
**ETUDE DES CARACTERISTIQUES ACOUSTIQUES DE LA
SALLE « BOUDAYA »
MESURES ET CORRECTIONS ACOUSTIQUES**

*Ali BOULILA – Kaouther BEN KADDOUR MACHTA
Technologues ISET Sfax*

RESUME : La qualité de l'écoute musicale est importante au sein d'un espace acoustique. Dans ce travail nous avons essayé d'étudier les caractéristiques acoustiques d'une salle d'enseignement de la musique. La mesure de la durée de réverbération de la salle ainsi que la disposition architecturale ont permis d'apprécier les paramètres acoustiques de celle-ci et de suggérer des corrections acoustiques afin de les améliorer.

ABSTRACT : The quality of the musical monitoring is very important within an acoustic space. Acoustic parameters of a music teaching room have been investigated. The measure of the reverberation time and the architectural arrangement led us to asses acoustic parameters and suggest acoustic amendments to improve them.

تلخيص : إن حالة السمع هامة جدا وسط أي فضاء بصفة عامة و خاصة الموسيقى منه و من خلال هذا العمل حاولنا دراسة الخصائص السمعية في قاعة لتدريس الموسيقى. إن قياس مدة انعكاس الصوت و تقسيم الإعداد المعماري للقاعة مكنتنا من تقدير المقاييس السمعية و اقتراح التصحيحات اللازمة لتحسينها.

1- INTRODUCTION

L'acoustique architecturale est une science complexe, très compliquée ainsi qu'interdisciplinaire où beaucoup de domaines s'interfèrent : Musique, Architecture, Physique, Psychophysologie, Informatique, etc. En effet, ces domaines coopèrent pour repenser continuellement la qualité de l'écoute dite musicale. L'espace acoustique peut aisément nuire au déroulement d'une production musicale et en faire subir les conséquences aux artistes musiciens.

La salle « Boudayya » située à l'Institut Supérieur de Musique de Sfax, est utilisée comme salle polyvalente, entre autres répétitions, examens, récitals etc. Dans cette étude les caractéristiques dimensionnelles et structurelles du local ont été relevés et des mesures acoustiques, ont été effectués au sein de cet espace dans le but de suggérer des recommandations en vue de quelques corrections acoustiques. En utilisant le matériel acoustique du laboratoire acoustique des bâtiments de l'ISSET de Sfax, des mesures réalisées suite à l'émission d'un bruit rose ont permis d'enregistrer le niveau de bruit et la durée de réverbération dans différents points de la salle. De même des mesures faites sur l'utilisation d'un instrument de musique le piano ont été réalisées afin de détecter le niveau de bruit des notes jouées pour savoir la répartition de ce bruit dans cette salle. Les résultats de ces dernières mesures ont été exploités par les musicologues de l'institut.

2- DEFINITIONS ET CRITERES

2-1. LE SON

Le terme son se rapporte à deux événements liés : l'un, d'ordre psychologique, est la sensation auditive ; l'autre, de nature physique, est l'excitation qui en est la cause.

Définition objective du son (phénomène physique): le son est un phénomène physique d'origine mécanique. C'est une perturbation locale de pression, de vitesse vibratoire ou de densité de fluide. Au cours de sa propagation cette perturbation modifie progressivement l'état de chaque élément du milieu perturbé en donnant naissance à une onde acoustique.

Définition subjective du son (phénomène physiologique et psychologique): le son est une sensation qui traduit la perception par le cerveau, à partir de la réaction de l'oreille, d'un événement qui véhicule une information en provenance du monde extérieur.

2-2. DEFINITION DES PARAMETRES PHYSIQUES DU SON

Les ondes sonores sont caractérisées par des paramètres physiques permettant de les définir avec précision

Puissance acoustique

C'est la quantité globale d'énergie acoustique cédée par seconde, par une source continue, considérée comme ponctuelle, sous forme d'ondes sonores. Cette puissance acoustique est dénotée [W] et exprimée, en terme absolu, en Watt.

