

## L'amélioration de la qualité acoustique des salles de classe pour un meilleur confort psychologique des élèves.

تحسين الجودة الصوتية للأقسام الدراسية من أجل راحة نفسية أفضل للطلاب

Dalal Farid<sup>1\*</sup>, Samira Debache-Benzagouta<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Doctorante, laboratoire ABE Université Salah Boubnider, Constantine 3. Maître assistant classe A université larbi ben m'hidi oum el bouaghi, farid.dalal@univ-oeb.dz

<sup>2</sup> Professeur, Université Salah Boubnider, Constantine 3, samira.debache@univ-constantine3.dz.

Date de réception: 2020-12-05

Date de révision: 16/03/2021

Date d'acceptation: 2021-05-07

### Résumé

Les salles de classe sont des environnements pleins de sons et de bruits, l'apprentissage des élèves dépend en grande partie de la façon dont les messages sont discernés. La présente recherche s'articule autour d'une étude psycho acoustique des salles de classe de l'école de Halima Saadia qui se trouve à Constantine. À travers des enquêtes et des analyses nous avons pu conclure que l'état psychologique des élèves et leurs résultats scolaires ont une relation étroite avec la qualité acoustique des salles de classe, généralement les élèves assis en arrière profite moins de la clarté des leçons ce qui influe d'une manière négative sur leurs compréhension et leurs concentration.

Afin de trouver un remède a cette situation, nous allons proposer une correction acoustique de ces classes .La solution proposée est basée sur l'introduction d'un revêtement absorbant constitué d'un panneau acoustique mixte MDF plus paille placé dans des zones acoustiquement stratégiques comme l'arrière de la salle. Cette solution a amélioré d'une manière significative la qualité acoustique ainsi que l'ambiance sonore des salles de classe.

**Mots clés :** qualité acoustique, salles de classe, état psychologique, correction acoustique, compréhension.

### المخلص

الفصول الدراسية عبارة عن فضاءات مليئة بالصوت والضوضاء ، حيث يعتمد تعلم الطلاب إلى حد كبير على كيفية تمييز الرسائل الصوتية. يدور هذا البحث حول دراسة نفسية صوتية لصفوف مدرسة حليلة السعيدية في قسنطينة. من خلال الاستبيانات والتحليلات تمكنا من استنتاج أن الحالة النفسية للتلاميذ ونتائجهم الأكاديمية لها علاقة وثيقة بالجودة الصوتية للفصول الدراسية ، وعموماً فإن التلاميذ الجالسين في اخر القسم يستفيدون بشكل أقل من وضوح الدروس الشيء الذي يؤثر سلبيًا على فهمهم وتركيزهم.

من أجل إيجاد علاج لهذه الإشكالية ، سنقترح تصحيحًا صوتيًا لهذه الأقسام. يعتمد الحل المقترح على إدخال طبقة ماصة تتكون من لوح ليفي متوسط الكثافة إضافة إلى طبقة من القش موضوعة في مناطق إستراتيجية مثل الجزء الخلفي من القسم. أدى هذا الحل إلى تحسين جودة الصوت بشكل كبير في كامل القسم

**الكلمات المفتاحية :** الجودة الصوتية، أقسام الدراسة، الحالة

النفسية، التصحيح الصوتي، الفهم.

\*Dalal Farid, farid.dalal@univ-oeb.dz

## **1. Introduction:**

Pour réussir un apprentissage, les étudiants doivent se concentrer sur les sons importants, comme la parole, sans se soucier du bruit de fond. L'environnement sonore de la classe influe sur l'effort que les élèves doivent fournir pour recevoir et comprendre tous les messages audibles qui sont pertinents pour leur apprentissage. Les élèves doivent être capables de distinguer les différents sons des mots pour comprendre clairement ce qu'ils entendent (Crandell et Smaldino, 2000, p.362). La création d'un environnement auditif favorable à l'élève et à l'apprentissage prend en compte plusieurs paramètres : notamment la réverbération, le bruit de fond et la distance entre le locuteur et les auditeurs (Zannin et Zwirter, 2009, p.626) Dans de nombreux cas les enseignants ne sont pas clairement entendus par les élèves en raison du niveau de bruit ou d'autres aspects de l'environnement sonore de la classe.

