



Université Mohamed Khider - Biskra  
Faculté des sciences et de la technologie  
Département d'Architecture

# MÉMOIRE DE MASTER

Domaine : Architecture, Urbanisme et Métiers de la Ville  
Filière : Architecture  
Spécialité : **ARCHITECTURE**  
Thématique : **Architecture, Environnement et Technologies**

Présentée et soutenue par :  
**Boucetta Aya Malek**

Le : 11/09/2020.

## Thème

**La sonorisation et le confort acoustique dans la conception des espaces de spectacles**

## Projet

**Conservatoire de musique Salle de concert 350 places Biskra**

## Jury

Mme. Benchikha Lynda	MAA	Université de Biskra	Président
Mr. Rezig Djemoui	MAA	Université de Biskra	Examineur
Mme. Gouizi Yamina	MAA	Université de Biskra	Rapporteur
Mme. Laouni Ines	MAA	Université de Biskra	Rapporteur

Année universitaire : 2019 - 2020

# Dédicaces

Je dédie cette thèse ...

À Ma CHERE MERE

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que tu as consenti pour mon instruction et mon bien être.

Je te remercie pour tout le soutien et l'amour que tu me portes depuis mon enfance et j'espère que ton bénédiction m'accompagne toujours.

A MON CHER PAPA

Mon conseiller, et ami fidèle, qui m'a assisté dans les moments difficiles et m'a pris doucement par la main pour traverser ensemble des épreuves pénibles....

Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices, bien que je ne vous en acquitterai jamais assez.

Puisse Dieu, le Très Haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie et faire en sorte que jamais je ne vous déçoive.

A LA MEMOIRE DE MON GRAND-PERE ET MA GRANDE MERE

J'aurais tant aimé que vous soyez présents.

Que Dieu ait vos âmes dans sa sainte miséricorde

À MES CHERS ONCLES, TANTES, LEURS EPOUX ET EPOUSES

A MES CHERS COUSINS COUSINES

Veillez trouver dans ce travail l'expression de mon respect le plus profond et mon affection la plus sincère.

## Remerciements

Avec l'aide d'ALLAH le tout puissant, j'ai pu accomplir ce modeste travail.

Je tiens de remercier d'une manière particulière mes encadreur  
Mme YAMINA GOUIZI et Mme. INES LAOUNI pour leurs  
méthodologies, leurs encouragements, leurs patiences, leurs conseils, leurs  
critiques et surtout pour leurs disponibilités.

Comme je tiens à adresser mes remerciements en signe de reconnaissance:

Aux membres de jury qui ont pris la peine d'évaluer mon travail.

A tous l'équipe pédagogique du département d'architecture

Biskra.

A tous ceux qui ont contribué de près ou de loins à l'élaboration de ce  
mémoire.

Je remercie avec gratitude mes parents qui m'ont aidés et encouragés  
durant toute ma formation.

Ainsi que tous chers mes amis. A tout ce monde un grand merci.

## Résumé

Le confort acoustique constitue un élément important au niveau de la qualité de vie au quotidien dans un bâtiment. D'où le bien fondé de l'élaboration d'une réglementation acoustique du bâtiment, le confort acoustique dans un bâtiment, quel que soit sa fonction, dépend de plusieurs facteurs. Ces facteurs sont, entre autre, la conception architecturale et urbaine (l'orientation, l'emplacement, la conception intérieure, l'exposition des espaces aux bruits extérieurs et intérieurs, etc..). La fonction du bâtiment lui-même ainsi que les matériaux de construction utilisés, leur mise en œuvre et leur dimensionnement.

Les spécificités intrinsèques du son et les spécificités liées à ce concept ne sont pas fréquemment prises en considération d'une manière détaillée savante à la phase d'esquisse. Ce qui mène à des productions architecturales dépourvues généralement de qualité sonore et du confort acoustique à l'intérieure de l'espace.

Plusieurs études antérieures dans le domaine de l'acoustique ont tenté d'offrir aux architectes des matériaux de construction qui permettent de maîtriser le son à l'intérieure de l'espace, néanmoins, une critique et reprochée à ces espaces parce que chaque espace a son propre comportement vis-à-vis du son.

L'objectif de cette recherche est de développer la configuration architecturale par des stratégies techniques et des recommandations qui permettent une propagation harmonieuse du son dans toutes les espaces de spectacles, qui fournissent aux auditeurs un confort acoustique optimal et qui permettent de prendre en considération le facteur du son.

**Mots clés : confort acoustique, configuration architecturale, géométrie optimale, matériaux isolants, propagation du son, espace de spectacle.**

## Abstract

Acoustic comfort is an important element in the quality daily life in a building. Hence the soundness of building acoustic regulation of building, the acoustic comfort in a building, whatever its function, depends on several factors. These factors include architectural and urban design (interior orientation, location, design, exposure of spaces to exterior and interior noise, etc.). The function of the building itself as well as the building materials used, their implementation and their dimensioning.

Several previous studies in the field of acoustics have tried to offer architects building materials that allow for sound control within the space, however, these spaces are criticized and blamed because each space has its own behavior with respect to sound.

The objective of this research is to develop the architectural configuration through technical strategies and recommendations that allows a harmonious propagation of sound in all entertainment spaces and that provides listeners with optimal acoustic comfort that allows to take into account the sound factor.

**Key words: acoustic comfort, architectural configuration, optimal geometry, materials insulating, sound propagation, performance space.**

## الملخص

الراحة الصوتية عنصر هام في نوعية الحياة اليومية في المبنى . و بالتالي مبررات تطوير أنظمة البناء السليمة و الراحة الصوتية في المبنى، مهما كانت وظيفتها تعتمد على عدة عوامل . هذه العوامل وغيرها، و تصميم المعماري و الحضري (التوجه، والموقع، والتصميم الداخلي، و مساحات المعرضة للضوضاء الداخلية و الخارجية، الخ ..) وظيفية المبنى نفسه و مواد البناء المستخدمة و تنفيذها و التحجيم ولا تؤخذ في الاعتبار في كثير من الأحيان الخصائص الجوهرية للصوت والخصائص المرتبطة بهذا المفهوم في مرحلة التصميمية . وهذا يؤدي إلى الإنتاج المعماري تفتقر عموما نوعية الصوت والراحة الصوتية داخل الفضاء .

عدة دراسات لاحقة في الميدان الصوت حاولت ان تقدم للمعماريين مواد بناء تسمح بالتحكم في الصوت داخل المجال مع ذلك قدم نقد لهذه مواد البناء لان لكل مجال خصائصه وتصرفاته اتجاه انتشار الصوت

الهدف من هذا البحث هو تطوير التكوين المعماري من خلال الاستراتيجيات والتوصيات التقنية التي تسمح بنشر الصوت بشكل متناغم في جميع مساحات الترفيه وتوفر للمستمعين الراحة الصوتية المثلى التي تسمح بأخذ عامل الصوت في الاعتبار .

الكلمات المفتاحية: الراحة الصوتية، التكوين المعماري، الهندسة المثلى، المواد العازلة، انتشار الصوت، مساحة الأداء.

# Table des matières

Dédicaces .....	I
Remerciements .....	II
Résumé .....	III
Abstract .....	IV
List Des Tableaux.....	VIII
List Des Figures .....	IX
Chapitre Introducif .....	XI
Introduction .....	1
1. Problematique.....	2
2. Hypothese.....	2
3. Objectifs .....	3
4. Methodologie .....	3
5. Structure Du Memoire.....	4
6. Le Modèle Conceptuelle .....	5
Chapitre I L’acoustique Architecturale Dans L’espaces De Spectacle .....	6
Introduction .....	7
A. La Sonorisation.....	7
1. Définition De La Sonorisation .....	7
1.2. L’acoustique .....	7
1.3. Définition Du Son .....	8
1.4. Les Grandeurs Du Son .....	8
1.5- Types De Sons .....	8
1.6. Les Paramètres Physiques De Son .....	9
1.7. Propagation Du Son Dans Un Espace Libre.....	11
1.8. Propagation Du Son Dans Un Espace Clos.....	12
1.9. Réflexion Du Son .....	12
1.9.1. Absorption.....	12
1. 10. Mesure De Son .....	13
2. Définition Du Bruit .....	13
2.1. Types De Bruits En Présence Dans Le Bâtiment .....	14
2.2. La Propagation Du Bruit .....	14
2.3. Comportement Des Bruits Dans Le Bâtiment .....	14
3. Les Différent Problèmes Acoustiques Que Rencontre L’architecture Lors De La Conception D’un Projet Architectural.....	15
3.1. Focalisation Du Son .....	15
3.2. L’écho Flottant Et La Réverbération.....	15
3.3. Temps De Réverbération .....	16

B. Le Confort Acoustique .....	17
1. La Notion De Confort Acoustique .....	17
2. Le Confort Acoustique .....	17
2.1. Conditions Du Confort Acoustique .....	17
3. L'isolation Acoustique .....	17
3.1. Principe D'isolation Acoustique .....	18
3.2. Renforcement De L'isolation Acoustique : .....	20
3.3. Double Vitrage Asymétrique : .....	20
3.4. Critères D'isolation Contre Les Bruits Aériens.....	20
3.5. Protection Contre Les Bruits De Choc .....	21
4. Isolation Acoustique Entre Intérieur/Extérieur .....	22
5. La Correction Acoustique .....	23
5.1 Définition .....	23
5.2. L'objectif De La Correction Acoustique.....	23
5.3. Principe De Correction Acoustique.....	23
5.4. Facteurs Influant Sur La Réverbération .....	23
5.6. Les Matériaux Absorbants.....	24
5.7. Mise En Place Des Matériaux Absorbants .....	26
5.7. Méthode De L'acoustique Géométrique .....	28
C. Le Conservatoire.....	29
1. La Culture.....	29
2. L'art.....	29
3. Le Projet Culturel .....	29
4. Les Equipements Culturels.....	29
4.1. Définition .....	29
4.2. Classification Des Equipements Culturels .....	30
Conclusion.....	41
Chapitre Analytique .....	43
Introduction .....	44
2. Présentation Et Choix Des Exemples .....	45
3. Tableau Récapitulatif .....	45
4. L'organisation Fonctionnelle Et L'organisation Spatiale.....	49
5. Analyse De Site.....	55
5. 1. Plan De Situation.....	55
5.2. Situation De Terrain .....	55
B. Analyse De Terrain.....	56
5.1 Topologie (La Morphologie - La Topographie).....	56
5.1.1 Topographie De Terrain .....	56

5.2. Contexte Urbain .....	57
5.3. Contexte Architectural (Identité, Intégration ... ) .....	58
5.4. Comportement Climatique Et Extérieur Du Site.....	59
5.5. Dédution Et Recommandation Par Rapport Le Projet.....	60
5.5. Potentialité De Site.....	63
Synthèse De L'analyse De Terrain.....	63
6. Programmation.....	63
6.1. Programme Officiel.....	63
6.2 Programme Proposé .....	65
7. Etat D'art.....	66
7. L. Article N : 01.....	66
7.2 .Article N : 02.....	67
7.3. Article N : 03.....	69
7.4. Article N: 04.....	70
Chapitre Pratique.....	73
Introduction .....	74
1. Les Objectifs .....	74
2. Les Intentions .....	74
3. Les Eléments De Passages .....	74
4. L'idée conceptuelle du projet.....	77
5. Développement De L'idée Conceptuelle Du Projet .....	79
5.1 Au niveau 2D .....	79
5.2 Au niveau 3D .....	79
5.3 Au Niveau Plan De Masse.....	80
5.4 Au Niveau Des Elévations .....	83
6. Application Thème-Projet : .....	84
6.1 la forme .....	85
6.2 l'isolation et la correction acoustique.....	87
6.3 les panneaux acoustique Et les matériaux utilisés .....	88
6.4 Aménagement du paysage sonore .....	80
6.5 stratégie utilisé à l'intérieur Des espaces.....	93
Conclusion.....	96
Conclusion Générale .....	97
Bibliographie.....	99
Les Annexes .....	102

## **LIST DES TABLEAUX**

Tableau 1 La demarche methodologie de notre analyse .....	44
tableau 2 Criteres du choix des exemples.....	49
tableau 3 Tableau comparatif entre 4 exemples par rapport aux plusieurs dimensions .....	57
tableau 4 Programme officiel .....	65
Tableau 5 Programme propose .....	79

## LIST DES FIGURES

Figure 1 Longueur d'onde .....	9
Figure 3 source sonore linéaire : décroissance de 3 dB par doublement de distance .....	11
Figure 3 source sonore ponctuelle : décroissance de 6dB par doublement de distance ; .....	11
Figure 4: Les différentes composantes d'un front d'onde atteignant un auditeur dans une salle .....	12
Figure 5 Réflexion d'une onde acoustique.....	12
Figure 6 Propagation du son.....	14
Figure 7 Focalisation du son due à une paroi de forme concave.....	15
Figure 8 traitement de l'écho.....	16
Figure 9 livre Réussir l'acoustique.....	16
Figure 10 Isolement acoustique de la grande salle de la Philharmonie .....	19
Figure 11 Schématisation du principe de « boîte dans la boîte » .....	19
Figure 12 Exemples de situations de bâtiments vis-à-vis des nuisances sonores.....	19
Figure 13 Fonctionnement d'un écran antibruit.....	20
Figure 14 Matériaux poreux porosité fermée et ouverte .....	24
Figure 15 Matériaux fibreux et à porosité ouverte .....	24
Figure 16 les panneaux acoustiques (source : auteur).....	25
Figure 17 COURS D'ACOUSTIQUE DU BATIMENT: .....	25
Figure 18 COURS D'ACOUSTIQUE DU BATIMENT: .....	26
Figure 20 Dalles murales collés sur la paroi .....	27
Figure 20 Dalles murales fixées sur l'ossature.....	27
Figure 21 Matériaux absorbants posés contre le plancher haut.....	27
Figure 23 Matériaux absorbants posés contre le plancher haut.....	27
Figure 23 Absorbant fixé en plafond habillage en lames de bois.....	27
Figure 24 Matériaux absorbants suspendus.....	27
Figure 25 Exemple de matériaux absorbants sur les murs .....	28
Figure 26 Courbes iso acoustiques .....	28
Figure 27 les types de parcours .....	32
Figure 28 : exemple de parcours .....	32
Figure 29 Le petit studio en mousse des mousses acoustiques qui sont fabriquées en France) .....	34
Figure 30 : intensité des premières réflexions dans un studio.....	35
Figure 31 la correction acoustique Favoriser les premières réflexions .....	35
Figure 32 Répartition des surfaces absorbantes .....	36
Figure 33 différent formes des salles de concert .....	37
Figure 34 normes de salle de concert .....	38
Figure 35 exemple d'une salle de spectacle .....	39
Figure 36 : Coupe sur l'amphithéâtre.....	39
Figure 37 réflexion des ondes sonores .....	39