Le niveau de puissance acoustique

s'applique donc au son émis, et est généralement exprimé en termes relatifs, en fonction d'une puissance de référence [W₀] représentant le seuil d'audibilité. Dans ce cas le niveau de puissance acoustique est dénotée [L_w] et exprimé en décibel (dB):

$$L_w = 10 \text{ Log} ([W] / [W_0]), \text{ avec } [W_0] = 10^{-12} \text{ Watt}$$

A titre d'exemple, un murmure correspond à [W]=100⁻⁹ Watt, soit [L_w]=10 dB, le booster d'une fusée correspond à [W]=10⁸ Watt, soit [L_w]=200 dB

Intensité acoustique

c'est la quantité moyenne d'énergie qui traverse, par seconde, une surface unitaire perpendiculaire à la direction des ondes sonores. Cette intensité acoustique est dénotée [I] et exprimée, en terme absolu, en Watt/m².

Le niveau d'intensité acoustique s'applique donc au passage du son émis à travers une unité de surface perpendiculaire à la direction des ondes sonores, et est généralement exprimé en termes relatifs, en fonction d'une intensité de référence [I₀] correspondant à la puissance de référence [W₀]. Dans ce cas le niveau d'intensité acoustique est dénotée [L_I] et est aussi exprimé en décibel (dB):

$$L_I = 10 \text{ Log } ([I] / [I_0]), \text{ avec } [I_0] = 10^{-12} \text{ W/m}^2$$

Pression acoustique

C'est la variation de pression, provoquée dans l'air par une source sonore, mesurée au niveau d'un récepteur situé à une distance [d] de cette source. Cette pression acoustique est notée [Pa], et exprimée, en terme absolu, en Pascal. Elle est en fait assimilée à l'amplitude efficace des changements de pression provoquée, à la distance d, au niveau de la pression atmosphérique.

$$[Pa] = (P_{\text{maxi}} / \sqrt{2}), \text{ en Newton/m}^2 \text{ (ou Pascal)}$$

Le niveau de pression acoustique s'applique donc au son perçu, et est aussi exprimé en termes relatifs, en fonction d'une pression de référence [P₀] représentant encore une fois le seuil d'audibilité. Dans ce cas le niveau de pression acoustique est dénotée [L_p] et est aussi exprimé en décibel (dB):

$$L_p = 20 \text{ Log } ([Pa] / [P_0]), \text{ avec } [P_0] = 2.10^{-5} \text{ Pascal}$$

Le niveau de pression acoustique est communément appelé niveau sonore.

Il est à noter que l'oreille humaine, sensible essentiellement aux "variations de pression", travaille approximativement de façon logarithmique, et perçoit d'une manière quasi identique le passage de (0,01 à 0,1 Pascal) et celui de (0,1 à 1 Pascal)

2-3. CONFORT ACOUSTIQUE

Le confort acoustique peut être défini comme étant l'absence de gêne sonore. Cette gêne sonore est un phénomène complexe dans lequel interviennent plusieurs paramètres qui peuvent être regroupés en trois catégories:

Des éléments physiologiques: L'interprétation et la réaction du cerveau à partir des vibrations perçues par l'oreille du sujet, L'âge de la personne concernée, L'état de la santé du sujet.

Des éléments psychologiques: Le caractère du sujet, L'état de fatigue de la personne concernée, Les sentiments.

Des réflexes subjectifs: Les habitudes de vie, le contexte instantané (perturbation ou non d'une activité en cours), L'environnement, l'intermittence.

Toutefois, le confort acoustique dépend aussi de la qualité acoustique du local lui-même qui détermine son aptitude à maintenir et améliorer l'intelligibilité des sons émis dans son enceinte (paroles, musique, etc.), et ce pour tous les occupants concernés du local.

2-4. REVERBERATION ET ABSORPTION

Les paramètres déterminants la qualité acoustique des locaux dépendent essentiellement de la forme et de la nature des surfaces internes de leurs parois. La combinaison de ces deux éléments déterminent les conditions dans lesquelles le son arrive à parvenir à tous les occupants : la forme des parois permet de diriger les ondes sonores, et leurs natures déterminent par leurs niveaux d'absorption acoustique, le temps de réverbération résultant dans le local.