Dans le cadre de cette recherche nous allons procéder en deux parties indispensables. Une première partie consistant en une étude globale du thème dans le but d'une compréhension aisée des éléments de base relatifs à l'acoustique des salles de classe.

Une partie pratique basée sur une enquête in situ afin de déterminer les problèmes de compréhension liés à la qualité acoustique des classes, ce qui va nous permettre d'envisager une réhabilitation acoustique adéquate.

## **2. Acoustique des salles**

L'acoustique des salles, constitue un sous-domaine de l'acoustique architecturale, définie comme étant l'articulation entre deux champs disciplinaires, celui de l'architecture et de l'acoustique (Benmaghsoula, 2017, p.16). Elle est le domaine de l'acoustique qui décrit comment le son se propage dans un espace fermé ou semi-fermé. Chaque espace a sa propre «empreinte acoustique» qui affecte la qualité du son, qu'il s'agisse de parole, de musique ou de tout type

de bruit. Les spécialistes essaient de comprendre le comportement du son dans les espaces et de les rendre adaptés à différentes fins. Une salle de classe doit être bien conçue pour une transmission claire de la parole du professeur aux élèves, tandis qu'une salle de concert doit prolonger et enrichir le son d'un orchestre pour le rendre impressionnant.

### **2.1. La qualité acoustique d'une salle**

La qualité acoustique d'une salle ne peut pas uniquement être décrite par un jugement de type (mauvais | bon). Il existe des salles qui sonnent très différemment, mais qui peuvent être aussi bonnes l'une que l'autre (Kahle, 1995, p.10). Il faut donc rassembler le plus d'informations possible pour une définition plus précise.

La qualité acoustique d'une salle, ou même de différents emplacements à l'intérieur d'une salle, sera définie grâce à la totalité des aspects perceptifs qui permettront de distinguer les différentes situations acoustiques.

La qualité, dans le sens de préférence subjective, n'est donnée qu'après l'évaluation de tous ces aspects, tenant compte en outre du goût personnel de l'auditeur et de l'adaptation de la salle à un type de musique ou ce lui d'une parole (Moch, 1989, p.131).

L'acoustique des salles vise à offrir la meilleure qualité possible d'écoute à différents lieux dédiés au spectacle ou non : salle de classe, théâtre, opéra, salle de conférence mais aussi aux lieux publics comme des halls d'entrée, des gymnases, des piscines, des réfectoires...

Mario Rossé précise que l'acoustique des salles vise à obtenir pour tout espace les propriétés acoustiques optimales tant au point de vue du confort d'écoute qu'à celui des conditions de production, c'est à dire de musique ou de la parole (Mario, 2007, p.180).

### **2.2. Critère de la qualité acoustique**

La qualité du son dans une salle de classe est généralement déterminée par le bruit de fond, la propagation du son ainsi que le temps de réverbération et l'intelligibilité de la parole (Hodgson et Nosal, 2002, p.933).

### **2.2.1. Bruit de fond**

Le bruit de fond est le bruit total existant en un point pendant une certaine durée. Il contient l'ensemble des sons émis par les sources sonores qui influent au point de mesure : les conversations, les bruits de ventilation, les bruits de machines ou d'équipements, les sons provenant des couloirs, des autres pièces ou des bruits de circulation. Les sources de bruit de fond dans les salles de classe comprennent le bruit externe (bruit généré à l'extérieur du bâtiment, comme le trafic aérien, la construction locale, le trafic automobile et les terrains de jeux), le bruit interne (bruit généré à l'intérieur du bâtiment, mais à l'extérieur de la salle de classe, comme les pièces adjacentes aux cafétérias, aux salles de conférence, aux gymnases et/ou aux couloirs très fréquentés) et le bruit ambiant (bruit généré dans la salle de classe) (Crandell et Smaldino, 1994, p.294).