Figure 38 fonctionnement des réflecteurs .....	40
Figure 40 effet de foyer par surfaces courbes .....	40
Figure 40 réflexion des ondes sonore par rapport de disposition des réflecteurs.....	40
Figure 42 Situation de la wilaya de Biskra.....	55
Figure 42 Découpage administratif de la wilaya de Biskra.....	55
Figure 43 Situation du Terrain .....	55
Figure 44 Situation du Terrain .....	56
Figure 45 coupe schématique de la topographie de terrain .....	56
Figure 46: accessibilité du terrain .....	57
Figure 47 dimensionnement de terrain.....	57
Figure 48 environnement immédiat du terrain .....	58
Figure 49 représente l'intégration du terrain par rapport à Z.H.U.N. POS Biskra.....	59
Figure 50 représente l'intégration du terrain par rapport à Z.H.U.N. POS Biskra.....	59
Figure 51 les facteurs climatiques de terrain.....	59
Figure 52 représente l'effet d'écran anti bruit.....	60
Figure 53 schémas du comportement climatique de site.....	60
Figure 54 Les diagrammes météorologiques Wilaya de Biskra .....	60
Figure 55 les facteurs climatiques du terrain.....	60
Figure 56 déduction et recommandation de terrain.....	61
Figure 57 écran acoustique réfléchissant.....	61
Figure 58 synthèse des axes de terrain .....	61
Figure 59 Synthèse solution acoustique .....	62
Figure 60 schéma montre les 2 pôles naturel dynamique.....	62
Figure 61 zoning de secteur par rapport aux solutions acoustiques .....	62
Figure 62 Diagrammes de relation .....	70
Figure 63 représente la perception des vagues du son .....	75
Figure 64 représente formes des sons résonnantes d'une guitare.....	75
Figure 65 Le tube de Kundt.....	75
Figure 66 différents ambiance lumineuse.....	76
Figure 67 oreille interne .....	77
Figure 68 Vue de plan de masse les zones du projet et son implantation .....	81
Figure 69 écran antibruit .....	81
Figure 70 l'interprétation des ondes sonore sur les façades de notre projet.....	83
Figure 72 coupe montre la position des reflecteurs dans notre salle de spectacle.....	84
Figure 72 vue de plan la fontionnement des réflecturs.....	84
Figure 73 montre emplacement des panneaux acoustique dans le studio et la salle de spectacle.....	85
Figure 74 les panneaux placés aux mus de studio d'enregistrement.....	86
Figure 75 une coupe montre la forme du plafond qui aide à une bonne propagation sonore .....	87
Figure 76 transmission latérale.....	87
Figure 77 Schéma de mur doublage .....	88
Figure 78 moquette utilisé dans notre salle de spectacle de conservatoire .....	88
Figure 79 Disposition des moquettes source : Google image .....	88
Figure 80porte étanche.....	89
Figure 81 jeux de lumière naturelle.....	94
Figure 82 l'ambiance de jeux de lumière artificielle.....	95

**CHAPITRE**  
**INTRODUCIF**

### INTRODUCTION

“Le bruit ne fait pas de bien, et le bien ne fait pas de bruit. (Saint François de Sales)”

L'oreille est un organe fondamental pour communiquer, un support intellectuel, un outil de convivialité et d'épanouissement de soi. Elle a un rôle fondamental dans notre capacité à nous situer dans le monde environnant (repère spatial et temporel). L'audition permet une communication interpersonnelle et assure nos rapports avec les autres. La perception du son et du langage est indispensable à notre compréhension. La perte ou déficience auditive altère la communication avec les autres et devient un inconvénient social. Il en est de même pour les acouphènes et l'hyperacousie (extrême sensibilité aux sons).<sup>1</sup>

La qualité sonore ne se mesure pas mais se perçoit auditivement. Bien que cela se fasse inconsciemment, les gens s'arrêtent plus souvent et plus longtemps aux endroits dotés d'une bonne qualité sonore. Les bruits n'influencent pas seulement les conditions sonores d'un lieu mais également nos émotions. Plus que jamais, la qualité d'écoute est synonyme de qualité de vie.

Le bruit c'est un problème environnementale comme la pollution de l'air ou de l'eau, il n'en reste pas moins qu'il constitue une nuisance très présente dans la vie quotidienne de chacun. Le cumul de toutes les sources sonores peut avoir un impact sanitaire non négligeable. Les effets auditifs par exposition sonore excessive sont connus. Le bruit peut affecter l'individu et entraîner des troubles de formes très diverses : perturbation du sommeil, désordres ; la fatigue l'irritabilité. Les effets délétères du bruit résultent habituellement d'un processus long et complexe influencé par un grand nombre de facteurs résultant du contexte et du vécu propre à chacun.<sup>2</sup>

Le son n'est pas dû au hasard. Nous façonnons l'environnement avec nos actes sonores. Chaque dispositif architectural a une influence sur les phénomènes sonores d'un endroit. C'est pourquoi les architectes, les urbanistes, les aménageurs de même que les acousticiens, ont particulièrement un rôle à jouer dans la conception du paysage sonore pour améliorer la qualité sonore et in fine la qualité de vie.

Aujourd'hui, la dimension sonore est déjà au cœur de toutes les problématiques urbaines : la circulation, les constructions, les espaces publics, les activités commerciales ou culturelles, avec des enjeux importants en matière de santé, de qualité de vie et de mieux vivre ensemble.

La perception du son est d'une importance majeure dans notre vie quotidienne.

Communiquer à travers la parole, écouter de la musique, se réjouir de la nature dans un parc calme, sont des exemples qui montrent combien les sons sont essentiels à notre bien-être. Le bruit par contre peut avoir de sérieuses incidences sur la qualité de vie des personnes directement concernées<sup>3</sup>

Le domaine d'acoustique architecturale est l'objet de recherche depuis forts longtemps dans l'Antiquité des savants tel Pythagore étudiaient les cordes vibrantes et des architectes tel Vitruve

---

<sup>1</sup> <http://www.nosoreilles-onytient.org/l-oreille.php>. L'oreille et le principe de l'audition.

<sup>2</sup> <http://www.bruit.fr>. Septièmes Assises nationales de la qualité de l'environnement sonore.

réfléchissaient au cheminement du son.

Notre but de recherche est de trouver des paramètres qui nous permettent une propagation harmonieuse du son dans l'espace et qui fournit aux occupants un confort acoustique optimal et qui permet de prendre en considération le bien-être des usagers dès la phase de conception de projet.

### 1. PROBLEMATIQUE

La sonorisation dans la conception architecturale est un phénomène très important, ce dernier s'intéresse aux problèmes acoustiques posés par l'art de bâtir.

Aujourd'hui beaucoup d'études ont montré que les critères acoustiques sont déjà au cœur de toutes les problématiques urbaines avec les enjeux importants sur la matière de confort humain (santé, qualité de vie, ...).

Ce phénomène qui a été largement ignoré au cours des nouvelles constructions ne prend pas en compte uniquement les principes et les normes acoustiques qui permettent d'arriver au confort acoustique par rapport aux bruits mais aussi la configuration des espaces de spectacles des générations de la formule.

L'acoustique architecturale traite en particulier les difficultés concernant l'isolation phonique de l'espace contre les bruits et les vibrations pour créer des conditions optimales d'émission et sa réception des ondes sonores dans un local pour un confort maximal et notamment éviter l'écho.<sup>1</sup>

En Algérie on s'est aperçu que le facteur acoustique est négligé dès le début de la conception par rapport à d'autres facteurs (composition, volume, traitement de façade, organisation spatiale ...) considéré plus important pour les architectes, ils oublient le côté sensible du projet c'est le contexte sonore du site parce que la conception se fait d'une manière virtuelle.

Parmi les types des espaces qui demandent paradoxalement une grande attention aux matières de confort acoustique vu le type d'activité qui se déroule à l'intérieur c'est les espaces de spectacle.

Les espaces de spectacle peuvent être considérés comme un projet sensible pas seulement pour son rôle multidimensionnel dans la société, mais pour la nécessité d'assurer un confort acoustique favorisant sa performance.

On aperçoit que le problème acoustique de ses espaces n'est solutionné que lorsque l'ouvrage est terminé et uniquement après utilisation des espaces cela par des simples solutions techniques.

La question clé qu'on s'est posé au départ :

- **Quelles sont les solutions conceptuelles architecturales adéquates qui doivent être prises en considération dès la phase de la conception pour assurer le confort acoustique dans notre projet et spécialement dans l'espace de spectacle ?**

### 2. HYPOTHESE

Pour trouver des éléments de réponse à cette question une hypothèse a été formulée :

---

<sup>1</sup> Bien concevoir l'acoustique des locaux accueillant les enfants pour préserver leur santé PDF

Si on adopte une configuration architecturale ; une géométrie optimale et des matériaux de constructions appropriés en matière d'acoustique en aura une bonne qualité sonore dans notre projet et spécialement dans l'espace de spectacle.

### 3. OBJECTIFS

L'objectif principal de ce travail est d'arriver à définir une configuration et une forme optimale qui permet d'assurer une propagation harmonieuse des ondes sonores dans notre espace avec l'intégration intelligente des solutions technique.

Il y a d'autres sous objectifs inclus dans ce travail :

- Assurer la qualité sonore et d'écoute et maîtriser la sonorisation des espaces de spectacle.
- La prise en compte des exigences acoustiques en terme architecturale.
- Limiter la propagation des bruits d'impact.

### 4. METHODOLOGIE

Pour répondre aux objectifs fixés et à vérifier la validité de notre hypothèse, nous avons organisé notre travail de recherche sur 3 phases :

**-Phase théorique**, cette phase, est basée sur une recherche documentaire relative aux sujets traités.

- La recherche sera consacrée à la lecture d'un ensemble de documents portant sur le thème et projet.
- Introduction de thème de recherche à la base d'une recherche bibliographique.
- La documentation concernant le projet cas d'étude est issue des bureaux d'études, et des administrations avec lesquelles on a pris contact.

#### **-Phase analytique**

Dans cette phase le travail analytique scindé en trois parties :

- Etude de deux exemples réels et trois autres exemples livresques au niveau urbain, et architectural (Acquisition de concepts, principes de la démarche, recommandation, ébauche de programme.)
- Une analyse de site d'étude et une construction d'un programme proposé.
- Enfin nous avons fait un travail analytique intensif sur la thématique, une collecte des différents articles qui portent sur la compréhension des stratégies pour une amélioration acoustique.

#### **-Phase pratique**

Sera apparent comme une application et une interprétation des résultats obtenus lors de toutes ces études précédentes.

A la fin une synthèse expose les enseignements tirés de ce travail, des recommandations architecturales et techniques.

### 5. STRUCTURE DU MEMOIRE

Nous avons structuré le présent travail de la manière suivante

**Le chapitre introductif** : Destiné à la présentation de l'introduction générale, la problématique dans laquelle nous exposons la question de recherche, l'hypothèse à vérifier, les objectifs à atteindre ainsi que la démarche méthodologique qu'elle suit finalement une structure de mémoire.

**Le chapitre I l'acoustique architectural dans un espace de spectacle** (chapitre théorique) : Chapitre destiné à étudier la sonorisation et l'acoustique dans les espaces de spectacles qui se divise en deux parties :

La première partie se base sur les généralités de la sonorisation et l'acoustique.

Déterminé les notions qui concerne le confort acoustique architectural, la propagation du son dans l'espace de spectacle.

- Identifié les problèmes du son dans l'espace de spectacle.
- Le bruit et l'impact des nuisances sonores sur les espaces.
- Déterminé les traitements acoustiques possible.

La deuxième partie présente le cadre théorique et les différentes notions de projet (conservatoire).

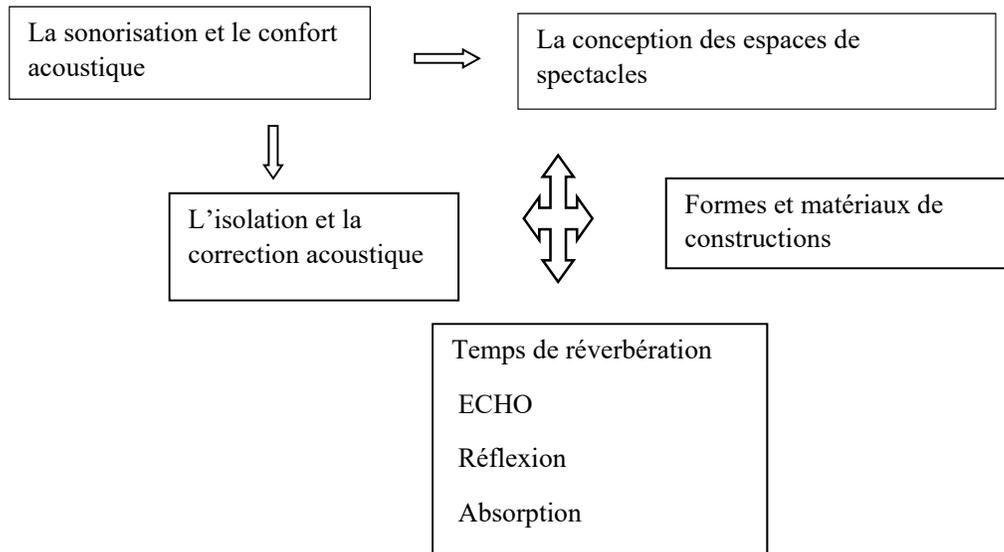
**Le chapitre analytique II** : consiste en une analyse des exemples, une présentation de contexte d'articles étudiés, l'analyse de notre site dont le but de ressortir les potentialités à garder et les faiblesses à traiter, ainsi que le programme comme résultat de l'étude analytique

**Le chapitre pratique III** : ce chapitre concerne

- Les éléments de passage qui explique l'application du thème au niveau du projet.
- Les processus de la conception du projet.
- La collecte des solutions et des technologies utilisées dans notre projet (matériaux isolants,..)

A l'issue de ces trois chapitres, la recherche se termine par une conclusion générale qui démontre l'importance du thème afin de concevoir un projet qui répond aux questions posées. Aussi les références consultées qu'ils ont utilisées durant ce travail.

## 6. Le modèle conceptuelle



**CHAPITRE I**  
**L'ACOUSTIQUE**  
**ARCHITECTURALE DANS**  
**L'ESPACES DE**  
**SPECTACLE**

## Introduction

L'acoustique architecturale doit Favoriser l'écoute ou, inversement à apporter une protection contre le bruit quand celui-ci est une cause de gêne. Dans tout les cas, il est nécessaire de comprendre comment le son se propage dans l'espace afin d'en maîtriser le cheminement et la réception. La propagation du son et le confort acoustique sont l'objet de recherche depuis fort longtemps.

Le présent chapitre vise à étudier et clarifier les notions de base du son et les paramètres de confort acoustique pour l'objectif de préciser le cadre architectural des futures constructions de conservatoire, selon une méthode et une nouvelles références architecturales en matière de choix techniques de caractère général, de conception et équipement des salles de spectacle et d'enseignement, dans le respect des règles de sécurité en général et des normes pour l'isolation et la correction acoustique.