Réverbération

Le temps de réverbération (TR), souvent utilisé comme paramètre de calcul en acoustique architecturale, représente le temps nécessaire pour qu'après l'arrêt d'une source sonore, l'intensité acoustique décroisse de 60dB. Elle s'exprime en secondes. Les pièces excessivement réverbérantes sont généralement bruyantes et la conversation y est difficile. Le niveau de son réverbéré et le temps de réverbération peuvent être réduits par l'utilisation de matériaux absorbants appropriés. Il existe un temps optimal de réverbération pour chaque type de son désirable. Un local dont le temps de réverbération est suffisamment plus long que cet optimum engendre une sensation de « son gaufré », par contre un local dont le temps de réverbération est suffisamment moins long que cet optimum engendre une sensation de « son écrasé ». Dans le cadre d'une étude acoustique, on calculera la durée de réverbération. Dans le cadre d'un contrôle in situ, on la mesurera.

Absorption

La capacité d'absorption des sons d'un matériau est exprimée par un coefficient d'absorption sonore ou par un pourcentage. Ce coefficient varie en fonction de la fréquence du son et l'angle d'incidence des ondes sonores. Ces coefficients sont généralement déterminés dans des conditions normalisées pour des bandes d'un tiers d'octave.

Dans le cas d'une salle de conférence, le temps optimal de réverbération (parole / allocution) peut être estimé par l'expression suivante :

$$TR_0 = 0,3 \log (V/10)$$

Avec, TR_0 : Temps optimal de réverbération en seconde

V : Volume du local en m^3 . Pour une salle de réunion de $180 m^3$, $TR_0 = 0,3 \log(18) = 0,38 \text{ sec}$

À chaque type de son correspond un temps optimal de réverbération qui dépend du volume du local concerné (TR_0 pour paroles $\neq TR_0$ pour musique symphonique $\neq TR_0$ pour musique de Jazz, etc.).

Le calcul du temps de réverbération TR d'un local est effectué, par bande de fréquence (bandes concernées par la nature du son étudié), en fonction du volume du local et de sa surface totale d'absorption; A , exprimée en m^2 -sabine.

$$TR = 0,16 (V / A)$$

Avec, TR : Temps de réverbération en seconde pour la bande octave concernée, en seconde

V : Volume du local en m^3

A : Surface totale d'absorption du local en m^2 -sabine pour la bande octave concernée et, $A = \sum \alpha.S$;

$\alpha.S$ étant la surface d'absorption de chaque paroi du local pour la bande octave concernée (S est la surface de la paroi en m^2 et α est son coefficient d'absorption acoustique pour la bande octave concernée) .

2-5. LA PAROLE, LES SONS MUSICAUX ET L'AUDITION:la parole

La parole consiste essentiellement en une émission de voyelles reliées par des consonnes. Ce sont les voyelles qui transmettent la plus forte puissance acoustique aux fréquences de 250 à 500 Hz. Ce sont pourtant les effets modulateurs des consonnes qui transmettent l'information à des fréquences plus hautes. Bien que les sons réfléchis soient indispensables à l'audition dans un auditorium, le champ acoustique résultant peut se révéler très complexe, les différentes réflexions arrivant de directions variées à des instants légèrement différents. Ces réflexions ne gênent

pas le processus de localisation de la source, même si leur niveau acoustique est plus haut de 10dB. Cette considération est importante pour placer les dispositifs électroniques d'amplification.