Dans une salle de classe, en plus de nuire à la reconnaissance vocale, Le bruit de fond peut également compromettre les résultats scolaires, les capacités de lecture et d'orthographe, la concentration, l'attention, et le comportement des élèves (Ando, 1975, p.690). Le bruit a aussi des effets néfastes sur le stress et la fatigue. Il peut engendrer des maux de tête, perturber le sommeil, mais aussi, à long terme, être un facteur aggravant sur d'autres maladies comme la dépression ou des troubles cardio-vasculaires, respiratoires ou digestifs (Botte, 1989, p.114, 115). Selon la norme le niveau du bruit de fond doit être compris entre 30 et 35dB (DTR C3.1.1).

### **2.2.2. Le temps de réverbération.**

Le temps de réverbération est le critère acoustique le plus important dans n'importe quelle salle. La meilleure conception phonique est

celle qui assure aux oreilles une réception non distordue des sons de la parole. Le temps de réverbération (TR) est le temps nécessaire pour qu'un signal descende de 60 décibels (dB) sous son niveau initial La perception de la parole est plus négativement affectée plus la TR est longue (Barron, 2010, p.280).

Chaque salle à son temps de réverbération optimal selon son volume et sa destination le temps de réverbération optimale d'une salle de classe est compris entre (0.8 et 1.2s) (Hamayon, 2013, p.135).

### **2.2.3. L'intelligibilité de la parole.**

L'intelligibilité de la parole ou du chant est une composante essentielle de la qualité acoustique d'un grand nombre de salles. Son impact est particulièrement évident en ce qui concerne les salles destinées à la parole : cinémas, théâtres, salles de conférence, etc. Mais elle constitue un élément d'évaluation non négligeable pour des salles à finalité plus musicale dans la mesure où elle peut constituer un très bon indicateur d'homogénéité. Si l'intelligibilité d'une voix est bonne, il est presque assuré que la fidélité de celle-ci soit préservée et l'écoute en sera améliorée (Bistafa et Bradley, 2001, p.1477). La parole d'une salle nécessitant qu'elle soit intelligible, il existe des critères pour la caractériser. Le calcul de l'Indice de Transmission de la Parole STI s'impose de plus en plus comme critère pour caractériser l'intelligibilité du message parlé Cependant.

### **3. Réhabilitation acoustique**

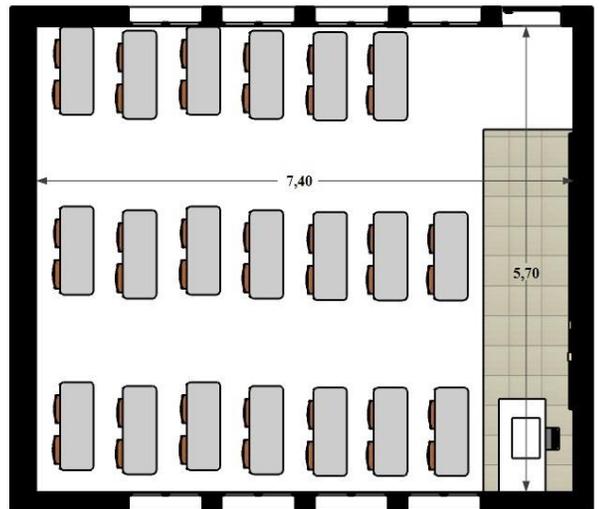
La réhabilitation Acoustique essaye de donner des solutions concrètes aux problèmes générés par un design acoustiquement malade, un nouvel usage, ou variation de ratio de confort. (Daumal, 1990, p.1062) Le plus souvent, la réhabilitation acoustique est un élément de réhabilitation totale d'un équipement ou d'un immeuble. Elle doit également être entreprise, au moins partiellement, dans le cadre d'une réhabilitation thermique. La réhabilitation se fait à travers deux interventions principales : Correction acoustique et

isolation acoustique, pour assurer un meilleur confort acoustique du local.

#### **4. Présentation du cas d'étude (l'école primaire Halima Saadia de Constantine)**

L'école primaire Halima Saadia de 400 places est un Etablissement scolaire situé au Sud –Est de la willaya de Constantine. Elle comprend 10 salles de classes, bibliothèque, restaurant, et une administration, le plan type des classes est d'une forme rectangulaire d'une surface de  $42,18\text{m}^2$  ( $5,70 \times 7,40$ ) m et d'une hauteur sous plafond de 3m, (Fig.01).

