

CFA '18 LE HAVRE ■ 23-27 avril 2018
14^{ème} Congrès Français d'Acoustique



Le rôle de la paille dans la correction acoustique

D. Farid Ép. Ibrir^a, S. Debache-Benzagouta^b et H. Ibrir^c

^auniversités Larbi Ben M' hidi Oum Bouaghi ,Algérie, N°7 Bt 4 ,Cité mentouri SMK Constantine ,Algérie, 25000 Constantine, Algérie

^bUniversité Salah BOUBNIDER, Constantine 3,Algérie, HrIcha, Ain smara ,Constantine, 25000 Constantine, Algérie

^cUniversité Salah BOUBNIDER, Constantine 3,Algérie, N°7 Bt 4 ,Cité mentouri SMK Constantine ,Algérie, 25000 Constantine, Algérie
ibrir.d25@hotmail.com

La présente recherche s'articule autour d'une étude critique sur la caractérisation acoustique de la salle de conférence du centre culturel EL KHROUB. La modélisation et la simulation acoustique sur le logiciel Olive Tree Lab SUITE a permis de définir les performances des matériaux utilisés. Les réponses impulsionnelles intégrées ont été mesurées pour déterminer les paramètres objectifs acoustiques: le temps de réverbération (TR), la clarté (C80), la force sonore (G), l'indice (D50) et l'intelligibilité de la parole (STI) selon les normes internationales ISO/DIS 3382-1 []. Suite à ces résultats, une recherche approfondie sur les matériaux écologiques disponibles a été entamée dans le but d'apporter des améliorations au cas étudié et la possibilité de généraliser les résultats. Notre choix a été fait sur les panneaux de paille épais 0,10 m recouvert par des panneaux MDF (Medium Density Fiber board) ; qui sont des panneaux composites de fibres de bois à densité moyenne perforés, et qui présentent deux objectifs; protéger les matériaux absorbants contre les dommages et améliorer dans une large mesure leur apparence. Le rôle de la paille en tant que matériau absorbant s'est avéré capital dans l'optimisation du temps de réverbération et les autres indices de la qualité acoustique de la salle.

1 Introduction

L'acoustique des salles de conférences est une discipline très spécifique, mais qui toutefois a fait l'objet d'études standards et plutôt générales. Les anciennes et les nouvelles conceptions de ces salles ne prennent pas en compte les principes acoustiques qui privilégient une intelligibilité optimisée et un temps de réverbération adéquat. C'est pourquoi, nous nous intéressons dans cet article, à travers une enquête expérimentale, à l'étude de la performance acoustique de la salle de conférence d'EL KHROUB. L'objectif étant de caractériser la répartition de l'énergie sonore et la qualité acoustique, à l'aide d'une simulation du logiciel Olive Tree Lab SUITE et proposer des interventions adaptées aux corrections acoustiques en intégrant des matériaux durables.

2 Description architecturale de la salle de conférence.

La salle de conférence d'EL KHROUB situé à Constantine a l'est de l'Algérie, est en forme de rectangle (Figure 2). Elle se compose de deux parties; scène, salle (Figure 3). La superficie totale des deux parties est de 910,05 m². Le volume total de la salle (y compris la scène et le volume au-dessus du plafond suspendu) est d'environ 8210,25 m³. La capacité totale de la salle est d'environ 700 spectateurs. Avec cette capacité, la salle peut être considérée comme l'une des plus grandes salles de conférence de la ville de Constantine.