Les sons musicaux et l'audition

Les sons musicaux ressemblent à la parole en ce qu'ils consistent en une série de sons transitoires de durées et d'intensités variables et de fréquences diverses. La différence de puissances entre le son musical le plus fort et le son le plus faible est plus grande que pour la parole, mais les niveaux minimaux sont comparables. Les fréquences des sons musicaux s'étendant sur une gamme bien plus large que pour la parole, depuis les 30 Hz produits par certains instruments jusqu'à environ 10000Hz, ces hautes fréquences acoustiques caractérisant le timbre d'autres instruments. Les sons musicaux, comme les sons vocaux, doivent être entendus selon une séquence et avec une résolution suffisante. Mais comme la durée des sons musicaux est généralement plus longue que celle des sons individuels, phénomène qu'on considère comme un embellissement. *Une réverbération longue peut être gênante à la parole mais elle ne l'est pas nécessairement pour l'audition de la musique.*

	TR ₆₀ (moyenné sur 500, 1000 et 2000Hz) « locaux meublés non occupés »
Audition de la parole Locaux < 250m ³	0.4 s ≤ TR ₆₀ ≤ 0.8 s
Audition de la musique : Locaux < 250m ³	
• Solo	0.4 s ≤ TR ₆₀ ≤ 0.8 s
• Symphonique	1.5 s < TR ₆₀ ≤ 2 s
• sacrée	2 s < TR ₆₀ ≤ 2.5 s

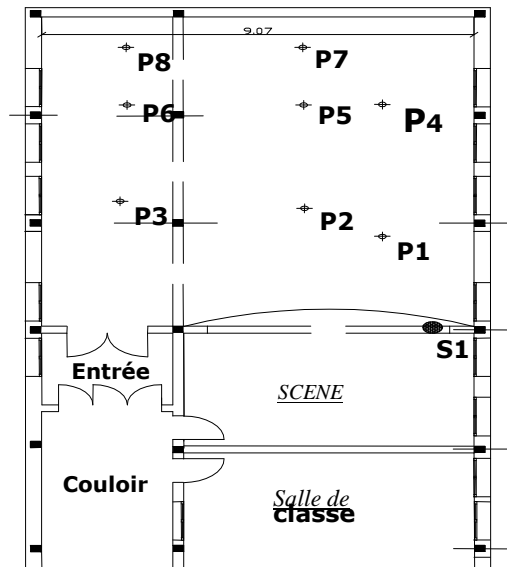
En général on s'accommode de temps plus longs dans les plus grandes salles et pour des ensembles instrumentaux plus importants (pour des volumes > 250m³ , 0.6 s ≤ TR₆₀ ≤ 1.2 s). Le temps de réverbération devrait être presque constant pour toute la gamme de fréquences, bien qu'une légère augmentation pour les basses fréquences musicales soit désirable.

Ces valeurs de temps de réverbération fournissent un critère utile mais il est généralement d'importance moins grande qu'une analyse soignée de la forme de la salle et de la distribution de l'énergie acoustique réfléchi.

3- DESCRIPTION DE L'ESPACE ACOUSTIQUE ETUDIE 'SALLE BOUDAYA'

La salle en question est située au premier étage de l'institut au fond du bâtiment constituant ainsi l'angle des rues avoisinantes elle couvre une superficie de 105 m² et présente une hauteur sous plafond de 3,85 m avec une poutre en retombée de 25 cm et deux poteaux de 22x22 cm au sein de la salle. La salle présente 4 fenêtres donnant sur la rue et 4 autres donnant sur la cour de l'école. La scène de 25 m² de superficie est surélevée de 0,7 m par rapport à la salle et située à proximité de la double porte d'entrée de la salle, elle est entourée d'un rideau en velours épais. Les murs extérieurs sont construits en double cloison de 35 cm avec une lame d'air de 5cm avec un enduit de 1,5 cm et revêtu d'un papier feutre. Le parterre est réalisée avec un carreaux en mosaïque de 25x25 cm.

P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8 : Points de
prise des mesures
S1 : Source à la position 1
S2 : Source à la position 2