## A. La sonorisation

### 1. Définition de la sonorisation

La sonorisation (souvent évoquée sous sa forme abrégée sono) consiste en la diffusion d'un son dans un espace important grâce à des moyens électroacoustiques. Les domaines typiques d'utilisation sont la sonorisation de spectacle vivant (concert ou théâtre), le disc-jockey (diffusion de musiques déjà enregistrées), ou le Public Address (diffusion de musiques d'ambiance et/ou d'annonces).<sup>1</sup>

### 1.2. L'acoustique

L'acoustique est une branche de la physique dont l'objet est l'étude des sons et des ondes mécaniques Elle fait appel aux phénomènes ondulatoires et à la mécanique vibratoire. L'acoustique et la branche de physique qui étudie la propagation, détection et les effets du son.

L'acoustique se caractérise pas qu'au phénomène aérien responsable de la sensation auditive ; elle s'intéresse aussi à tous les principes physiques analogue : ultrasons, infrason, vibration Michèle Bruneau a établi l'étendu de l'acoustique à travers se diagramme. On retiendra :

**L'acoustique architecturale:** qui étudie la transmission du son à l'intérieur des bâtiments.

**L'acoustique structurale** qui étudie la réaction des structures élastique aux ondes sonores.

**L'acoustique de l'environnement** qui traite des problèmes de la nuisance liée à la production du son.

**L'acoustique musicale** est le domaine de l'acoustique consacré à l'étude des sons musicaux, dans leur mode de production par les instruments de musique et la voix.

**L'acoustique physique :** qui s'intéresse au mécanisme auditif humain. <sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Acoustique et technique du son

<sup>2</sup> Isolation Phonique PDF

### 1.3. Définition du son

Le son pur est une vibration dans un milieu élastique (air, eau, matière solide) caractérisé par la fréquence (nombre de Vibrations par seconde), l'amplitude (niveau sonore ou volume du son) et la durée. A partir de la fréquence, on peut classer les sons en 3 catégories :

- Les sons graves (fréquence inférieure à 100 Hz = basse fréquence)
- Les sons moyens (fréquence allant de 100 Hz à 2 kHz = moyenne Fréquence)
- Les sons aigus (fréquence supérieure à 2 kHz = haute fréquence)

En acoustique du bâtiment, on considère traditionnellement un intervalle de fréquences comprises entre 100 Hz et 5 kHz. La sensibilité de l'oreille humaine moyenne va de 20 Hz à 20 kHz.<sup>1</sup> (Voir l'annexe n° 1 figure : échelle de fréquences du son)

### 1.4. Les grandeurs du son

Le son se mesure en décibels (dB), unité de mesure logarithmique, ce qui implique que : L'addition de deux sources sonores identiques entraîne une augmentation de 3 dB (50 dB + 50 dB = 53 dB). Une multiplication par 10 de la puissance acoustique entraîne une augmentation de 10 dB.

(50dBx 10=60dB) La mesure du niveau sonore se fait à l'aide d'un sonomètre qui transforme l'énergie du son en tension électrique. **Définition de dB (A), dB (B) :**

Le système auditif a de particulier que pour un même niveau sonore (dB), la fréquence du son (Hz) peut donner des sensations auditives différentes.<sup>2</sup>

### 1.5- Types de sons

#### 1.5.1 Son pur :

Lorsqu'une source sonore émet un son, elle s'entoure d'un champ acoustique. La perception du son est fonction des conditions d'écho. Un son pur est caractérisé par une fréquence unique et une amplitude. Dans la nature, il y a rarement un son pur, mais plus souvent un mélange de fréquence. Le son pur est une sensation auditive provoquée par une onde de pression périodique purement sinusoïdale. C'est donc le plus souvent la résultante de son simple qui le compose. C'est le cas du langage humain.

#### 1.5.2 Son confus :

C'est un mélange de sons. Ils sont essentiellement d'origine électronique (par exemple, tonalité d'un téléphone).

#### 1.5.3 Son complexe :

Constitué de différents sons purs, est composé de fréquence et d'amplitudes différentes.

En physique, on dit que l'oreille humaine distingue soit le son (caractérisé par une courbe périodique), soit le bruit (matérialisé par une courbe non périodique).

<sup>1</sup> Ministère de la communauté française, Périodique trimestriel N°17, février 2005, page 29.

<sup>2</sup> Éléments d'acoustique et nuisances sonores pdf

Ainsi, un son musical est une sensation auditive due aux vibrations du milieu de propagation de l'onde acoustique par une suite de compressions et de dilatations. <sup>1</sup>Voir l'annexe n°1 (figure : type du son ; caractéristique d'un son et d'un bruit)

## 1.6. Les paramètres physiques de son

### 1.6.1. Longueur d'onde

La longueur d'onde est la distance séparant deux molécules successives dans le même état vibratoire (même pression et vitesse acoustique) ou encore la distance parcourue par l'onde pendant une période.

Dans l'exemple choisi ici, la longueur d'onde peut être représentée comme la distance séparant deux maximums de compression (traits gras successifs); à cet instant  $t$ , chaque molécule séparée de la longueur d'onde est soumise à une pression et une vitesse acoustiques identiques. Dans un milieu donné, la fréquence et la longueur d'onde sont liées par la formule :  $\lambda = c/f = c \cdot T$  où  $\lambda$  est la longueur d'onde en mètre (m),  $c$  la célérité de propagation de l'onde en mètre par seconde (ms<sup>-1</sup>).

Soit  $f$  la fréquence (Hz) et  $T$  la période (s).

Pour une sinusoïde de fréquence 10 Hz et une célérité de propagation de l'onde égale à 340 m.s<sup>-1</sup>, la longueur d'onde vaut 34 mètres. Plus la longueur d'onde est grande, plus la fréquence est faible.

A l'inverse, plus elle est faible, plus la fréquence est élevée<sup>2</sup>.

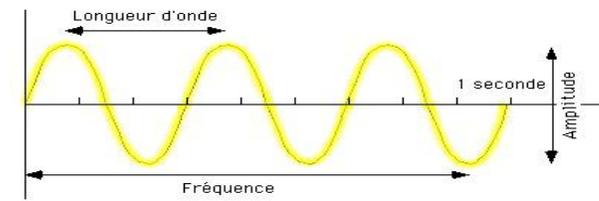


Figure 1 Longueur d'onde (Source: <http://www.cochlea.eu/son>)

### 1.6.2. Fréquence et Période

La fréquence correspond au nombre de vibrations par seconde d'un point sonore. Elle est exprimée en Hertz (Noté Hz) qui correspond de manière dimensionnelle liée avec la hauteur de son (à savoir si un son est grave ou aigu).

Plus la fréquence est élevée, plus le son est haut et donc aigu. A contrario, une faible fréquence conduit à un son bas et donc grave. Il faut également savoir que l'oreille humaine n'est pas capable d'entendre toutes les fréquences. En effet, chaque être vivant doté de l'ouïe ne sera en mesure de percevoir les sons que d'une partie du spectre sonore, l'intervalle d'entente étant déterminé par l'espèce et la qualité de l'appareil auditif pour un cas particulier. En moyenne l'homme est capable d'entendre les fréquences situées dans l'intervalle 20 à 20 KHz.

<sup>1</sup> Livre Nicolas meéus Bruit, son, son musical, note

<sup>2</sup> <http://www.cochlea.eu/son>

On associe souvent la fréquence à la période, dans un signal périodique uniquement cependant. Cela est tout à fait normal étant donné que l'un est l'inverse de l'autre. En effet, la période est l'intervalle de temps minimal exprimé en secondes pour qu'un point sonore retrouve le même état vibratoire. Pour être plus simple, la fréquence correspond en fait au nombre de périodes par seconde.

La période, notée  $T$ , est l'intervalle de temps séparant deux états vibratoires identiques  $t$

D'un point du milieu dans lequel l'onde se propage. Se schématise simplement de la façon suivante :

Cette courbe représente les variations de pression acoustique d'une onde pour une durée d'une seconde. <sup>1</sup> Voir l'annexe n° 3 (figure représente la période et la fréquence)

### 1.6.3 Puissance acoustique

Le volume d'un son est déterminé par l'amplitude de la vibration sonore. Plus un son est fort et donc plus il a de volume, plus l'amplitude de la vibration est importante.

Attention, beaucoup de gens ont tendance à penser que si l'amplitude augmente, la durée de la période augmente. Ce qui est totalement faux !

Si vous avez bien compris la partie précédente, il paraît clair que la période par assimilation à la fréquence influençant directement la hauteur du son, il paraît peu probable que l'amplitude accentue cette grandeur. Imaginez-vous possible un concert où le son serait complètement différent de celui de votre CD à cause d'une différence d'amplitude (de volume)? Bien sûr que non ! C'est donc la preuve que ces deux grandeurs sont totalement indépendantes l'une de l'autre. Cependant, le volume étant difficilement exploitable en tant que grandeur, on préférera utiliser la notion de puissance à laquelle celui-ci est directement lié. En acoustique, la puissance d'un son s'exprime en décibels noté dB. Le décibel est une grandeur sans dimension, cela signifie qu'il n'est rattaché à aucune véritable unité répondant d'un phénomène physique ou temporel. Cette grandeur est logarithmique, ce qui donne l'avantage de transformer un produit en une somme bien plus facile à manipuler et avec des valeurs bien plus accessibles. On calcule la puissance d'un son en fonction de la puissance d'un autre son de référence.

Il faut également savoir qu'à même volume, un son plus ou moins haut ne sera pas perçu de la même manière. En effet, notre oreille perçoit beaucoup plus aisément les sons aigus que les sons graves. Par exemple, on entendra facilement le son dégagé par un triangle malgré son faible volume alors que les sons les plus graves d'une guitare basse devront être beaucoup amplifiés pour arriver à une sensation sonore équivalente. <sup>2</sup>

### 1.6.4. Intensité acoustique (ou puissance surfacique)

Sur le plan physique, l'intensité du son (le volume sonore) est proportionnelle au carré de la pression exercée sur le milieu: plus on agite les molécules d'air, plus le son va être fort. Cette pression est elle-même proportionnelle à l'amplitude de l'oscillation qui l'a générée : si la membrane du haut-parleur vibre avec peu d'amplitude, le son produit est faible. Si l'amplitude du mouvement est importante, le

<sup>1</sup> <http://www.cochlea.eu/son>

<sup>2</sup> Mémento technique du bâtiment-confort acoustique-Certu-Juillet 2002

son produit est fort. Il est important de noter que l'intensité d'un son est indépendante de sa fréquence<sup>1</sup>

**1.6.5. Pression acoustique**

La pression  $p$  est une contrainte appliquée à la surface d'un corps. Elle correspond à une force par unité de surface. Au repos, les molécules sont soumises à la pression atmosphérique. Lorsque le milieu est perturbé, le mouvement des molécules engendre des variations locales de la pression ; c'est la pression acoustique. La pression et l'intensité acoustique sont liées par la formule :  $I = \frac{p^2}{\rho \cdot c}$  ou  $I$  est l'intensité ( $W.m^{-2}$ ),  $p$  la pression acoustique en un point exprimée en Pascal (Pa),  $\rho$  la masse volumique du milieu ( $kg.m^{-3}$ ),  $c$  la célérité de propagation de l'onde ( $m.s^{-1}$ ).

Ainsi lorsque la pression est deux fois plus forte, l'intensité acoustique multipliée par 4.

**1.6.6. La célérité du son (vitesse)**

La célérité d'un son, comme celle de toute onde, est indiquée par sa longueur d'onde et sa fréquence (donc aussi par sa période, puisque cette dernière est l'inverse de la fréquence). Cette vitesse de propagation dépend de plusieurs paramètres relatifs au milieu dans lequel l'onde acoustique évolue. Elle varie dans un premier temps suivant la température dans l'air. Mais la célérité du son dépend surtout de la densité et de l'élasticité du milieu. Ainsi, plus le milieu est dense et moins il est élastique, plus l'onde sonore se déplace rapidement. En effet, les atomes du milieu se rencontrent dans un intervalle de temps plus court et transmettent ainsi le mouvement de la matière plus rapidement. L'onde sonore est en fait inversement proportionnelle à l'élasticité du milieu.<sup>2</sup>

**1.6.7. Le timbre**

C'est cette caractéristique du son qui permet de différencier deux sons de même hauteur et de même intensité. Par exemple on peut jouer un même son (même volume, même fréquence) au piano, à la guitare et à la clarinette sans pour autant qu'il nous paraisse identique. Cette sensation différente est donc dû au timbre, c'est-à-dire à la « forme » du son. Ainsi, la pression exercée par une source de vibration peut varier avec une même période pour deux instruments de musique, mais sans que une pression à l'origine du son évolue de même la façon.<sup>3</sup>

**1.7. Propagation du son dans un espace libre**

On distingue deux types de sources sonores selon leur émissivité et propagation du son :

Les sources sonores dites ponctuelles comme une éolienne, un avion ou un clocher, et les sources sonores linéaires comme le trafic routier.

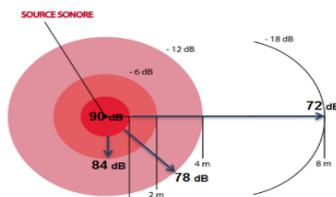


Figure 3 source sonore ponctuelle : décroissance de 6dB par doublement de distance ; (source : livre espace sonore)

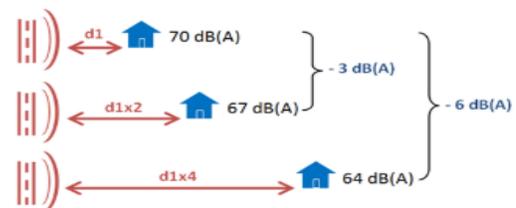


Figure 3 source sonore linéaire : décroissance de 3 dB par doublement de distance (source : livre espace sonore)

<sup>1</sup> assure le confort acoustique.07/2019

<sup>2</sup> Mémento technique du bâtiment-confort acoustique-Certu-Juillet 2002

<sup>3</sup> lpsm.paris cours nathalie Delprat

Dans le cas d'une source sonore ponctuelle, le niveau sonore décroît de 6 dB chaque fois que la distance séparant le point de mesure de la source sonore est doublée. Par contre, pour une source sonore linéaire rectiligne, le niveau sonore décroît de 3 dB par doublement de la distance séparant le récepteur de la source<sup>1</sup>.

### 1.8. Propagation du son dans un espace clos

Les sons émis à l'intérieur d'un espace fermé subissent différents phénomènes acoustiques, qui dépendent de la nature des surfaces et obstacles dans cet espace, de son volume et aussi des lois de la physique (nature des ondes sonores, fréquences...).

Pour mieux schématiser ces différents phénomènes, nous avons choisi l'illustration suivante qui représente les chemins de propagation du son émis depuis la scène d'un auditorium.