**Figure N° 1. Plan de la salle de classe de l'école Halima Saadia**



**Source :** Dalal Farid, 2020, p.4.

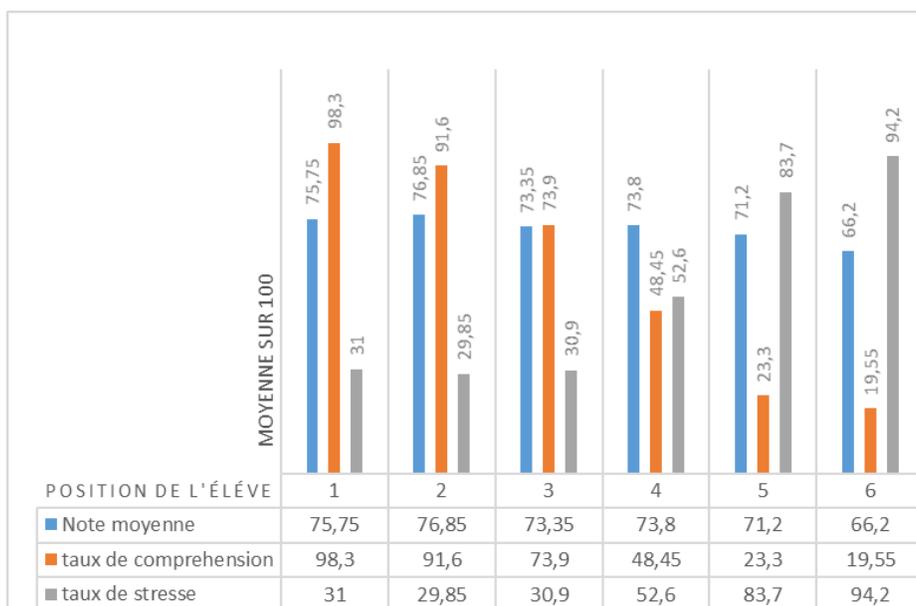
#### **4.1. Présentation de l'enquête.**

Dans le but de définir les problèmes des élèves liés au paysage sonore des salles de classe nous avons établi un questionnaire composés de 18 questions fermées, achevé par une dernière question ouverte. Le questionnaire débute par des questions de nature globale

sur l'emplacement des élèves dans la classe, leurs moyennes, La deuxième partie du questionnaire, concernent la qualité de compréhensions et de concentration des élèves, la qualité du son de l'enseignant, les bruits entendus pendant la leçon ainsi que l'état psychique pendant le cours. Nous avons posé les questions sur l'ensemble de 160 élèves réparties sur 4 salles de classe.

**4.2. Interprétation des résultats de l'enquête.**

**Figure N° 2. Résultats de l'enquête**



**Source :** Dalal Farid, 2020, p.5.

Le traitement des réponses du questionnaire pour le facteur de la compréhension montre que 98,3% des élève assis à la première position ont signalé une bonne compréhension de la parole en raison

de la proximité de la source sonore (enseignant), ce taux diminue jusqu'à 19,55% à la dernière position au fond de la classe, à cette position les élèves ont signalé le besoin d'un grand effort pour une meilleure compréhension de parole.