4- MESURES

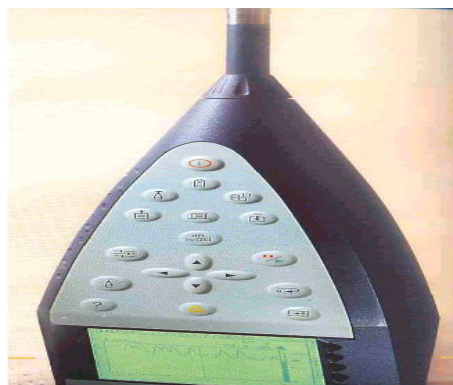
4-1. INTRODUCTION

vu la polyvalence de la salle et le manque de disponibilité nous avons difficilement pu accéder à la salle pour prendre les mesures. Nous avons repéré huit points dans la salle ou nous avons jugé intéressant la prise d'enregistrements. Dans un premier temps la source de bruit a été positionnée au coin de la salle c'est à dire à l'extrémité avant de la scène ce qui correspond à la position S₁ et dans un deuxième temps la source de bruit a été placé au milieu de la scène ce qui correspond à la position S₂

4-2. MATERIEL DE MESURE

le sonomètre

Le sonomètre analyseur autonome 2260 comporte une section émettrice reliée à l'amplificateur qui permet de générer les bruits normalisés et une section réceptrice comportant un microphone omnidirectionnel de haute qualité convertissant la pression acoustique en un signal électrique et d'un instrument électronique de traitement de signal et d'affichage des courbes et des valeurs mesurées.



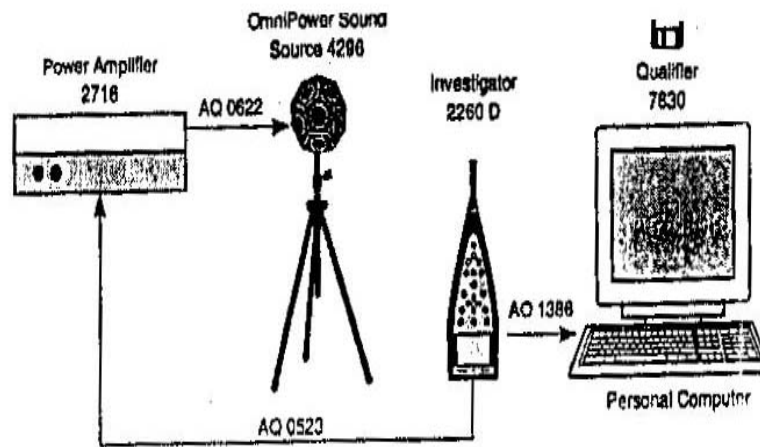
SONOMETRE INVESTIGATOR 2260

Source omnidirectionnelle

C'est une enceinte acoustique de forme polyédrique comportant des haut-parleurs répartis sur 12 faces. Ces hauts parleurs doivent fonctionner en phase pour donner une approximation adéquate de l'émission omnidirectionnel uniforme.

Amplificateur

Il permet d'amplifier le signal reçu du sonomètre et de l'envoyer vers la source omnidirectionnelle. L'opérateur peut régler la puissance émise par cette source en manipulant les boutons de réglages de l'amplificateur.

La chaine de mesure**4-3. MESURE DE LA DUREE DE REVERBERATION**Principe de l'essai

L'essai consiste à émettre un signal constant (bruit rose) sur une largeur de bande de 1/3 d'octave centré sur les fréquences de 63 à 3150 Hz et à enregistrer sa décroissance à partir de son extinction. Les théories simplifiées

de l'acoustique des salles nous conduisent à prévoir une décroissance linéaire du signal.

On dispose d'un appareillage informatisé qui donne automatiquement les courbes de décroissances du niveau sonore et en conséquent la durée de réverbération.

Fréquence (Hz)	P ₁	P ₂	P ₃	P ₅	P ₆
100	5,34	6,21	4,29	5,91	7,53
125	4,18	3,64	4,44	4,90	6,78
160	5,12	3,74	4,74	3,86	4,48
200	4,50	4,18	4,20	4,76	4,52
250	4,32	4,26	4,22	4,22	4,00
315	4,04	4,20	4,28	4,30	4,22
400	3,86	4,00	3,82	3,96	4,06
500	3,60	3,94	3,88	4,00	3,82
630	3,30	3,50	3,50	3,50	3,54
800	3,18	3,42	3,34	3,22	3,26
1000	2,76	2,92	3,40	3,06	2,84
1250	2,76	2,72	3,24	2,70	2,60
1600	2,46	2,62	2,42	2,50	2,52
2000	2,28	2,40	2,26	2,22	2,20
2500	2,10	2,10	1,96	2,08	2,04
3150	1,86	1,82	1,90	1,98	1,84
TR moyennée sur 500,1000 et 2000 Hz	2,88	3,09	3,18	3,09	2,95

Tableau n°1 : Les mesures de la durée de réverbération (en s) prises pour le position S₁.