Ce schéma montre les différentes phases que subit une onde à partir d'un émetteur dans un auditorium.<sup>2</sup>

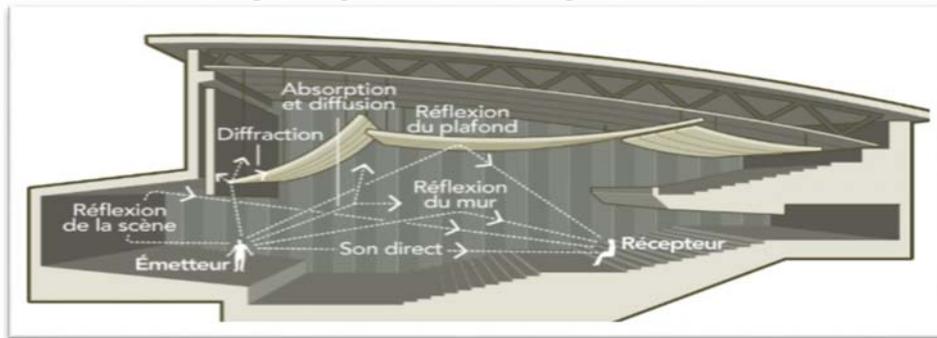


Figure 4: Les différentes composantes d'un front d'onde atteignant un auditeur dans une salle source (d'après [Beranek 2002]).

### 1.9. Réflexion du son

Lorsqu'une onde acoustique frappe un obstacle rigide et de grande dimension. Elle est déviée de son trajet par rapport à sa longueur d'onde. Cette phénomène est appelé « réflexion ».

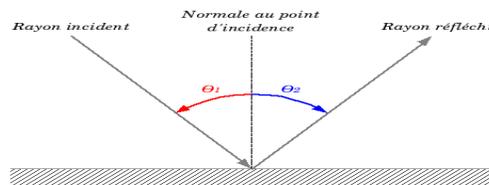


Figure 5 Réflexion d'une onde acoustique (Source : Chagué Michel, 2001)

#### 1.9.1. Absorption :

Aucune surface n'est entièrement réfléchissante et une partie de l'énergie transportée par l'onde sonore est transformée en chaleur par la mise en vibration des particules composent l'obstacle. On dit que l'obstacle absorbe une partie de l'énergie incidente ou encore l'obstacle a un coefficient d'absorption qui n'est pas nul.<sup>3</sup> Voir l'annexe 3 (figure Réflexion des sons de différentes longueurs d'onde)

<sup>1</sup> Philharmonie de Paris PROGRAMME ACOUSTIQUE.pdf

<sup>2</sup> construction moderne/n°133.15

<sup>3</sup> Elearning.univ-annaba.dz

### 1.9.2. Diffraction, réfraction et diffusion

Diffraction : Lorsque sa longueur d'onde est supérieure à la longueur de l'obstacle.

Réfraction : Lorsque sa longueur d'onde est inférieure à la longueur de l'obstacle.

Diffusion : Lorsque sa longueur d'onde est égale à la longueur de l'obstacle.

## 1. 10. Mesure de son

Les mesures du son sont entreprises afin de mieux connaître l'influence des bruits sur l'être humain, d'améliorer les connaissances physiques, permettant de maîtriser les niveaux sonores, de vérifier l'application de la réglementation. Il existe deux méthodes de mesures acoustiques. Il y a les cartographies sonores et les sonomètres. Ces méthodes définissent les conditions dans lesquelles doivent être réalisées les mesures.

### 1. 10.1. Les cartographies sonores

La cartographie acoustique consiste à généraliser sur un plan la représentation des niveaux sonores moyens dans l'espace. Fortement utilisés par les élus de collectivités locales car ils peuvent réduire leur ville en de magnifiques cartes en couleurs, celles-ci montrent rapidement leurs limites provenant des approximations drastiques que leur présentation graphique nécessite.

Pour ne pas être seulement une photographie figée d'un site mais un véritable outil de planification, la cartographie acoustique est en train d'évaluer vers une représentation plus générale et plus dynamique de l'environnement sonore. A ce titre, elle doit intégrer de nombreuses données qualitatives telles que le type de source, son occurrence, sa périodicité ou encore les conditions de réception de celle-ci. Elle doit également être couplée à des modèles de prévision qui permettent de projeter différents scénarios et de vérifier immédiatement les conséquences induits par des aménagements ou des modifications du site étudié.

### 1.10.2. Les sonomètres

Un sonomètre est un instrument destiné à mesurer le niveau de pression acoustique, une grandeur physique liée au volume sonore. Il est utilisé dans les études de pollution sonore et d'acoustique environnementale pour quantifier le bruit et les nuisances sonores. Principalement, les bruits industriels et de transport routier et aérien. En acoustique architecturale et en sonorisation, il sert à évaluer la répartition des niveaux sonores dans les locaux. <sup>1</sup> Voir l'annexe n°4 (figure des sonomètres et les cartographies)

## 2. Définition du bruit

Le bruit est une vibration de l'air qui se caractérise par sa fréquence, son intensité et sa durée d'émission. C'est un mélange complexe de sons purs à de multiples fréquences et amplitudes différentes. On associe le bruit à toute sensation désagréable, gênante ou non voulu (par exemple : bruit d'avion, de machine, parole, etc.).

---

<sup>1</sup> (Loic.H, 2008)

## 2.1. Types de bruits en présence dans le bâtiment

- Les bruits aériens intérieurs et extérieurs (sons qui naissent et se propagent dans l'air) : voix, musique, voitures, avions, etc.
- Les bruits d'impact (sons qui naissent au contact d'un élément constitutif du bâtiment et se propage au travers de celui-ci) : pas, outils, etc.
- Les bruits générés par les équipements: ventilation, chaudière, etc.

NB : Les voies de transmission structurales ou aériennes doivent être considérées comme un tout. Par exemple, si je saute sur un plancher, les collaborateurs du dessous ressentiront un bruit d'impact, tandis que les gens qui m'accompagnent entendront un bruit aérien. Souvent, une stratégie acoustique devra tenir compte de l'interaction simultanée de bruits aériens et d'impacts. C'est par exemple le cas du passage d'un train (son + vibration).<sup>1</sup>

## 2.2. La propagation du bruit

### Par voie aérienne

C'est-à-dire par les Vibrations de l'air ce sont les voitures passent dans la rue ou la musique que vous entendez dans les différents locaux. Les ondes acoustiques mettent en mouvement l'air ambiant peuvent aussi traverser les parois et se propager de l'autre côté de ces parois, ou bien suivre les murs.

### Par voie solide

Il s'agit de propagation de vibrations dans les parois, planchers, plafonds ou structures, la source sonore ébranle alors directement la paroi, dans ce cas on parle de bruits d'impacts, c'est une notion que nous retrouverons dans l'étude de certains matériaux. Notons que les bruits solidiens ne sont pas nécessairement situés dans la grave, les vibrations médium et aigues existent aussi même si leur propagation est plus difficile.<sup>2</sup>

## 2.3. Comportement des bruits dans le bâtiment

Lorsqu'un son aérien atteint une paroi (verticale ou horizontale), trois phénomènes peuvent se produire :

- La réflexion sur la paroi
- L'absorption par la paroi
- La transmission au travers de la paroi

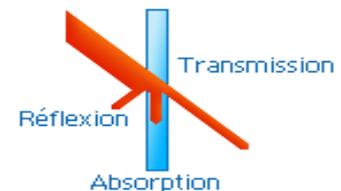


Figure 6 Propagation du son (Source : confort acoustique Bruxelles environnement)

On observe les transmissions du bruit suivantes :

- Transmissions directes au travers des parois (façade, plancher, mur intérieur etc.)
- Transmissions indirectes par les parois latérales qui dépendent des liaisons entre parois latérales et la paroi de séparation.

<sup>1</sup> bruit.parif.fr.pdf

<sup>2</sup> (Suzel Balez, 2009)

Transmissions parasites dues au défaut de la paroi (fissure, manque d'étanchéité, etc.)<sup>1</sup>

### 3. Les Différent problèmes acoustiques que rencontre l'architecture lors de la conception d'un projet architectural

Dans le domaine de l'acoustique, il existe des problèmes principaux :

- La réverbération
- L'écho
- Flutter écho
- La focalisation des sons (tache sourde)

Pour assurer aux salles des bonnes qualités acoustiques il faut les projeter de telle manière que :  
Il n'existe pas d'écho

Il n'existe pas de focalisation

- Le temps de réverbération conçu ou calculé coïncide avec celui optimal.
- L'intelligibilité à n'importe quelle place dépasse la valeur critique.

#### 3.1. Focalisation du son

L'Obstacle courbe concentre les ondes sonores dans un point (foyer) éloigné de la source et symétrique par rapport à celle—ci.

Dans ce point, l'intensité du son est augmenté qui est créé le faible d'entendre dans les autres points

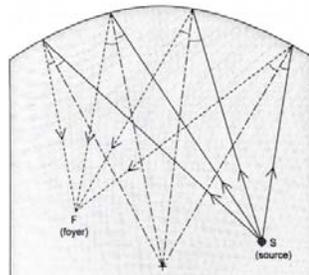


Figure 7 Focalisation du son due à une paroi de forme concave (Source : elearning.univ-annaba.dz)

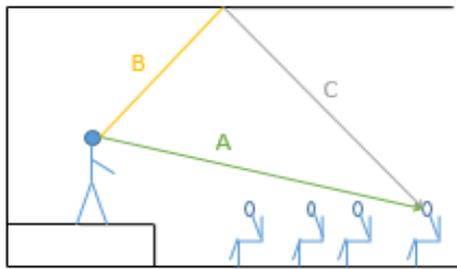
#### 3.2. L'écho flottant et la réverbération

**Définition de l'écho :** c'est le phénomène de répétition du son provoqué par la réflexion

La sensation sonore dans l'oreille humaine continue 0,1 seconde. Par conséquent, lorsque l'écho atteint l'oreille avant 0,1 seconde, il se mélange au son d'origine et ne peut donc pas être distingué, mais s'il atteint après 0,1 seconde, l'écho est entendu et la distance la plus basse à laquelle l'écho se produit jusqu'à une surface réfléchissante est de 17 mètres.

**Utilisation de matériaux insonorisant (absorbants)**

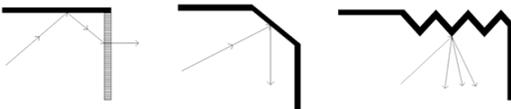
<sup>1</sup> <sup>22</sup>Elearning.univ-annaba.dz



$$(B+C)-A < 17 \longrightarrow \text{Aucun \u00e9cho}$$

$$(B+C)-A > 17 \longrightarrow \text{\u00e9cho}$$

**\u00c9chos des coins orthogonaux**



Dispersion sonore

Figure 8 traitement de l'\u00e9cho (source : auteur)

Changer la direction sonore

**3.3. Temps de r\u00e9verb\u00e9ration**

C'est le temps mis par les ondes pour s'att\u00e9nuer apr\u00e8s r\u00e9flexion sur les parois d'un local. Ce temps est d\u00e9fini par rapport \u00e0 une chute de l'intensit\u00e9 sonore de 60dB. Il varie selon la g\u00e9om\u00e9trie et le rev\u00eatement des parois de la salle.

Lorsqu'un son est \u00e9mis, celui-ci est d\u00e9compos\u00e9 en sons directs et en sons r\u00e9fl\u00e9chis sur les diff\u00e9rentes parois. Il faut intervenir sur ces derniers pour assurer le confort acoustique d'une pi\u00e8ce.<sup>1</sup>

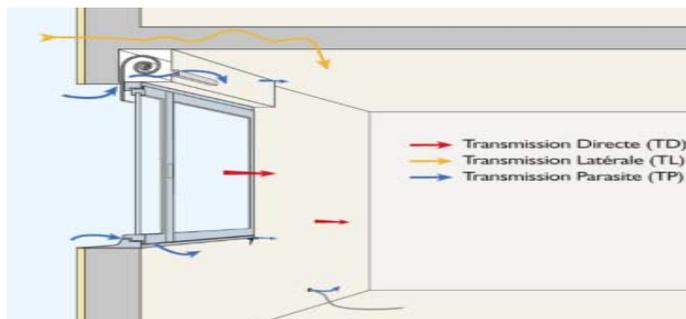


Figure 9 livre R\u00e9ussir l'acoustique (Source: construction moderne/n\u00b0 133 15)

La mani\u00e8re dont sonne un espace d\u00e9pend principalement de sa production, de sa forme, de son agencement et de ses conditions mat\u00e9rielles. A cet \u00e9gard, toutes les propri\u00e9t\u00e9s acoustiques des mat\u00e9riaux jouent un r\u00f4le : la texture et la forme des surfaces, la densit\u00e9 et la composition interne, la taille mais aussi la distance / position par rapport \u00e0 d'autres mat\u00e9riaux dans l'espace.

<sup>1</sup> Guide acoustique du batiment.PDF

## B. Le confort acoustique

### 1. La notion de confort acoustique

La notion de confort acoustique. Comme celle de qualité d'ambiance sonore d'un lieu, peut-être appréhendée en ayant de recours à deux dimensions ou facettes complémentaires. La qualité et quantité d'énergie émis par les sources, et la qualité et quantité des événements sonores du point de vue de l'auditeur. Point de vue qui dépend non seulement de l'histoire individuelle mais également des valeurs propres au groupe social au quelle on appartient.

Cette qualité est le confort qu'elle procure peuvent avoir une influence de la qualité du travail, du sommeil, et sur la relation entre les usagers de bâtiment. Quand la qualité de l'ambiance se détériore et que le confort se dégrade. Les effets observés peuvent se révéler rapidement très négatifs, comme la baisse de productivité, des conflits de voisinage, voire même les problèmes de santé.<sup>1</sup>

### 2. Le confort acoustique

Le confort acoustique est un élément souvent négligé des espaces intérieurs. Or l'équilibre psychologique et la productivité au travail des occupants y sont intimement liés.

La nécessité des deux termes dans ce genre d'équipements (les espaces de spectacles,...) : l'isolation acoustique-la correction acoustique.

Il faut bien distinguer « l'isolation acoustique » et la correction acoustique » en effet

**L'isolation acoustiquement d'un local:** c'est minimiser le niveau de bruit produit dans le local vers l'extérieure (l'enveloppe urbaine), consiste à traiter la transmission des nuisances d'un local à autre, tandis que corriger acoustiquement: c'est modifier le rendu sonore de la pièce, réduire des résonances, traiter l'absorption et la réflexion du son d'un même local par exemple salle de spectacle pour améliorer la qualité phonique. Autrement dit la correction concerne le local où sont émis les sons et le bruit tandis que l'isolation s'intéresse au local où ils sont reçus.<sup>2</sup>

#### 2.1. Conditions du confort acoustique

Pour obtenir un confort sonore à l'intérieur d'un espace aménagé, il faut:

- Maîtriser la réverbération, de sorte que les sons utiles et désirés puissent se propager correctement, avec suffisamment d'intensité et sans déformation pour être facilement perçus. On parle alors, de correction acoustique.
- Limiter la transmission des bruits en provenance de l'extérieur (moyens de transport, activités industrielles et commerciales, jeux et cris d'enfants...), des espaces adjacents (bruits aériens, bruits d'impact ou de chauffage, ventilation, ascenseur, etc.). C'est-à-dire une bonne isolation acoustique. Cependant, il ne faut pas confondre isolation et correction acoustique. Ces deux stratégies sont généralement indissociables pour obtenir un confort sonore mais interviennent différemment pour ce qui est du mode opératoire.