Figure 1. Plan de situation

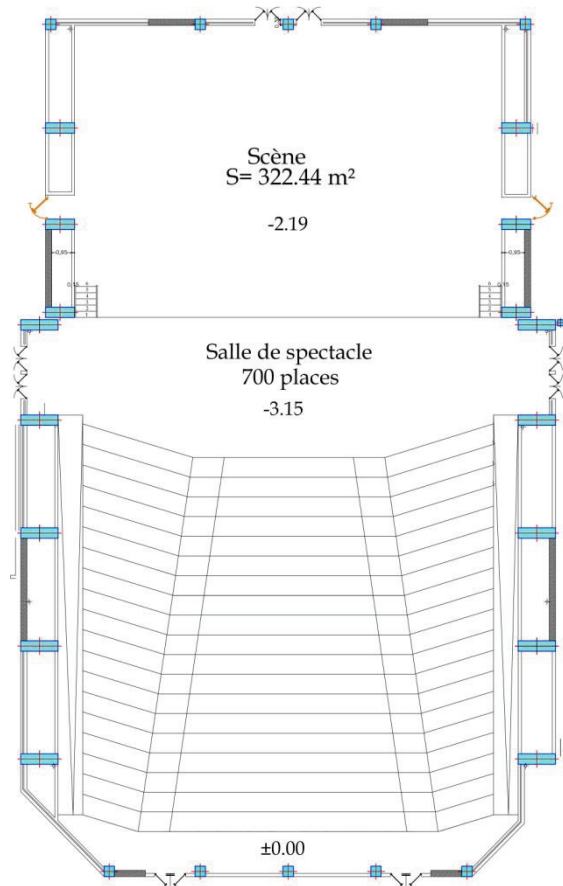


Figure 2. Plan du R.D.C

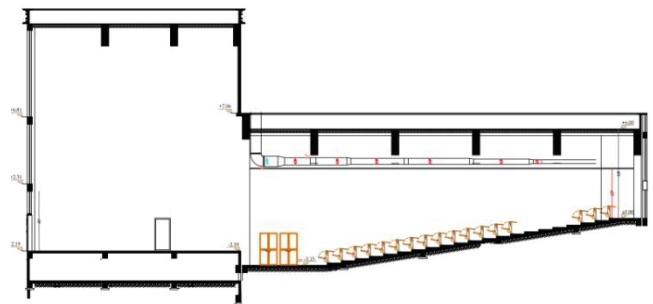


Figure 3. Coupe longitudinale sur la salle.

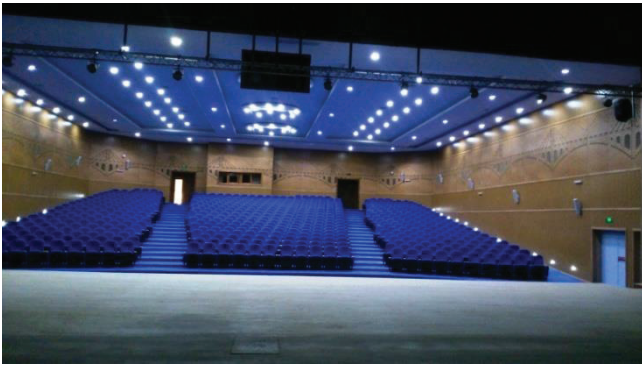


Figure 4. Vue intérieure source auteur

3 Détermination des valeurs optimales des indices de la qualité acoustique :

3.1 Temps de réverbération TR60

le critère acoustique le plus important dans n'importe quelle salle de conférence. La meilleure conception phonique est celle qui assure aux oreilles une réception non distordue des sons de la parole. Cela nécessite de maintenir TROPT-500 à sa limite inférieure acceptée. Une bonne approximation pour l'optimum TROPT-500 dans une salle de parole (de volume V, m³) peut être obtenue à partir de la formule (2005a, 2005b, William et Joseph, 1999) :

$$TOPT-500 = 0.3 \log_{10} \frac{V}{10} (s) \quad [2].$$

Après le calcul nous avons obtenu un temps de réverbération optimal TROPT-500 de 0,87 s.

3.2 Clarté sonore (C80) :

Elle représente le rapport de l'énergie parvenant à l'auditeur durant les 80 premières millisecondes à l'énergie arrivant après ces 80 ms jusqu'à l'extinction du signal exprimée en dB [4].

3.3 Force sonore G :

Est l'écart entre le niveau de pression acoustique L_p observé en un emplacement donné et le niveau de puissance acoustique de l'émission L_w elle est exprimée en dB [4].

3.4 Indice D50 :

La clarté de la parole peut être évaluée objectivement par la mesure d'un paramètre dérivé de la réponse impulsionnelle de la salle, appelée «Deutlichkeit» D50 est défini comme le rapport de l'énergie sonore, directe et réfléchi, contenu dans les 50 premières minutes de la courbe de décroissance et de l'énergie totale de l'impulsion sonore exprimée en points de pourcentage. Le paramètre est calculé séparément par Olive Tree Lab Suite pour chaque bande de fréquences de 63 Hz à 8000 Hz. La valeur obtenue à partir de la moyenne des bandes à 500 et 1000 Hz.