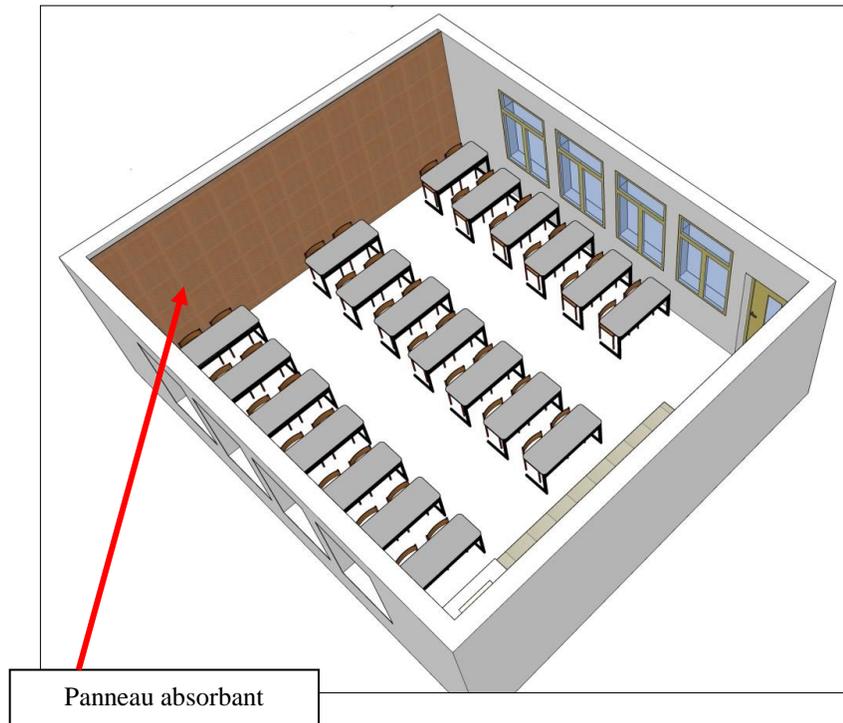
Pour le facteur du taux de stress les résultats montrent que les élèves assis dans les trois dernières positions de la salle se plaignent beaucoup du stress, les valeurs varient entre 52.6% et 94.2% ce qui est en raison directe avec l'impact de bruit de fond ainsi que le temps de réverbération très élevé, le son réfléchi perturbe d'une grande manière les élèves et rend le paysage sonore de la salle très agréable (Fig.02).

Quant aux résultats scolaires le graphique montre que les élèves assis en premières tables ont des moyennes très élevées par rapport aux élèves assis en dernières positions, ce qui est essentiellement dû à la mauvaise compréhension ainsi que le taux de stress très élevé.

### **4.3. Solutions proposées.**

La solution proposée est une réhabilitation acoustique basée sur l'introduction d'un revêtement absorbant constitué d'un panneau acoustique mixte MDF plus paille placé dans des zones acoustiquement stratégiques comme l'arrière de la salle. Cette solution réduit le temps de réverbération. L'amélioration de ce dernier influe directement sur d'autres paramètres acoustiques tels que l'intelligibilité de la parole, 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 est représenté par la figure ci-dessous (Fig.03).

### **Figure N° 3. Agencement des matériaux proposés dans la salle de classe**



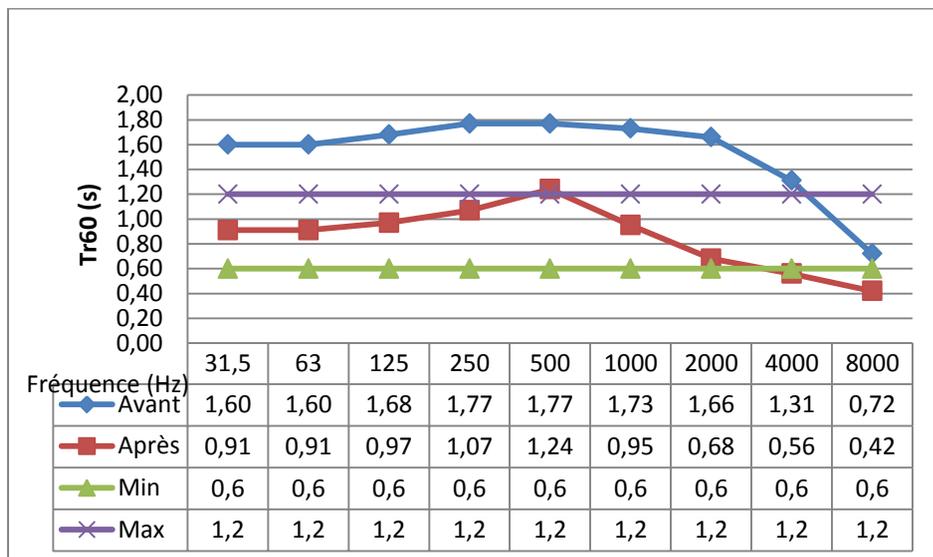
**Source :** Dalal Farid, 2020, p.6.