### 3. L'isolation acoustique

L'isolation est l'ensemble des dispositions prises pour réduire la transmission d'énergie entre les sources qui la produisent et les lieux qui doivent être protégés.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> (IBGE, juillet 2010)

<sup>2</sup> Document.envirennement.brussels/confortacoustique

<sup>3</sup> ACOUSTIQUE DU BATIMENT ET DE L'ENVIRONNEMENT Christophe Cloud – cours V2.0

### 3.1. Principe d'isolation acoustique

- ✓ Agir au niveau de l'implantation

L'agencement des bâtiments en mitoyenneté ou en ordre ouvert relie ou non par un mur de clôture ainsi que l'aménagement d'espaces tampons entre la source de bruit et le bâtiment influencent la manière dont le bruit atteint les lieux où on recherche le calme.

- ✓ Limiter les surfaces de séparation un Chaque m<sup>2</sup> de mur ou de plancher de séparation entre des espaces contigus représente diffuseur sonore de plus. Plus cette surface de Séparation est développée, plus la transmission du bruit est importante.
- ✓ Créer de la masse

Selon la <<loi de masse >>, plus un matériau est lourd (dense et épais), plus il isole. Ce principe met en évidence l'intérêt des matériaux massifs dans l'acoustique architecturale. La présence de masse est particulièrement efficace dans l'atténuation des bruits aériens, puisque les ondes de l'air auront plus de difficulté à faire vibrer un élément lourd.

- ✓ Déphaser les ondes

Le spectre du son comporte toute une série de fréquences et de longueurs d'ondes différentes.

Chaque matériau, par ses propriétés physiques et sa masse, absorbe une tranche sélective de ces ondes. La création d'un complexe de couches hétérogènes est donc particulièrement efficace dans le captage de la globalité des phases du son. Il s'agit de varier l'épaisseur et la densité volumique des matériaux employés dans l'élément acoustique. C'est le principe Masse/Ressort/Masse.

- ✓ Etanchéifier

Cette stratégie est la plus importante d'entre toutes. Les effets des efforts d'isolation acoustique ne s'additionnent pas : c'est le point le plus faible d'une paroi qui détermine sa performance d'isolation. Un trou, une fente, le passage d'une canalisation, un mauvais jointoiement au pourtour d'un châssis ou une fissure peut ruiner les efforts acoustiques de toute une paroi. Il faut donc rechercher une étanchéité et une homogénéité maximale de la paroi pour limiter le risque de fuites sonores. C'est simple : là où l'air passe, le bruit passe. Une bonne isolation acoustique suppose nécessairement une bonne étanchéité à l'air qui ne doit toutefois pas s'opérer au dépend d'une ventilation saine des espaces (voir à ce sujet les recommandations CSSO7 : << assurer la qualité de l'air >>, CSSI4 : << gérer la ventilation manuelle >> et ENE23 : << choisir un mode de ventilation énergétiquement efficace >>).

- ✓ Désolidariser

Afin d'éviter la propagation des vibrations, la désolidarisation des différents éléments (cloison -plancher, mur - plancher, canalisation -mur, etc.), au moyen de joints souples, doit être maximale.

---

<sup>1</sup> acoustique dans les bâtiments .

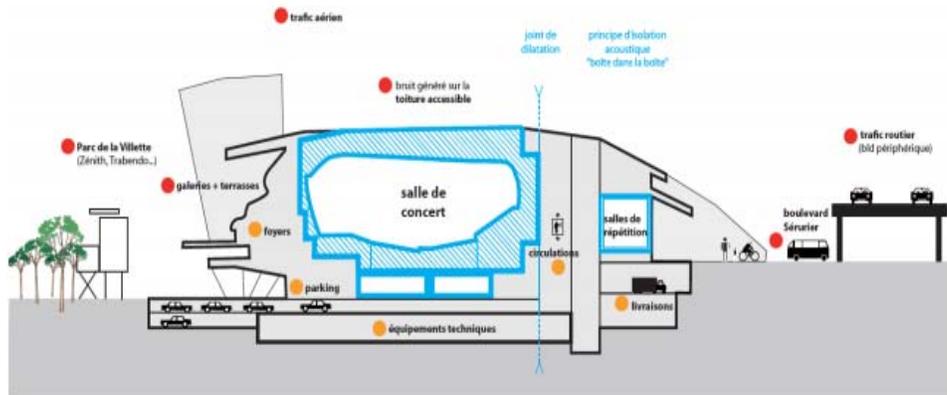


Figure 10 Isolement acoustique de la grande salle de la Philharmonie (source : site officiel de la salle de la Philharmonie)

Ces coupures peuvent par exemple être antivibratoires". On pourra isoler les espaces sensibles selon le principe de la "boîte dans la boîte".

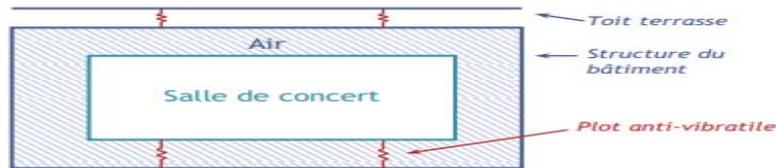
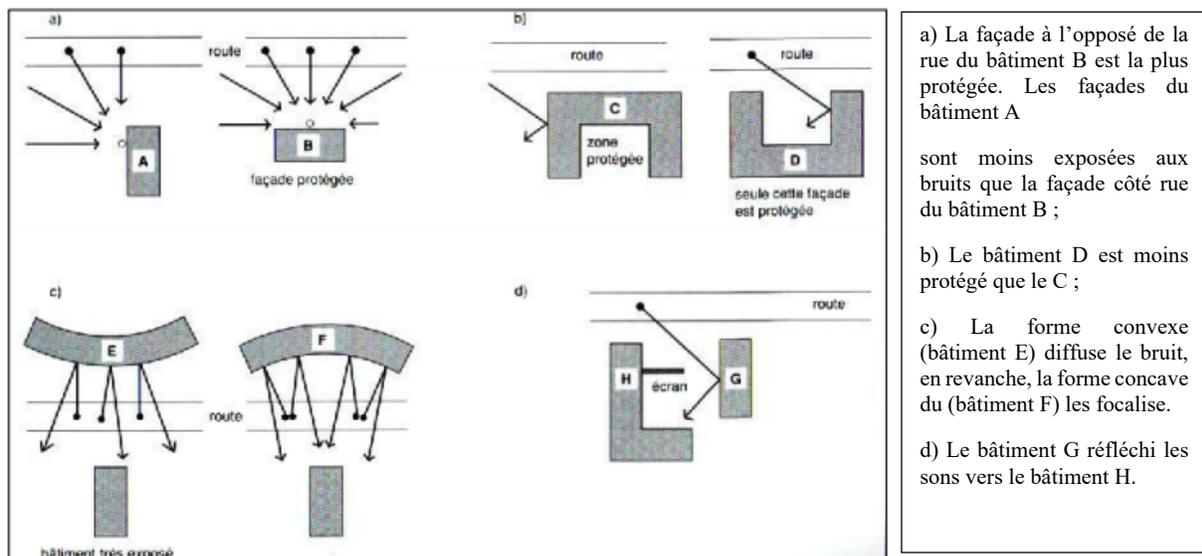


Figure 11 Schématisation du principe de « boîte dans la boîte »

✓ Implantation et conception des bâtiments

Pour l'implantation des bâtiments, il faut localiser les sources de bruit fixes ou mobiles, de déterminer leurs natures, moments et durées d'émission. Il faut étudier l'évolution future des niveaux sonores, le développement de site et les habitats.



a) La façade à l'opposé de la rue du bâtiment B est la plus protégée. Les façades du bâtiment A sont moins exposées aux bruits que la façade côté rue du bâtiment B ;

b) Le bâtiment D est moins protégé que le C ;

c) La forme convexe (bâtiment E) diffuse le bruit, en revanche, la forme concave du (bâtiment F) les focalise.

d) Le bâtiment G réfléchit les sons vers le bâtiment H.

Pour obtenir une bonne isolation acoustique par rapport aux nuisances sonores il faut maîtriser bien la qualité de façade et de toiture. Voir l'annexe n°6 (figure : Transmission du bruit par les façades)

## ✓ Ecrans antibruit

Pour protéger le bâtiment selon les bruit extérieure on propose l'écran anti bruit.

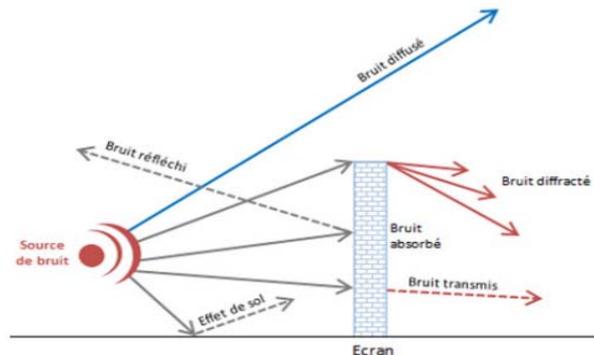


Figure 13 Fonctionnement d'un écran antibruit (Source: AFSSE, 2004)

**3.2. Renforcement de l'isolation acoustique :** Ensuite, le renforcement de l'isolation acoustique du bâtiment lui-même peut être étudié : toiture, murs extérieurs, cloisons, planchers, baies vitrées (menuiseries et vitrages), bouches d'entrées d'air... Des précautions doivent être prises pour pouvoir associer l'isolation acoustique et l'isolation thermique, au niveau du choix des solutions techniques et des matériaux. Une isolation thermique n'est pas forcément synonyme d'isolation acoustique, alors que l'inverse l'est en général. Il est parfois utile, voire nécessaire, de mettre en œuvre une correction acoustique des locaux pour limiter les phénomènes de réverbération.<sup>1</sup>

### 3.3. Double vitrage asymétrique :

Les menuiseries bois ont l'avantage d'allier esthétique, résistance et isolation. Leur robustesse leur permet d'accueillir un vitrage de forte épaisseur, ce qui est la meilleure façon de renforcer la performance acoustique d'une fenêtre. Un vitrage monolithique de masse égale offre des résultats supérieurs à un double vitrage. Cependant, les doubles vitrages ont l'avantage de pouvoir concilier isolation thermique et acoustique. Pour renforcer plus particulièrement l'isolation acoustique, le double vitrage doit être constitué de deux vitres d'épaisseur différente, par exemple 4/10/6. Autre solution : chaque vitre de 4 mm est composée de 2 feuilles de verre de 2 mm jumelées par un film plastique isolant, ce qui le rend moins lourd qu'un double vitrage asymétrique (20 kg/m<sup>2</sup> au lieu de 35). Les liaisons entre la maçonnerie et les menuiseries et l'ajustement entre les ouvrants et les dormant doivent être effectués avec soin.<sup>2</sup> Voir l'annexe 7 (figure : fenêtres; double vitrage ou triple)

### 3.4. Critères d'isolation contre les bruits aériens

Si les critères de confort acoustique vis-à-vis des sources extérieures ne sont pas rencontrés, il est nécessaire de rechercher d'où proviennent ces bruits. Il faut donc s'intéresser à chaque paroi du local et apprécier si elle est adéquate pour isoler du local voisin. Voir Annexe 8 (figure : dessin technique de différents facteurs de l'isolement aux bruits aériens)

#### 3.4.1 Transmission du bruit entre deux locaux

Quand un bruit est émis dans un local, appelé « local d'émission », l'énergie acoustique est transmise dans le local voisin appelé « local de réception » par :

<sup>1</sup> Document.envirennement.brussels/confortacoustique

<sup>2</sup> <https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01873288/document>

-la paroi séparative ; il s'agit de la transmission directe (TD)

-les parois liées à la paroi séparatives ; il s'agit des transmissions latérales (TL)

### 3.4.2. Type d'isolement

Les mesures de contrôle du confort ne peuvent être effectués que si le local est prêt à fonctionner, soit un peu tard s'il doit se révéler que la situation est non satisfaisant. Il serait dès lors intéressant de pouvoir apprécier a priori si les parois sont de qualité adéquate et si l'isolement entre les locaux est suffisant.

On distingue trois concepts :

**a. Isolement acoustique BRUT entre deux locaux  $D_b$  :** L'isolement acoustique brut entre deux locaux est la différence entre les niveaux sonores existant dans ces deux locaux dans des conditions précises d'expérimentation qui seront définies au paragraphe suivant. Cette différence se calcule pour toutes les bandes de tiers d'octave comprises entre 100 et 3150 Hz généralement. On obtient donc un spectre d'isolement acoustique brut  $D_b$ .<sup>1</sup>

**b. Isolement acoustique normalisé  $D_n$  :** On verra que les valeurs de  $D$  varient en fonction de l'absorption existant dans le local récepteur. Si l'on veut comparer des isolements, il faut donc les rapporter à des mêmes conditions standards choisis comme étant une aire d'absorption équivalente du local. L'isolement ainsi corrigé se dénote isolement acoustique normalisé  $D_n$ .