Fréquence (Hz)	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈
100	6,27	6,6	6,93	6,18	5,91	7,23	6,54	6,60
125	7,05	4,92	5,70	4,16	6,33	5,28	5,00	4,30
160	4,74	4,42	4,10	4,60	3,84	5,12	4,28	4,66
200	4,58	4,28	4,82	4,80	4,36	4,50	4,14	3,14
250	3,68	4,04	4,04	3,96	4,10	4,40	4,22	4,22
315	3,86	3,98	3,84	4,06	4,12	4,10	4,42	3,78
400	3,82	4,16	3,88	4,32	3,92	3,98	4,26	4,10
500	3,80	4,04	3,66	4,00	3,84	3,82	3,88	3,88
630	3,46	1,14	3,40	3,62	3,48	3,40	3,72	3,54
800	3,14	3,84	3,18	3,46	3,24	3,16	3,18	3,56
1000	3,00	3,92	2,92	3,16	2,92	3,16	3,02	3,26
1250	2,52	4,08	2,68	2,86	2,62	2,74	2,72	3,02
1600	2,34	3,62	2,48	2,76	2,46	2,64	2,60	2,68
2000	2,26	3,12	2,26	2,34	2,18	2,18	2,28	2,34
2500	1,98	2,98	2,08	2,22	2,08	2,16	2,10	2,16
3150	1,82	1,86	2,06	2,30	1,88	1,98	2,10	1,92
TR moyennée sur 500,1000 et 2000 Hz	3,02	3,69	2,95	3,17	2,98	3,05	3,06	3,16

Tableau n°2 : Les mesures de la durée de réverbération en s prises pour la position S₂

4-4. MESURES DE NIVEAUX SONORES

Principe de l'essai :

L'essai consiste à émettre un signal constant (bruit rose) sur une largeur de bande de 1/3 d'octave centré sur les fréquences de 63 à 3150 Hz et à mesurer les niveaux L (dB) dans le champ réverbéré en plusieurs points de la salle .

Fréquence (Hz)	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈
100	68,5	66,9	62,7	66,2	64,2	64,7	64,1	59,9
125	72,9	70,9	69,9	70,7	68,7	69,5	70,7	69,0
160	78,9	77,9	78,2	77,7	76,9	74,8	76,3	73,9
200	81,2	80,6	81,9	80,2	80,5	81,6	78,8	81,6
250	84,8	83,2	84,5	83,0	81,4	84,2	79,8	80,4
315	80,1	81,5	80,5	78,3	79,7	80,7	78,0	78,7
400	77,1	78,6	79,3	76,9	79,3	78,4	76,4	76,6
500	77,6	75,7	75,4	76,1	76,8	74,8	75,5	74,5
630	75,6	74,4	74,7	73,2	73,8	72,7	72,1	72,4
800	72,8	72,0	73,4	71,7	72,8	71,8	71,8	72,2
1000	72,1	71,1	71,3	71,8	70,9	68,8	69,8	69,6
1250	69,4	68,5	68,2	69,7	69,1	68,7	68,0	68,1
1600	70,9	70,1	69,8	69,0	70,3	68,8	69,8	69,8
2000	71,8	70,7	68,6	69,3	70,2	68,7	69,7	68,5
2500	69,8	68,1	67,5	68,3	68,2	67,1	67,7	66,6
3150	69,2	66,5	65,1	65,1	66,0	64,8	64,0	65,4
Niveau global pondéré en dB(A)	83.95	83.20	83.34	82.45	82.94	82.64	81.53	81.66

Tableau n°3 : les mesures du niveau de bruit en dB prises pour la position S₁.

