.anma.fr/>



Web site Nicolas Michelin et associés : <http://www.anma.fr/>





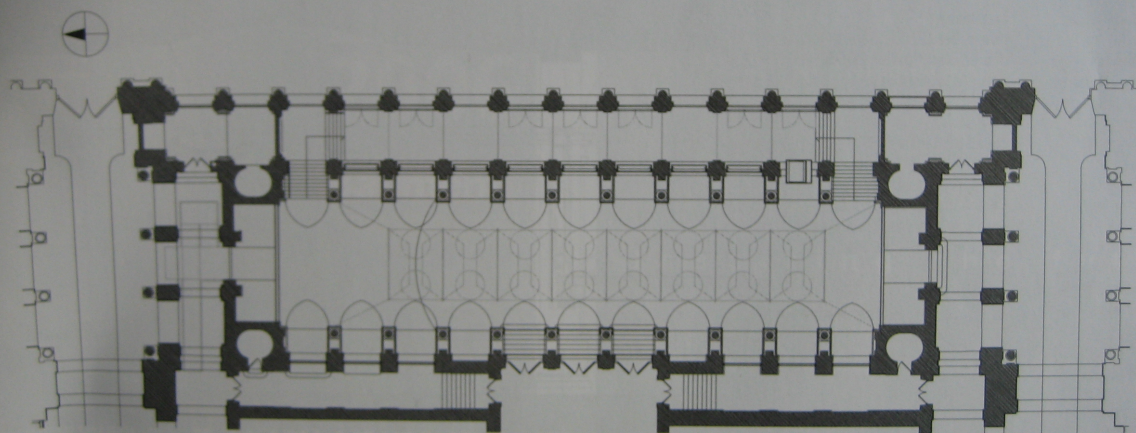
Plan de masse.



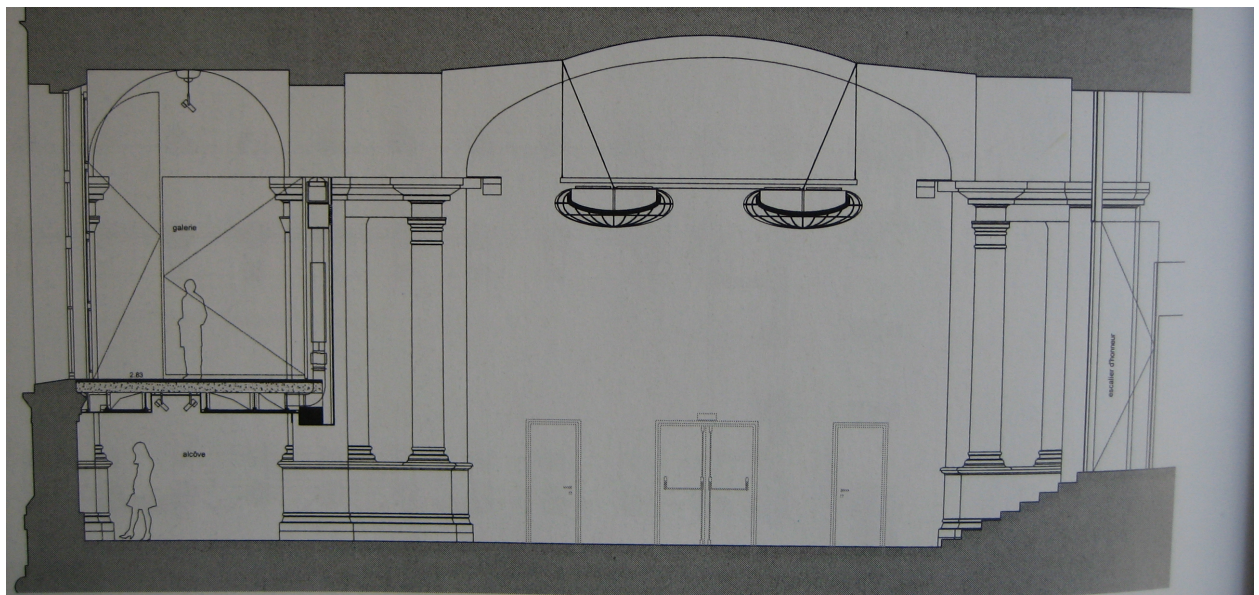
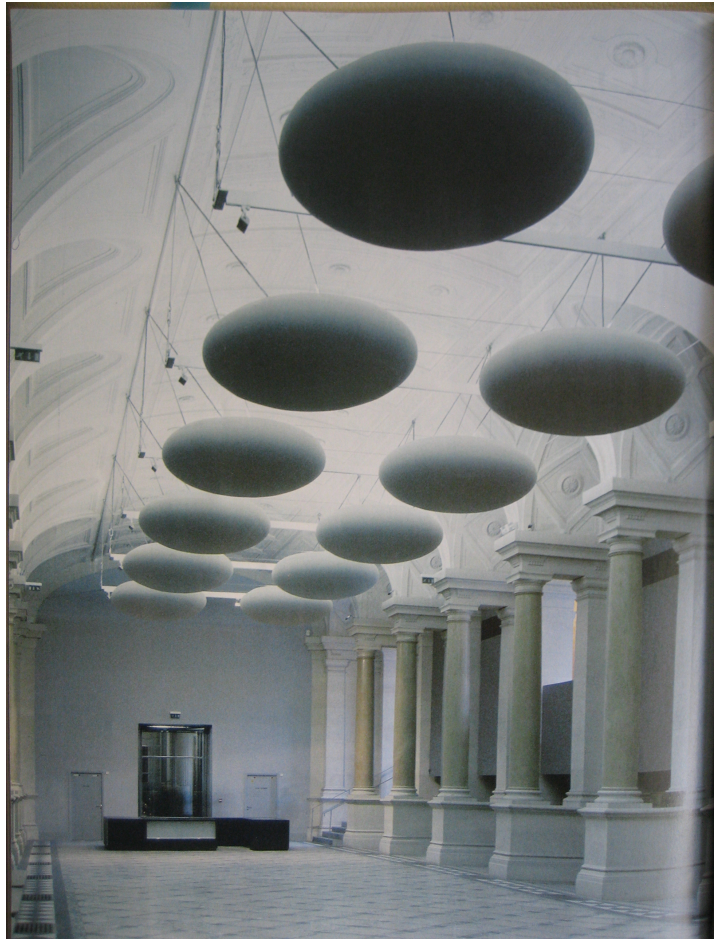