#### **c. L'affaiblissement acoustique d'une paroi :**

Le bruit émis dans un local pénètre dans le local voisin par l'intermédiaire non seulement de la paroi commune, mais également par les murs adjacents, le plancher, le plafond, etc... L'isolement acoustique brut  $D_b$ , obtenu en calculant la différence des niveaux sonores de part et d'autre de la paroi, caractérise donc non pas la paroi seule, mais l'infrastructure dans son ensemble. Si l'on veut comparer les performances acoustiques d'une paroi commune, il faut dès lors en laboratoire éliminer les passages du bruit autres que par la paroi. On parle alors d'affaiblissement acoustique  $R$  de la paroi.  $R$  n'est fonction que de la constitution interne de la paroi et non plus de ses dimensions, de son mode de pose... Ainsi donc, on parle d'isolement acoustique  $D_b$  et  $D_n$  entre deux locaux et d'affaiblissement acoustique  $R$  d'une paroi. Entre deux bureaux, l'on spécifiera un isolement acoustique brut normalisé  $D''$  qui ne pourra bien sur être obtenu que si l'affaiblissement acoustique  $R$  de la paroi commune est suffisant

### 3.5. Protection contre les bruits de choc

La norme NBN 801.400 donne également des recommandations concernant l'isolement des planchers contre la transmission des bruits de choc (bruit de pas. . .). L'indice de transmission acoustique des bruits de choc s'obtient d'une façon similaire à partir du spectre par bandes d'octave (125 Hz à 31,50 Hz) du bruit relevé dans un local récepteur d'une absorption équivalente normalisée à 10m<sup>2</sup>, lorsque le plafond est excité de l'extérieur d'une façon standardisée au moyen d'une machine de frappe. Voir l'annexe n°9 (figure : traitement possible pour limité la propagation de bruit contre choc)

<sup>1</sup> Acoustique architecturalePrJ Malchaire

**3.5.1. Revêtement résilient :** C'est le cas de tous les produits de sol sur le marché : vinyle sur caoutchouc, sur feutre, sur liège, carpettes... L'efficacité dépend de la résilience (de  $K$  raideurs et  $c$  amortissement interne). Bien que l'amélioration ne soit pas indépendante de la structure sous-jacente, on peut admettre

- dalles de vinyle	- gain négligeable	- 2,5 mm linoléum	- moquette
- 6 mm lino sur liège	-10 à 16 unités INR	- 4 unité INR	20 à 30 unités INR <sup>1</sup>

Ces matériaux en général n'ont pas un comportement linéaire durant tout le choc, la raideur équivalente du recouvrement passe par un maximum au cours du choc. Par conséquent, la fréquence limite  $f_0$  n'est pas fixe et la courbe de niveau normalisé passe progressivement (et non abruptement pour la fréquence  $f_0$ ) d'une valeur constante à une pente de -12 dB par octave.

### 3.5.2. Plancher flottant

Le principe est de disposer sur le sol une structure telle que l'énergie du choc soit fortement diminuée avant d'atteindre ce sol. Cette structure peut être un parquet sur lambourdes fixées au sol par l'intermédiaire d'un matériau résilient (feutre, liège bitumé) (gain -20) ou non (-15)

On utilise souvent des dalles flottantes constituées d'une certaine épaisseur (6mm) de béton ou d'asphalte posée sur un métal élastique tel que lame de verre, feutre bitumé... S'il n'existe aucun lien entre la dalle et le gros œuvre, on constitue ainsi un système masse ressort dont la transmissibilité : — est supérieure à 100% autour de la fréquence de résonance  $f_0$ , et donc la puissance acoustique émise et le niveau sonore seront plus importants. — décroît de 12 dB par doublement de la fréquence au-delà de  $1,4 f_0$ .

Il faut donc veiller à abaisser  $f_0$ , le plus bas possible : all moyen de panneaux de laine minérale et en fonction de leur épaisseur et de leur raideur dynamique, on obtient aisément des fréquences de résonance inférieures à -50 Hz dans le cas d'une dalle de -5 cm en béton. Voir l'annexe 10 (figure : dessin technique de la dalle flottante exécution/façade/carrelage)

### 3.5.3. Plafonds légers

Les plafonds les plus mauvais sont ceux composés de planchers ou plaques de bois posés sur gîtes. Dans certaines habitations, le plafond inférieur est constitué de plaques de carton clouées aux gîtes même. L'isolement au bruit de choc est très faible. Certes, une amélioration appréciable peut être obtenue au moyen d'un revêtement de sol. Il est possible d'obtenir une amélioration plus importante en utilisant comme plafond un matériau plus lourd tel que plaque de plâtre. <sup>2</sup>

## 4. Isolation acoustique entre intérieur/extérieur

L'optimisation du positionnement des locaux au regard des nuisances acoustiques extérieures au bâtiment découle du bilan de l'analyse du site. C'est en effet à la lumière des résultats de cette analyse que l'organisation du plan de masse et les dispositions intérieures des locaux pourront être optimisées

<sup>1</sup> Acoustique architecturale. Pr.J Malchaire

<sup>2</sup> <https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01873288/document>

de façon à limiter l'exposition au bruit, notamment pour les locaux à activité calme. <sup>1</sup> Voir l'annexe 11 (figure : différent traitement acoustique des salles)

## 5. La correction acoustique

### 5.1 Définition

La correction acoustique est un traitement de la capacité d'absorption et de réflexion d'une ou de plusieurs parois en agissant sur leur texture, leur relief, leur géométrie et les matériaux de revêtement. La correction acoustique traite de l'ambiance sonore d'un local où se trouvent en même temps la source du bruit et les occupants.

Opération consistant à améliorer les caractéristiques acoustiques d'un local d'écoute en matière de réflexion, absorption, diffusion, pour optimiser sa réponse en fréquence.

La correction permet d'assurer la qualité acoustique propre d'un local. <sup>2</sup>

### 5.2. L'objectif de la correction acoustique

- Soit d'améliorer les qualités d'écoute (salles de spectacles, de conférence ou d'enseignement...)
- Soit de diminuer le niveau sonore (locaux industriels, ateliers, bureaux, circulations communes ...)
- Soit les deux, en diminuant le bruit et en favorisant l'écoute (salles de sport, restaurants...)

La correction acoustique dépend :

- Du volume et de la forme du local (généralement données),
- Des matériaux constituant les parois.

### 5.3. Principe de correction acoustique

L'état de la surface et de la composition des parois détermine en grande partie ses caractéristiques acoustiques ; parois lisses réfléchissant le, et les parois absorbantes. Pour éviter entre la réfléchissants deux murs parallèles, on installe un matériau absorbant sur l'un d'eux. <sup>3</sup> Voir l'annexe 12 (figure Les surfaces réfléchissantes et absorbantes)

### 5.4. Facteurs influant sur la réverbération :

Certaines architectures, par exemple les voutes, favorisent la réverbération, le son n'en finit plus de se réfléchir et la perception d'un écho permanent est particulièrement désagréable.

La réverbération dépend des proportions du local, de son volume, des matériaux employés, de la décoration, de l'ameublement et de la fréquentation.

#### **Le traitement de la réverbération doit s'adapter à l'usage qui est fait du local.**

Les salles à usage spécialisé sont plus faciles à corriger, les salles à tout faire sont beaucoup plus difficiles car elles exigent de trouver un compromis acceptable entre activités souvent antagonistes. Il n'existe pas de traitement universel des excès de réverbération, mais dans tous les cas il s'agit

<sup>1</sup> <https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01873288/document>

<sup>2</sup> Correction de l'acoustique Projismo, 2002

<sup>3</sup>

d'absorber une partie de l'énergie des fréquences présentes en excès dans le local, pour qu'à chaque contact avec un objet le son réfléchi soit plus facile.

## 5.6. Les matériaux absorbants

Les matériaux absorbants diminuent la réflexion de l'énergie incidente. L'absorption des ondes sonores par les parois, constituées de différents matériaux et éléments est très importante pour la conception acoustique.

### 5.6.1. Type des matériaux absorbants

On peut classer ces matériaux en trois classes comme suivant

#### a. Matériaux poreux et fibreux

En acoustique, les matériaux poreux absorbants sont à porosité ouverte, comme les produits fibreux (laines de verre, de roche, bois expansé), les revêtements textiles et les produits cellulaire (mousse).<sup>1</sup>

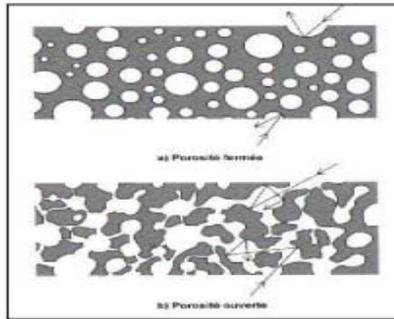


Figure 14 Matériaux poreux porosité fermée et ouverte Source : Hamayon, 2008

Cas de la laine de verre ou de roche. Absorbent les fréquences aiguës

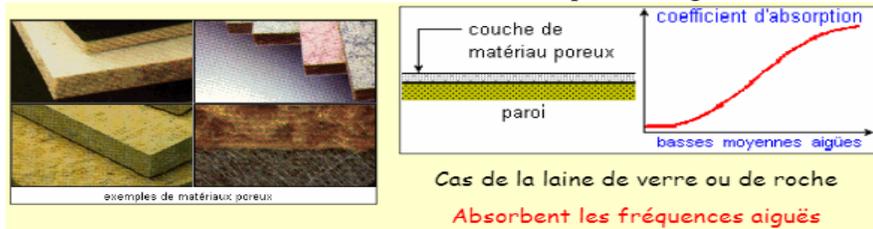


Figure 15 Matériaux fibreux et à porosité ouverte (source : COURS D'ACOUSTIQUE DU

#### ➤ Les panneaux acoustiques

Les matériaux utilisés pour le traitement acoustique des parois sont généralement des matériaux poreux à base de fibres minérales (laines de verre ou de roche) ou des mousses synthétiques (mélamine, polyuréthane). Leur absorption acoustique varie avec leur épaisseur, leur porosité et leur densité. A noter que pour être efficaces en basses fréquences, ces matériaux doivent avoir une bonne épaisseur (50-100 mm). A défaut, l'absorption à ces fréquences peut être renforcée par des solutions complémentaires plus élaborées, comme les Bass Traps.<sup>2</sup>

#### ➤ Les panneaux absorbeurs

<sup>1</sup> Source: (<http://mon.univ>)

<sup>2</sup> Acoustique architecturale.Pr.J Malchaire

Un absorbant acoustique est un matériau qui absorbe une partie de l'énergie acoustique. L'onde sonore réfléchi par un matériau absorbant est donc fortement atténuée.

On peut utiliser des panneaux de fibres de roche enveloppés de tissu pour traiter les échos qui sont provoqués par des réflexions entre les murs parallèles durs, ou la réverbération trop importante d'une pièce.

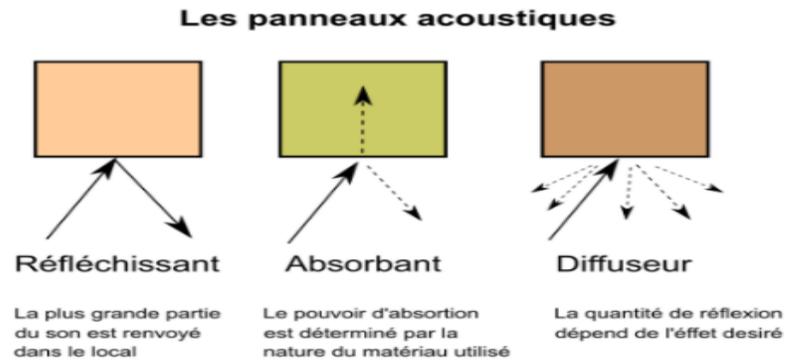


Figure 16 les panneaux acoustiques (source : auteur)

➤ **Les panneaux diffuseurs**

À la différence des panneaux absorbeurs, le panneau diffuseur répartit dans l'espace l'énergie de l'onde réfléchi, ce qui évite les échos tout en conservant une réverbération agréable. Leur but est de réduire les résonances des graves générés par la pièce. Ils sont généralement utilisés dans les studios d'enregistrement, salles de mixage, et autres pièces nécessitant des conditions d'écoute critique. <sup>1</sup>

**b. Membranes :**

Les membranes, également appelés « diaphragmes » ou « panneaux fléchissant » On conçoit que, si un matériau acoustique est solidement attaché à une surface rigide, l'absorption sera plus facile que s'il se trouve à quelque distance de celle-ci, dans le premier cas. En effet, les particules du matériau en contact avec la surface arrière ne sont pas libres d'osciller et d'absorber les sons. Dans le second cas, tout le matériau est plus ou moins libre d'osciller dans son ensemble. Les sons de basses fréquences induisent ce mouvement plus aisément et l'on assiste à une nette majoration de l'absorption à basses fréquences. <sup>2</sup>

➤ **Panneaux fléchissant ou membranes**

Cas de plaques en bois ou en plâtre placées à une certaine distance de la paroi. Absorbent les fréquences graves.

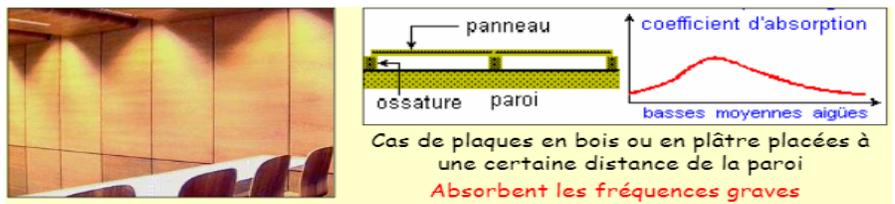


Figure 17 COURS D'ACOUSTIQUE DU BATIMENT (Source: )

<sup>1</sup> Le confort acoustique en construction durable

<sup>2</sup> <https://www.diphonevent.com/index.php/le-bog/14-acoustique/19-ameliorer-l-acoustique-de-ma-salle>

### c. Les résonateurs

Un résonateur est constitué par une cavité communiquant avec le milieu ambiant par un orifice. Si une pression sonore agit à l'entrée du conduit à tendance à osciller à la même fréquence. L'air de la cavité s'oppose comme un ressort à ce mouvement : à nouveau un système masse-ressort est formé. Les mouvements de l'air dans le conduit sont maximaux à la fréquence de résonance de ce système masse-ressort.

Plaques (en bois, plâtre ou métal) perforées. Absorbent les fréquences moyennes<sup>1</sup>



Figure 18 COURS D'ACOUSTIQUE DU BATIMENT Source: (<http://mon.univ>)

### 5.6.2. Coefficient d'absorption

L'absorption de l'énergie sonore par un matériau est chiffrée par le facteur d'absorption ou coefficient d'absorption. C'est le rapport de l'énergie acoustique absorbée à l'énergie acoustique incidente. Un matériau donné n'absorbe pas de la même façon les sons graves, médium ou aigus. Il faut donc toujours donner le facteur d'absorption en fonction de la fréquence. En général, il est mesuré dans les bandes de fréquences médianes 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 Hz. Voir l'annexes (Tableau de coefficient d'absorption de matériaux en fonction de la fréquence). Voir l'annexe Tableau de coefficient d'absorption alpha en fonction de la fréquence)

## 5.7. Mise en place des matériaux absorbants

### 5.7.1. Mise en place des matériaux absorbants sur le sol

Couramment, adoptée dans les immeubles dits bourgeois, cette solution consistait à disposer des tapis sur les paliers et sur les marches et contre marches d'escalier.

Si elle pose des problèmes de cout, d'usure et d'entretien, elle présente l'avantage de diminuer également les bruits d'impacts.

<sup>1</sup> Confort acoustique des bâtiments

### 5.6.2. Mise en place des matériaux absorbants sur les murs

Dans ce cas, les matériaux absorbants doivent être protégés contre les dégradations.

Certains comportent une face résistante aux chocs tout en gardant de bonnes qualités d'absorption.

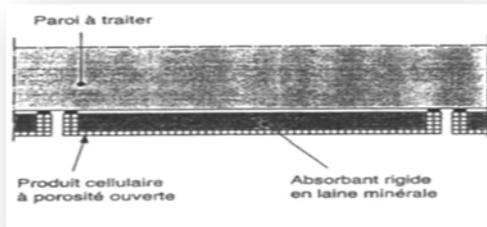


Figure 20 Dalles murales collées sur la paroi  
(Source : Hamayon Loïc, 2006.)