Fréquence (Hz)	P ₁	P ₂	P ₃	P ₅	P ₆
100	69,1	64,2	65,7	68,3	64,1
125	73,6	72,8	69,9	72,1	69,5
160	79,7	78,5	75,5	76,6	75,9
200	81,4	80,8	80,9	78,2	80,8
250	81,7	82,2	81,7	81,2	82,6
315	82,8	79,6	81,2	81,1	79,6
400	79,2	78,5	79,4	76,8	76,5
500	76,6	76,9	76,8	75,6	75,0
630	75,1	74,0	73,9	73,6	72,1
800	72,6	71,6	72,2	71,1	71,9
1000	70,4	70,5	71,8	69,5	69,3
1250	69,4	68,7	69,6	68,3	67,9
1600	71,7	70,2	69,5	70,0	68,9
2000	71,3	70,3	69,9	69,0	69,0
2500	69,2	69,1	67,3	67,6	66,7
3150	66,2	67,4	64,9	66,0	63,7
Niveau global pondéré en dB(A)	83.76	82.94	83.09	82.20	81.94

Tableau n°4 : les mesures du niveau de bruit (en dB) prises pour la position S₂

5 ETUDE DE L'ÉTABLISSEMENT DU CHAMP SONORE REVERBERE :

5-1. DISTRIBUTION SONORE :

Sur le croquis qui contient les positions relative de la source et des points de mesures on ajoute les niveaux de bruits mesurés. En reliant les points ayant le même niveau , on obtient un tracé des contours de bruit qui indique la distribution acoustique. Plus les points de mesures seront nombreux, plus précise sera la carte de bruit.

Cette carte nous montre la façon dont le son se décroît.

La décroissance du son dans la salle n'étant pas remarquable puisque le volume ne dépasse pas les 450 m³.

On remarque aussi que la position de la source en S₁ peut être plus intéressante par rapport à la position S₂ (légère différence) et cela nous amène à préconiser l'emplacement des hauts parleurs à droite et à gauche de la scène.

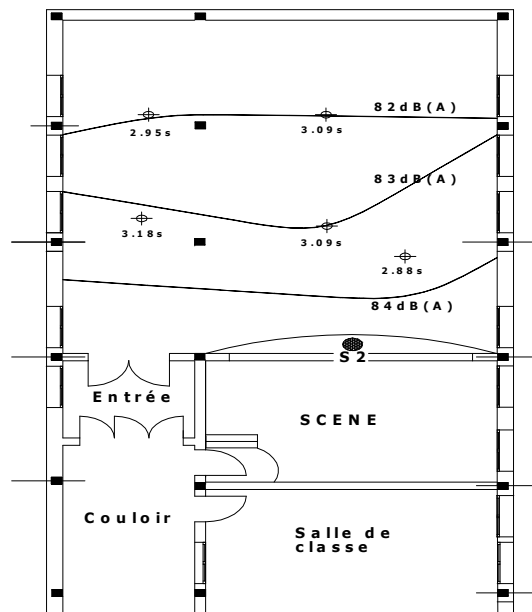
5-2. QUALITE D'ECOUTE :

La durée de réverbération est d'environ 3 secondes cela dépasse de loin la limite autorisée qui est 1.2 secondes.

6- RECOMMANDATIONS CONCERNANT L'AMELIORATION DE LA QUALITE D'ECOUTE DE LA SALLE

6-1. TECHNIQUES D'ABSORPTION ACOUSTIQUE

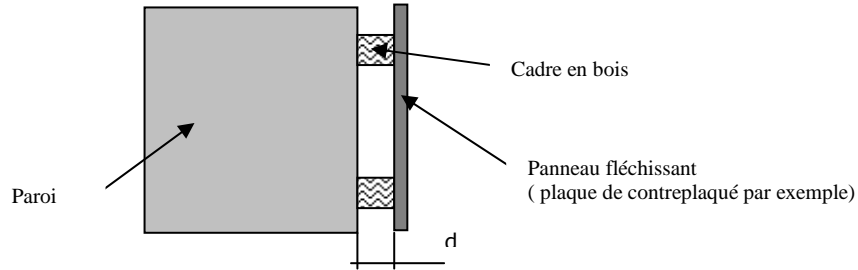
*Etude de l'établissement du champ sonore réverbéré:
source en S2*



On distingue 3 techniques d'amélioration d'absorption : les matériaux poreux (liège) et fibreux (laine de verre, laine de roche) sont utilisés pour l'absorption. Ils sont particulièrement efficace pour atténuer les fréquences élevées (aigues) . Les petits pores absorbent les courtes longueurs d'ondes.