### **4.3. Résultats et interprétation.**

L'application du panneau acoustique mixte MDF plus paille avec son coefficient d'absorption acoustique élevé sur la partie arrière de la salle a contribué à la diminution significative des valeurs de temps de réverbération, pour la fréquence 1000Hz le TR60 est passé de 1.73 à 0.95. (Fig.04). Les résultats de la simulation à l'aide du logiciel Olive Tree Lab Suite ont montré que la correction a modifié en grande partie l'environnement acoustique de la salle de classe, La diminution du temps de réverbération représente jusqu'au -43% pour (125Hz), -40% pour (250Hz), -30% pour (500Hz) -45% pour (1000Hz) et -58% pour (4000Hz). En comparant ces résultats avec la valeur optimale de TR60 pour la fréquence de 1000 Hz nous remarquons que le temps de réverbération après correction est

devenu et presque dans toutes les fréquences dans la marge de la valeur optimale qui est entre 0.8 et 1.20s ce qui confirme l'efficacité des corrections proposées.

**Figure N° 4. Les valeurs du TR60 de la salle après réhabilitation comparées au TR60 optimal.<sup>2</sup>**



**Source :** Dalal Farid, 2020, p.7.

## 5. Conclusion

La présente recherche a abordé plusieurs paramètres qui influencent la qualité de compréhension des élèves dans une salle de classe (bruit, réverbération et emplacement par rapport à l'enseignant). Une mauvaise conception acoustique des salles de classe affecte de manière néfaste non seulement la perception de la parole, mais aussi la réussite psycho-éducative et psychosociale.

Les résultats enregistrés dans la deuxième partie de la recherche (à travers la simulation) ont montré que les modifications proposées pour les corrections acoustiques de la salle de classe ont été largement significatifs, grâce à la l'insertion des panneaux absorbant

durable une nette amélioration a été constatée dans la qualité acoustique de la salle de classe.

### **Références**

- Ando. Y, Nakane, Y. (1975). Effects of aircraft noise on the mental work of pupils. *Journal of Sound and Vibration*, v 43 n 4.
- Barron, M. (2010). Auditorium Acoustics and Architectural Design, Routledge, London.
- Benmagsoula, Z. (2017). Relations entre composante acoustique et conception architecturale : caractérisation et amélioration acoustique de l'espace de la mosquée, thèses de doctorat, Université 3 Constantine.
- Bistafa, S., Bradley, J. (2001). Predicting speech metrics in a simulated classroom with varied sound absorption, *The Journal of the Acoustical Society of America* v109 n4;
- Botte, M. (1989). Psychoacoustique et perception auditive, INSERM/SFA/CENT, Paris France.
- Crandell, C., Smaldino, J. (1994). An update of classroom acoustics for children with hearing impairment. *The Volta Review*, v 96 n 4.
- Crandell, C., Smaldino, J. (2000). Classroom acoustics for children with normal hearing and with hearing impairment, *Language, Speech and Hearing Services in Schools*, v 31 n 4.
- Daumal, F. (2001). L'architecture acoustique, un nouveau concept, *Journal de Physique* v 5n 51.
- DTR C3.1.1, Isolation acoustique des parois aux bruits aériens. Règles de calcul. Document technique réglementaire. Centre National d'Etudes et de Recherche Intégrées du Bâtiments (CNERIB) 2004. Ministre de l'Habitat et de l'Urbanisme (MHU);
- Filippini, M. (2003). Etude acoustique de l'auditorium de Pigna, Université de Corse Pascal Paoli, France.

- Hamayon, L. (2013). Réussir l'Acoustique du Bâtiment (Conception architecturale- Isolation et correction acoustique), 3ème édition, Editions Le Moniteur, Paris.
- Hodgson, M., Nosal, E.(2002). Effect of noise and occupancy on optimal reverberation times for speech intelligibility in classrooms. *Journal of the Acoustical Society of America*,v111 n 2.
- Kahle, E. (1995). Validation d'un modèle objectif de la perception de la qualité acoustique dans un ensemble de salles de concerts et d'opéras, Thèse de Doctorat, Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Maine Le Mans, France.
- Mario, R. (2007). Audio, PPUR presses polytechniques, France.
- Moch, A. (1989). les stress de l'environnement, Presses universitaires de Vincennes, paris France.
- Zannin, P., Zwirtes, D. (2009). Evaluation of the acoustic performance of classrooms in public schools, *Applied Acoustics*, v 70 n 4.