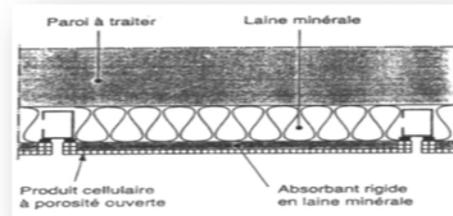


Figure 20 Dalles murales fixées sur l'ossature  
(Source : Hamayon Loïc, 2006.)

### 5.6.3. Mise en place des matériaux absorbants sur aux plafonds

Cette solution est la plus facile à mettre en œuvre que les matériaux situés en hauteur risquent peu d'être dégradé.

Les matériaux absorbants en plafond peuvent être posé contre le plancher haut ou être suspendus en bénéficient d'un plénum : selon le cas, leurs performances acoustiques seront différents. Il faut donc vérifier dans les rapports d'essais de laboratoires, à quelle distance du support se trouve le matériau testé.

Retenons que les performances acoustique sont d'autant meilleurs que :

- La hauteur du plénum est importante
- L'épaisseur de la laine minérale est importante
- La perfection (ou l'écartement) entre les lames est importante

Dans ce cas les matériaux absorbants doivent être protégés les dégradations. Certains comportement une face résistante aux chocs tous en gardant de bonnes qualité d'absorption. <sup>1</sup>

Exemple de matériaux absorbants sur les murs

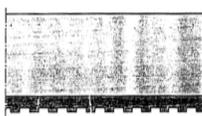


Figure 21 Matériaux absorbants posés contre le plancher haut (Source : Hamayon Loïc, 2006.)

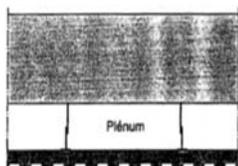


Figure 24 Matériaux absorbants suspendus (Source : Hamayon Loïc, 2006.)

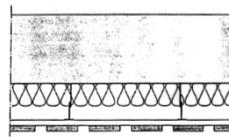


Figure 23 Absorbant fixé en plafond habillage en lames de bois (Source : Hamayon Loïc, 2006.)

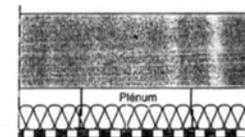


Figure 23 Matériaux absorbants posés contre le plancher haut (Source : Hamayon Loïc, 2006.)

<sup>1</sup> (Loïc Hamayoun ,2008)

**5.6.4. Les combinaisons**

On peut utiliser également conjointement deux des trois solutions précédentes ou encore les trois ensemble et atteindre des performances intéressantes.

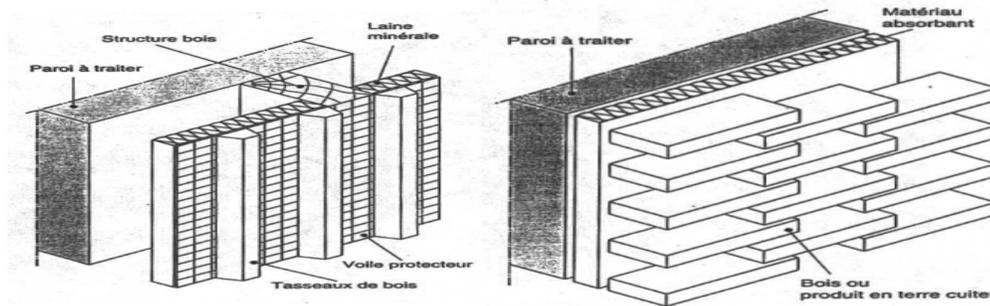


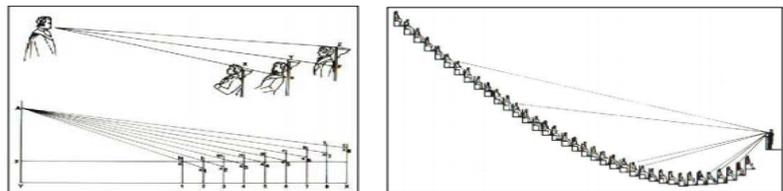
Figure 25 Exemple de matériaux absorbants sur les murs (Source : Hamayon Loïc, 2006.)

**5.7. Méthode de l'acoustique géométrique**

Elle est utilisée dès le XVIIe siècle, par Kircher, qui publia en 1650, un livre de 1500 pages sur l'acoustique << Mururgia Universalis >> depuis le fameux traité « De architectura » de Vitruve. Kircher utilisa des diagrammes à rayons pour expliquer le principe de réflexion et de focalisation des sons dans une chambre. Dans son court traité publié en 1838, S. Russell utilisa des diagrammes à rayon pour tracer la disposition optimale des sièges d'un auditorium de manière à obtenir à la fois, une bonne audition et une bonne vision. L'alignement des sièges devint une courbe dont la profondeur varie selon la proximité de la scène, ou selon l'angle sous lequel l'auditeur voit celle-ci.

Connue sous le nom de « courbes iso acoustiques », cette méthode simple est d'un usage courant à l'heure actuelle<sup>1</sup>.

Figure 26 Courbes iso acoustiques (principe de vision dégagée)... (Source : Forsyth. M, 1985)



**a. Géométrie optimale**

Différentes méthodes de simulation peuvent être employées pour déterminer la géométrie optimale d'une salle, parmi lesquelles l'acoustique géométrique, la maquette et la simulation informatique. <sup>2</sup>

Depuis l'aube de temps, l'art a été le seul langage universelle réunissant différentes de tout temps, par un témoignage sur des civilisations décernées depuis longtemps et dont on ne pourrait se rappeler sans les œuvres artistiques qu'elles ont laissées.

Notre pays possédé une diversité culturelle qualifier de rare et unique au monde, mais aussi c'est une l'un des pays qui a une véritable crise « Artistique culturelle »

Pour cela il faut que nous conserver ce qui nous reste, et possédé a la recherche dans ces objets d'art et de la philosophie et la mise en valeur de tous ce patrimoine culturel et artistique

<sup>1</sup> (Mme BOUKADOUM Amina. 02/07/2012)

<sup>2</sup> Correction de l'acoustique Projismo, 2002

Les conservatoires nous aident à comprendre la société, la culture et l'histoire ; ils sont essentiels au développement des aptitudes, l'acquisition du sens des responsabilités à l'égard de la société ainsi qu'à l'éveil culturel. Ils contribuent grandement à l'épanouissement intellectuel, affectif, social et physique de la personne. L'étude des conservatoires met en lumière les caractéristiques distinctes et communes de diverses sociétés à des époques différentes.

Dans ce but, le conservatoire inclut ces notions et les met en valeur et possède un environnement propre et sain pour développer l'innovation artistique.

## C. Le conservatoire

### 1. La culture :

La culture est l'ensemble des connaissances, des savoir-faire, des traditions, des coutumes, propres à un groupe humain ou une civilisation.<sup>1</sup>

### 2. L'art :

Ensemble des procédés, des connaissances et des règles intéressant l'exercice d'une activité ou d'une action quelconque : Faire quelque chose selon les règles de l'art. L'art a des types : Les arts matériels (Dessin, sculpture, décor...) ; Les arts immatériels (Dance, musique, chanté...)

- **La musique** est un art et une activité culturelle consistant à combiner sons et silences au cours du temps. Les ingrédients principaux sont le rythme (façon de combiner les sons dans le temps), la hauteur (combinaison dans les fréquences), les nuances et le timbre. Elle est aujourd'hui considérée comme une forme de poésie moderne.<sup>2</sup>

### 3. Le projet culturel :

Le projet culturel est le contexte où se définissent des axes d'interventions et se trace un programme d'action selon les caractéristiques et potentialités locales et cela en accord avec la politique culturelle en vigueur. L'objectif prioritaire du projet culturel est :

- De placer le public local au cœur de la politique culturelle.
- De contribuer ainsi à renforcer l'identité collective de la ville.

Le volet culturel de notre projet ambitionne non seulement de donner un « Supplément d'âme » mais aussi de contribuer : à l'émergence d'un développement culturel territorial, au décloisonnement entre la culture et les autres domaines d'action publique.<sup>3</sup>

## 4. Les équipements culturels

### 4.1. Définition

Un équipement culturel, « est une institution également à un but lucratif qui met en relation des œuvres de création et de public, afin de favoriser la conservation du patrimoine, la création et la

<sup>1</sup> <https://fr.wikipedia.org/wiki/Culture>

<sup>2</sup> <https://fr.wikipedia.org/wiki/Art>

<sup>3</sup> (THORIGNE.F, 2012)

formation artistique et plus généralement, la diffusion des œuvres de l'art et de l'esprit dans un bâtiment ou un ensemble de bâtiments spécialement adaptés à ces missions. » (Claude Mouillard, 1993.)

## 4.2. Classification des équipements culturels

La classification des équipements culturels est généralement reposée sur les distinctions suivantes :

Par taille :

- Le critère budget
- La fréquentation
- Le critère des surfaces

Par notoriété

- La qualité des artistes reçus
- Les retombées médiatiques
- La part du public international

Par fonction

- La conservation
- La diffusion
- La création
- La formation culturelle

Les rôles d'un équipement culturel

- Formation d'un public cultivé
- Manifestations artistiques variées, expositions.
- Favoriser et faciliter la rencontre et le dialogue
- Encourager à la participation aux activités culturelles
- Offrir un cadre et des moyens de travail appropriés<sup>1</sup>

## 4.3. Définition de conservatoire

Le Conservatoire est un établissement d'enseignement spécialisé dans les différentes disciplines de la Musique. Il propose l'enseignement d'une pratique musicale aux jeunes et aux adultes en permettant l'éclosion de futurs professionnels ou d'amateurs actifs, éclairés et enthousiastes.

C'est un établissement public qui se compose des musiciens, des danseurs, des comédiens.

## 4.4. Classifications de conservatoire

Conservatoires sont classés comme suit:

- Institut de Musique : Conservatoire à rayonnement communal et intercommunal « CRC » (être au niveau de l'État et assure la formation des amateurs)

---

<sup>1</sup> Equipement culturel.pdf

- Un Institut régional de musique : «Conservatoire à rayonnement régional » « CRR » (soit au niveau régional pour assurer une formation plus profond pour les amateurs)

- Institut national de la Haute-Musique: «Conservatoire à rayonnement départemental » « CRD » (être à un niveau national et assure une haute formation professionnelle).<sup>1</sup>

**Les Conservatoires à rayonnement régional (CRR)** désignent les anciens CNR (conservatoires nationaux de région)

**Les Conservatoires à rayonnement départemental (CRD)** désignent les anciennes ENM (écoles nationales de musique), ENMD (écoles nationales de musique et de danse), ENMAD (écoles nationales de musique et d'art dramatique) ou ENMDAD (écoles nationales de musique, de danse et d'art dramatique).

**Les Conservatoires à rayonnement communal (CRC) (C'est notre cas d'étude)** désignent les anciennes EMMA (écoles municipales de musique agréées).

#### 4.5. Les missions de conservatoire

- ▶ Epanouissement de l'individu à travers ces formes d'expressions artistiques.
- ▶ Eveiller et développer chez l'enfant la reproduction, l'invention sonore et l'initier petit à petit au langage et à l'écriture musicale, par le jeu.
- ▶ Appréhender les différents domaines du langage musical : Lecture, rythme, chant, reconnaissance du monde sonore... clé de voûte de l'apprentissage musical.
- ▶ Développer la sensibilité artistique et créative des amateurs, grâce à un travail corporel sur le rythme et les sons.
- ▶ Participer à la vie culturelle de la ville par des concerts, animations, spectacles et auditions d'élèves.
- ▶ Faire découvrir les talents susceptibles de poursuivre des études supérieures et épouser une carrière professionnelle.

#### 4.6. Fonction d'un conservatoire

Destinée à sauvegarder et promouvoir l'enseignement de certaines valeurs culturelles comme la musique, la danse, le théâtre, mais aussi d'autres types de savoirs comme les techniques de certains métiers (mécanique, son, image, etc.).<sup>2</sup>

#### 4.7. Les espaces clés dans un conservatoire

Il existe 5 secteurs importants dans le conservatoire

##### a. Secteur de réception

**a.1. Fonction échange et communication** : il privilégie la rencontre et l'échange, la vie sociale collective et comporte: l'exposition, l'information, vente de matériel, accueil, documentation, organisation des concerts ou conférences, discussions, élaboration d'œuvres .....

- **Hall d'accueil** :

<sup>1</sup> Direction de la culture wilaya Biskra/Document

<sup>2</sup> Direction de la culture wilaya Biskra/Document

- Forum de rencontre pour les cérémonies musicales
  - La salle de réception est la principale zone de contrôle pour le mouvement des masses et le public est compté.
  - Fournir l'éclairage et la ventilation du hall, de préférence spacieux et attrayants, et comprenant un guichet, une salle d'examen et une inspection.
  - **Hall d'exposition :** (exposition instrumental)
  - **La méthode d'exposition** Exposition permanente exposition temporaire
  - **Type des espaces d'expositions :** Exposition dans un grand espace, exposition a l'air libre, exposition dans un vide organique.
  - **Présentation par les murs :** Consacré Pour l'exposition des tableaux.
  - **Présentation par des panneaux :** Utilisés dans des expositions temporaires.
  - **Les exigences de parcours**
- ✓ Le bien-être du visiteur facilite sa visite, par un plan clair qui dirige discrètement : assurer un éclairage qui se concentre sur l'objet exposé, éviter au visiteur l'effort qui lasse, et l'effort physique.
  - ✓ Visite guidée, distribution et circulation faciles destinées à la mise en valeur des œuvres.
  - ✓ Les galeries multiples juxtaposées qui communiquent entre elles par plusieurs portes, inquiètent le visiteur qui hésite entre une circulation longitudinale ou transversale (circuit imposé).
  - ✓ Donner un arrêt direct aux collections que le visiteur désire voir sans que celui-ci ait à traverser toutes les salles d'expositions.<sup>1</sup>
  - **Les types des parcours**

Il y a quatre types de parcours selon sa forme ; le parcours linéaire, le parcours centré, le parcours labyrinthe et le parcours circulaire. Voir l'annexe 13 (Tableau les types de parcours)

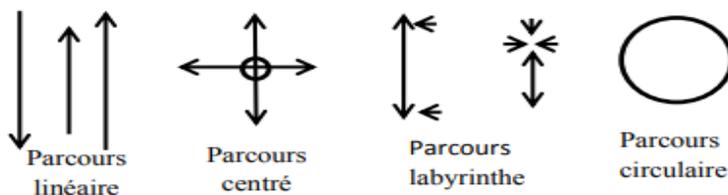
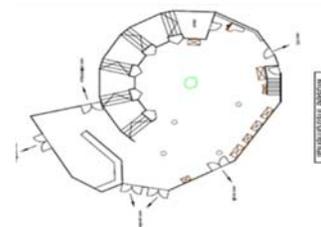


Figure 27 les types de parcours (Source : (auteur, 2018))

Figure 28 : exemple de parcours (source : Google image)



## b. Secteur d'administration

**b.1. Fonction gestion :** chaque équipement doit être administré et géré; c'est de par cette fonction que sera élaborée l'organisation la mieux adaptée pour la bonne gestion de l'équipement « Les

<sup>1</sup> Design de parcours.pdf /2012

bureaux de l'administration, Parking personnel et public ». Voir l'annexe (figure : les normes de parking et bureau administratif)

### c. Secteur de culture

**c.1. Fonction recherche** : destinée à la recherche dans le domaine de la musique, cette fonction offre aux chercheurs, étudiants, musiciens, professionnels; un espace de rencontre et de réflexion doté de moyens d'information, de documentation et d'investigation « **Salle d'internet Bibliothèque** ».