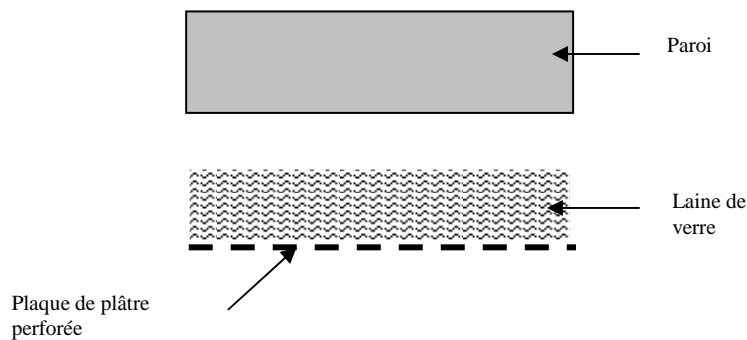
Les membranes sont conçus pour stopper les sons graves et les amortir. Des matériaux comme l'isorel (carton compacté, contreplaqué) sont efficaces pour des fréquences allant jusqu'à 500 Hz. Cette méthode implique la suspension des

matériaux en question en laissant un espace d'air à l'intérieur. L'air joue dans ce cas un rôle de piston.



Les membranes

Les résonateurs (assemblage de matériaux d'absorption) sont utilisés pour traiter les pics de résonance. Pour cette technique il y a une absorption sélective dans une gamme de fréquences propre à la fréquence de la salle.



6-2. REGLES PRATIQUES POUR LA MISE EN ŒUVRE DES TECHNIQUES D'ABSORPTION

- Mélanger autant que possible des matériaux pour éviter des phénomènes locaux .
- Eviter deux surfaces réfléchissantes parallèles en vis à vis (apparition d'un "flutter echo") .
- Morceler les revêtements. C'est mieux de mettre 10 panneaux de 1m² repartis sur une grande surface qu'un seul panneau de 10m².

7- CONCLUSION

Les mesures effectuées sur la salle et qui portent sur la durée de réverbération ont donné une valeur moyenne de TR_{60} au environ de 3s, valeur assez élevé par rapport à la norme qui prévoit pour une salle d'enseignement de la musique dont le volume dépasse 250 m³ une valeur de TR_{60} de 1,2 s.

Il est possible d'améliorer ce paramètre en utilisant une combinaison des techniques d'absorption acoustique décrites ci-dessus. Une estimation de l'aire

d'absorption nécessaire pourrait se faire moyennant la connaissance de l'aire d'absorption existante et les caractéristiques absorbantes des matériaux projetés. Après traitement de la salle des nouvelles mesures pourraient se faire pour vérifier la conformité de l'absorption de la salle vis à vis de la durée de réverbération réglementaire.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Francis Rumsey- Tim McCormick Son et enregistrement éditions Eyrolles
- [2] Olivier Calvet Acoustique appliquée aux techniques du son éditions éducalivre
- [3] LEHEMBRE B L'isolation et l'étanchéité Paris, Nathan, 1997
- [4] LEIPP E Acoustique et Musique Paris, Masson, 1980, troisième édition
- [5] LEIPP E La machine à écouter Essai de psychoacoustique, Paris, Masson, 1977
- [6] NEFERT E Les éléments des projets de constructions Paris, DUNOD, cinquième édition, 1975
- [7] Guides Sectoriels « ANER » Réglementation Thermique et Energétique Des Bâtiments Neufs En Tunisie Version septembre 2003
- [8] Sites Internet