REAMENAGEMENT D'UNE SALLE D'EXPOSITION

TO TRANSFORME UN LIEU CONTRAINT EN MAL DE FLEXIBILITÉ ET DE CONFORT ACOUSTIQUE



mars 2006 / n° 159 / amc



Coupe transversale. A gauche, côté rue, la nouvelle galerie surélevée.



Le Georges - Beaubourg, Paris

<http://www.texaa.com>



6- Εργαλεία

Mesures

Sonomètres des sociétés

Bruël et Kjaer

Bruël & Kjaer 

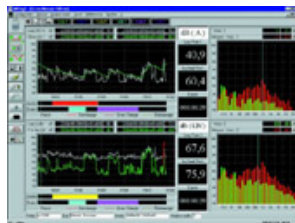
01dB - Metravib



www.01dB.com



01dB : symphonie

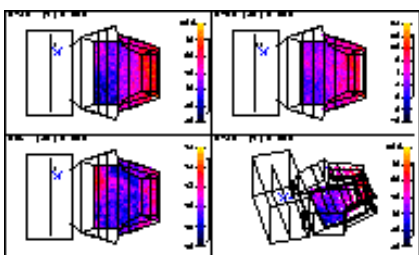


01dB : dBEnv32

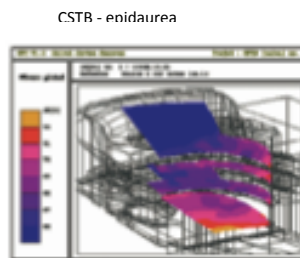


01dB : Solo

Modelisation

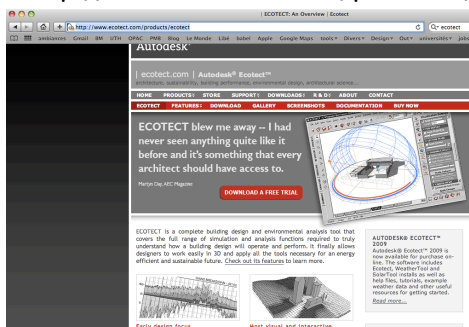


Catt Acoustic - acoustique des salles <http://www.catt.se/>



Prévision numérique du niveau sonore produit par un chanteur situé sur la scène de la grande salle d'opéra au moyen du programme Epidaure.

<http://www.ecotect.com/products/ecotect>



<http://software.cstb.fr>



la salle des Princes, Monaco - Système Carmen