3.5 Intelligibilité de la parole:

Dont l'indicateur est STI (Indices de Transmission de la Parole) : La méthode du STI permet d'obtenir des mesures objectives de l'intelligibilité de la parole en pourcentage

Tableau 1. Les valeurs optimales sont obtenues selon ISO/DIS 3382-1 [1].

L'indice	Valeurs optimales selon ISO 3382-1[1]		
C80	-1dB < C80opt < +3dB En fréquence 500Hz et 1000 Hz		
G	1 < Gopt < 10 En fréquence 500Hz et 1000 Hz		
D80	-0,3 < D50opt < +0,7		
STI	0	0,30	Très mauvaise
	0,30	0,45	mauvaise
	0,45	0,60	satisfaisante
	0,60	0,75	bonne
	0,75	1,00	très bonne

4 Analyse des performances acoustiques de la salle de conférence d'EL KHROUB

En utilisant le logiciel de SKETCHUP, un modèle 3D a été construit . Ce modèle contient tous les détails architecturaux et les différents matériaux de finition. Il comprend également les positions suggérées pour deux haut-parleurs en plus de la source sonore principale située au milieu de la scène à la position du locuteur. Le modèle a été analysé acoustiquement en utilisant le logiciel Olive Tree Lab SUITE pour calculer les indicateurs acoustiques considérés ; relatifs à l'intelligibilité de la parole et pour vérifier leur compatibilité avec leurs valeurs optimales.

En simulation, la salle était considérée comme étant occupée. Les coefficients d'absorption «α» pour les différentes faces des modèles ont été choisis dans le tableau standard donné par Olive Tree Lab SUITE, sauf pour la

Paille dont le «α» a été introduit au programme du logiciel (Tableau 2), [3].

3.6 Mesures correctives proposées

Afin d'améliorer le comportement acoustique de la salle EL KHROUB, l'introduction d'une série de mesures correctives est proposée dans deux conditions: écologique et économique.

La proposition de réhabilitation acoustique est basée sur l'introduction d'un revêtement absorbant dans des zones acoustiquement stratégiques, qui réduit le temps de réverbération actuel et à celui jugé optimal. Ce revêtement cherche également à améliorer d'autres paramètres tels que l'intelligibilité de la parole et la clarté, la réduction de l'énergie des longues réflexions et l'augmentation du rapport signal sur bruit aux différents points de réception. L'agencement des matériaux proposés pour le conditionnement acoustique de la salle .

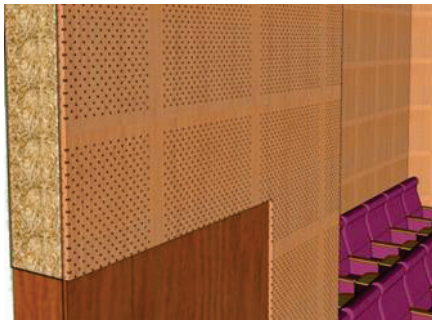


Figure 8. Détail du revêtement mural. Source : auteur

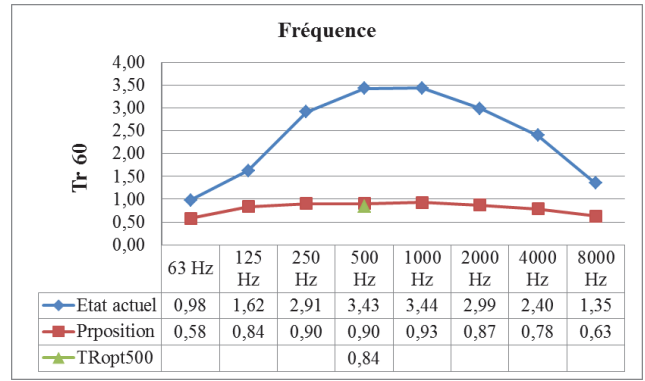
1-Panneau mural en paille E_p 10 cm densité 6 kg /m²

2-panneau perforé en MDF, de 12 mm d'épaisseur

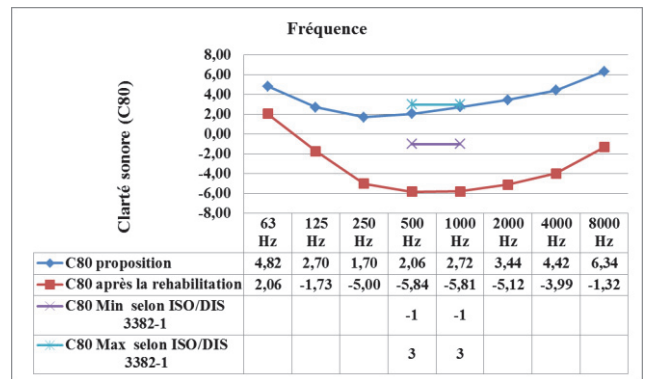
soutenus par des crampons à 60 cm d'écart, Le pourcentage de perforation à 15% de la surface totale du panneau.

Tableau 2. Coefficient d'absorption de la paille « α »

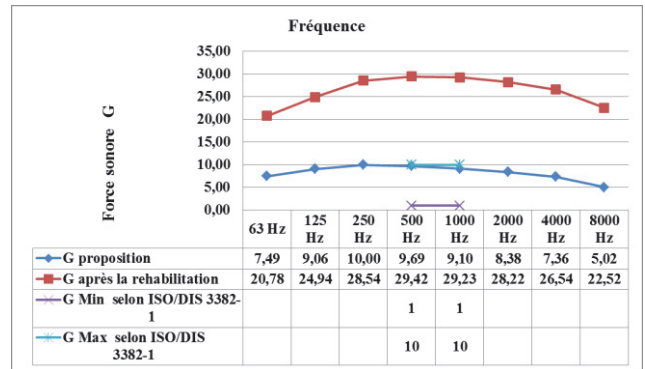
Matériau	Fréquences(Hz)					
	63	125	250	500	1000	2000
Panneau de paille ép.10cm	-	0,21	0,25	0,63	0,96	0,92



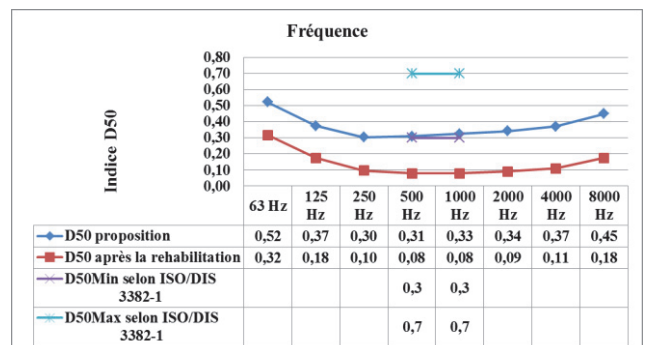
Grphe 1. Le temps de réverbération de la proposition et TRopt500



Grphe 2. Clarté sonore (C80) de la proposition



Grphe 3. Force sonore G de la proposition



Grphe 4. Force sonore G de la proposition Indice D50

5 Conclusion

Les mesures enregistrées en utilisant le logiciel OTL SUITE ont prouvé l'importance des matériaux écologiques (la paille), utilisés dans la création de bonnes conditions auditives comme on peut en conclure à partir des résultats présentés sur les tableaux. Le temps de réverbération T60 était très proche de l'optimale TR60 : 0,84 s, notamment les autres indices. C80, G et D50 se sont avérées dans leur plage acceptable selon ISO/DIS 3382-1 [1].

La valeur mesurée de STI était de 0,64 qui présente une « bonne » intelligibilité acoustique.

Ce travail, en plus de démontrer la validité de la méthode expérimentale et la proposition de réhabilitation acoustique et écologique, ambitionne de donner une solution valable à un problème acoustique réel des salles de conférences.

La grande disponibilité de la paille résultant de sous-produits agricoles et ces performances acoustiques notamment les coefficients d'absorption acoustique supérieurs à 0,80 constamment supérieurs à 630 Hz [3], nous permet d'adopter cette fibre comme matériau principal dans la correction acoustique. Cette méthode pourrait aussi être mise en œuvre et généralisée pour améliorer les conditions acoustiques des salles de conférences.

Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué au succès de cet article et qui m'ont aidé lors de la rédaction de ce rapport.

Tout d'abord, j'adresse mes remerciements à mon professeur Debache Benzagouta Samira .qui m'a beaucoup aidé dans ma recherche.

Enfin, je tiens à remercier toute l'équipe de « Mediterranean Acoustics Research & Development (PEMARD) » pour la licence du logiciel « Olive tree Lab Suite »

Références

F. Lupus, B. du Morvan, Du cri de la Bestia de Gavaudan le soir au fond des bois, *Bioacoustics* **71**, 1764-1767 (2001).

[1] ELDAKDOKY, S.ELKHATEEB, A, « Acoustic improvement on two lecture auditoria: Simulation and experiment », *Frontiers of Architectural Research* (2017).

[2] Umberto Berardi, Gino Iannace. « Predicting the sound absorption of natural materials: Best-fit inverse laws

for the acoustic impedance and the propagation constant», *Applied Acoustics* **115** (2017) 131–138.

[3] LOÏC Hamayon, Comprendre simplement l'acoustique des bâtiments, Editions le moniteur, France, 2008,237p.

[4] LAURENT Galbrun, KIVANC Kitapci, « Speech intelligibility of English, Polish, Arabic and Mandarin under different room acoustic conditions », *Applied Acoustics* **114** (2016) 79–91

[5] BUENO, Ana Maria. LEÓN, Angel Luis. GALINDO, Miguel « Acoustic Rehabilitation of the Church of Santa Ana in Moratalaz, Madrid » *ARCHIVES OF ACOUSTICS* Vol. 37, No. 4, pp. 435–446 (2012).

[6] V. Gómez Escobar, J.M. Barrigón Morillas, « Analysis of intelligibility and reverberation time recommendations in educational rooms », *Applied Acoustics* **96** (2015) 1–10.

[7] MADBOULY, Ayman I. NOAMAN, Amin Y. RAGAB, Abdul Hamid M. KHEDRA, Ahmed M. FAYOUMI, Ayman G. « Assessment model of classroom acoustics criteria for enhancing speech intelligibility and learning quality », *Applied Acoustics* **114** (2016) 147–158.

[8] Panagiotis Charalampous¹, Despina Michael¹. « Tree Traversal Algorithms for Real Time Sound Propagation Calculation », *AES 55TH INTERNATIONAL CONFERENCE*, Helsinki, Finland, 2014 August 27–29.

[9] Panos Economou, Panagiotis Charalampous. « Improved room acoustics calculations using complex impedance and spherical wave reflection & diffraction coefficients », *ICSV23*, Athens (Greece), 10-14 July 2016

[10] Jin Yong Jeon , Jong Kwan Ryu, Yong Hee Kim, Shin-ichi Sato. « Influence of absorption properties of materials on the accuracy of simulated acoustical measures in 1:10 scale model test ». *Applied Acoustics* **70** (2009) 615–625.

[11] Bui Van Tran, *Acoustique architecturale*, Office des publications universitaires, Alger, 1996, 169p.

[12] LOÏC Hamayon, Réussir l'acoustique d'un bâtiment Conception architecturale-isolation et correction acoustique , Editions le moniteur, France, 2013,281p.

[13] CHRISTINE Simonin-Adam, *Acoustique et réhabilitation Améliorer le confort sonore dans l'habitat existant*, Editions EYROLLES, France, 2003,381p.

[14] MICHEL & CHRISTOPHE Branchu, *Isolation thermique et acoustique*, Editions EYROLLES, France, 2003,381p.

[15] LOÏC Hamayon, Réussir l'acoustique d'un bâtiment Conception architecturale-isolation et correction acoustique, Editions le moniteur, France, 2013,281p.

[16] YVES Couasnet, *Propriétés et caractéristiques des matériaux de construction*, Editions le moniteur, France, 2005,248p.

[17] Samira Debache-Benzagouta ,DalalFarid-Ibrir , La Réhabilitation acoustique durable des salles de conférences : Impact de la paille sur la correction acoustique de la salle de conférence du centre culturel MALEK HADDAD à Constantine, *Revue D, Algérie* ,2017,17p.

[18] Olive Tree Lab, URL <http://www.otlterrain.com/>.