**c.2. Le confort acoustique dans la bibliothèque** : nécessite un contrôle soigné des bruits ambiants et de la réverbération. Il est impératif de maintenir un niveau de bruit suffisamment bas car le silence est véritablement d'or dans une bibliothèque.

Généralement, si on obtient un niveau de bruit de fond hors utilisation de 40 dB (bibliothèque vide), On assure des conditions acoustiques satisfaisantes pendant les périodes d'occupation. De ce fait, L'utilisation de matériaux avec des coefficients d'absorption élevés est conseillée sur les plafonds.

Leur utilisation n'est pas nécessaire sur les murs, car ces derniers supportent souvent un rayonnement plein de livres qui constitue une surface suffisamment absorbante.

Pour maîtriser les bruits de pas, le plancher doit être revêtu de liège ou moquette.

### d. Secteur logistique

**d.1. Fonction support logistique** : elle permettra d'assurer le bon fonctionnement technique de l'équipement « **Locaux techniques** » (chaufferie, climatisation, ventilation...), « locaux stockage » (décors, instruments, accessoires, projecteur, équipement du son, dépôt de matériel de base...)

### e. Secteur d'enseignement

**e.1. Fonction enseignement** : il incite les gens en matière de pratique musical, suivant le niveau de chaque individu préalablement acquis cette fonction devrait par conséquent, satisfaire et répondre aux aspirations des utilisateurs aussi diverse et exigeantes soient elles.

- **Configuration spatiale** : lieu de transmission de connaissances ; lieu d'apprentissage, d'échanges, d'idées.
- **Orientation** : Sud-est, Sud-ouest.
- **Situation** : Ce sont des espaces qui nécessitent le calme, ils doivent être loin de bruit.
- **Eclairage et orientation** : assurer la lumière naturelle pour une bonne lecture et compréhension, lumière artificielle bien installé.
- **Couleurs** : utilisation des couleurs claires s'impose.



### e.2. La formation dans un conservatoire

- **Culture musical** : Etudier les premiers principes de la musique et son histoire.
- **Cordes** : S'entraîner sur les instruments à cordes
- **Bois** : S'entraîner sur les instruments en bois
- **Jazz** : S'entraîner sur les instruments que joue un membre d'un groupe de jazz
- **Musique traditionnelle** : S'entraîner sur les genres musicaux traditionnels et l'héritage musical du pays



- **Musique électro-acoustique** : S'entraîner sur les instruments qui travaillent avec de l'alimentation en électricité
- **Cuivre** : S'entraîne sur les instruments en cuivre
- **Percussion et Clavier** : S'entraîner sur les instruments à clavier (piano, Clavecin ...)
- **Le chant** : où l'enseignement et la pratique de leurs sorties et différents niveaux de son audio

où l'entend les salles :

- ▶ d'enseignement théorique
- ▶ d'enseignement pratique collectives
- ▶ d'enseignement pratique individuelle



- ▶ **des studios d'enregistrement** et la pratique de leurs sorties et différents niveaux

de son audio.



Figure 29 Le petit studio en mousse des mousses acoustiques qui sont fabriquées en France (source : acoustique de studio/PDF)

### e.3. La spécificité acoustique de studio

● Pour étudier l'acoustique des studios d'enregistrement, il est impératif de dissocier les fonctions des divers locaux que l'on y trouve; à savoir :

La cabine de prise de son dans laquelle se trouve les musiciens et les micros, et la cabine d'écoute communément appelée «control room».

● Pour le control room le pré délai (temps entre l'arrivée du son direct et les premières réflexions) devra être supérieur à celui de la cabine de prise pour que les premières réflexions des ondes sonores sur les parois (murs, plafond, sol) et le temps de réverbération sur tout le spectre, et de diminuer les fréquences propres de la pièce de cette dernière ne soient pas noyées dans celles du control room.

● les cabines d'écoute devaient être conçues comme des salles devant porter le son avec une face réfléchissante et une face absorbante, d'autres types de travaux d'isolation acoustique selon le principe de la "boite dans la boite", qui permet de créer une nouvelle pièce désolidarisée à l'intérieur de la pièce existante, garantissant d'excellentes performances acoustiques.

Même les portes et fenêtres sont doubles, sans éléments de liaison entre les deux. Pour les studios d'enregistrement et/ou de répétition nous mettons en place une alimentation électrique neuve avec commande sur un tableau propre au studio.

- La qualité acoustique ne se résume pas à la maîtrise des temps de réverbération, et il y a un critère qui en studio est encore plus déterminant : l'intensité des premières réflexions.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Acoustiquesstudios/PDF

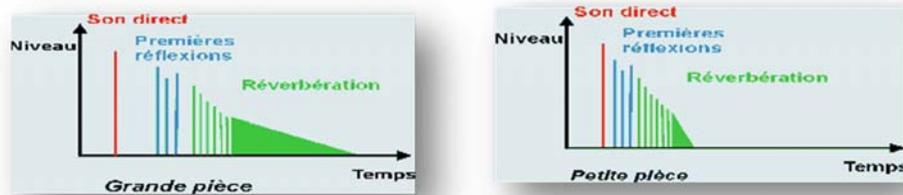


Figure 30 : intensité des premières réflexions dans un studio (petite pièce, grande pièce)

#### e.4. Le confort acoustique dans les salles de musique

L'isolation sonore des salles de musique doit être considérée avec une attention particulière car il n'est pas seulement nécessaire de se protéger contre les bruits extérieurs ; il faut également veiller à concentrer la musique à l'intérieur pour ne pas gêner les locaux voisins. On obtient généralement satisfaction avec un isolement sonore d'au moins 45 dB, les fenêtres doivent être à double vitrage acoustique et les portes doivent avoir une structure solide.

Si elle n'est pas dotée de ventilation artificielle, la salle de musique doit être éloignée des salles de spectacle, on y accède par un couloir traité qui remplira la fonction de 'sas acoustique'.

La diffusion du son y est nécessaire, pour cela, il faut prévoir des panneaux obliques ou autres irrégularités à la surface des murs et plafonds. La durée de réverbération optimale pour la salle de musique dépend de la nature de la musique diffusée. A l'intérieur de la salle de musique, il est recommandé de bien répartir les matériaux absorbants.

Comme pour l'amphithéâtre, les murs et plafond voisins de l'estrade doivent être recouverts de matériaux réfléchissants, tout en évitant le parallélisme, tandis que les murs et plafond de fond doivent être absorbants. Il est recommandé d'utiliser des planchers et des lambris en bois qui fournissent une absorption des basses fréquences de la musique. L'utilisation des rideaux de velours et autres textures est déconseillée.

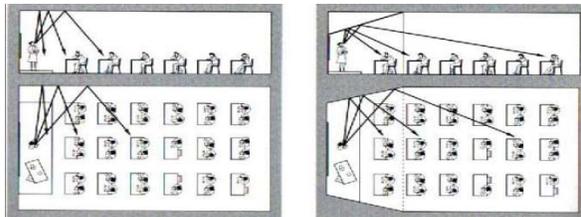


Figure 31 la correction acoustique Favoriser les premières réflexions (Source : Hmayon Loïc,

A disposer des matériaux absorbants avec un coefficient d'absorption  $\alpha \geq 0.6$ , sur la partie de plafond située au fond de la salle ainsi que le mur du fond et un mur latéral. Il est préférable que le traitement des murs soit jusqu'à la hauteur de la tête des élèves (environ 1.20m) mais, en général, le traitement se fait à partir de 1.80 à 2.00 m de hauteur pour éviter la détérioration du matériau absorbant.

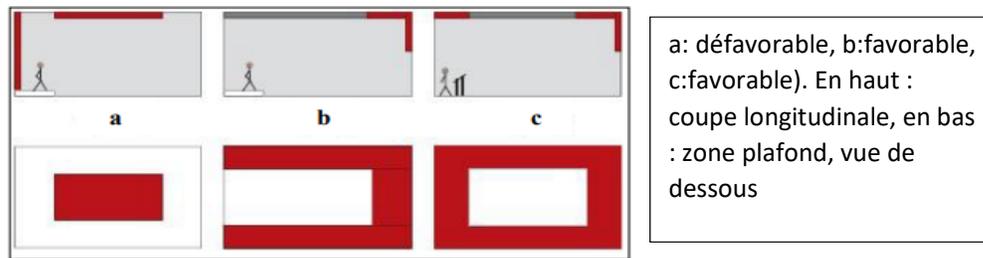


Figure 32 Répartition des surfaces absorbantes (Source : Société Suisse d'Acoustique, 2004).

. Faire en sorte que la parole ne soit pas brouillée par des phénomènes de réverbération (écho), en prévenant notamment les réflexions entre parois verticales réfléchissantes (surfaces vitrées).

\_ Assurer une bonne clarté de la voix, en créant un équilibre entre les sons directs et les sons réfléchis, et en évitant à la parole d'être masquée par les bruits de fond, Intégrer dans l'aménagement de la pièce une quantité de matériaux acoustique

\_ Prévoir des cloisons (y compris les portes) et un plafond qui ensemble assurent un haut niveau d'isolation.

\_ Aider à la bonne diffusion de la voix grâce à des panneaux de plafond acoustique réfléchissant le son dans les fréquences de la voix.

## f. Secteur d'amusement

Les espaces de rencontres tel que: **Cafétéria, Boutique** (locaux de commerce), **Salle de concert**

### f. 1. La Salle de concert

- **Configuration spatiale** : La salle de concert est une salle de spectacle destinée à recevoir des représentations de spectacles vivants et au déroulement de concerts.
- **Situation** : Se situe tout prêt d'une esplanade pour le flux qui accède.
- **Couleurs** : Utilisation de couleurs claires s'impose.
- **Mobiliers** : Siège en gradin.

Le volume, la forme et l'étude des premières réflexions du son sont prépondérants.

La disposition des auditeurs en gradins favorise l'absorption et permet donc de limiter la répartition des parois, absorbantes au mur du fond et, éventuellement, à la zone de plafond la plus éloignée du conférencier. Le plafond situé au-dessus du conférencier est disposé de telle manière qu'en s'y réfléchissant les ondes sonores sont distribuées au milieu au milieu et au fond de la salle.

Les murs latéraux, s'ils sont réfléchissants, ne doivent pas être parallèles. Si c'est néanmoins le cas, il faut les rendre diffusants en les habillant de reliefs : cela permet de briser le parallélisme et d'assurer la bonne homogénéité du champ sonore. La figure (27) présente la coupe et principe d'un amphithéâtre ou', de toutes les places, l'intelligibilité est bonne. Pour un tel type de local, on se doit de faire appel à un conseil en acoustique. Voir l'annexe (figure : des normes d'une salle de spectacle)

Les sièges de ce genre d'équipement sont des unités comportant: strapontins ou sièges pivotants, appui dorsal et pupitre (avec place pour déposer les serviettes ou crochet), le plus souvent fixes. Aménagement en fonction de la matière enseignée, nombre d'auditeurs et du niveau de la technicité des moyens de transmission pédagogiques, faibles (exposées avec diapositives, installations électro-acoustiques) ou élevés. (Neufert, 2007) Place nécessaire par étudiant dans une position confortable, 70\*85cm, normale 60\*80 voire 55\*75cm. Par étudiant en comptant toutes les surfaces dans les

grandes salles de spectacle avec une I marge étroite 0,62m<sup>2</sup>, dans les plus petits avec une marge normale : 0,80—0,95m<sup>2</sup>.

### f.2. Les différentes formes des salles de concert

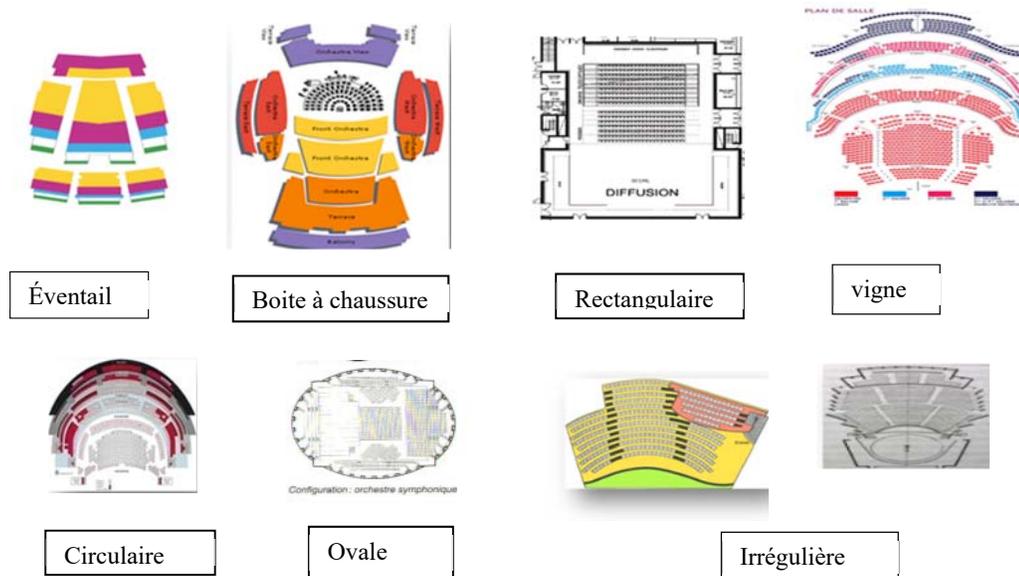


Figure 33 différent formes des salles de concert (source : salledeconcert/pdf)

### f. 3. Identifications des différents espaces de la salle de concert

#### Zones d'artiste

- Scène : Au mot « Plateau » c'est la partie de vue par le public pendant le spectacle.
- Scène Lointain : C'est la partie du plateau placée le plus loin du public, au fond de la scène.
- Nez de scène : c'est le bord extrême de la scène, à la face et au plus près du public
- Avant-scène
- Fosse d'orchestre : Située à la face de l'avant-scène
- Arrière scène comprises.
- coulisse : Partie du théâtre se trouvant de chaque côté et derrière le plateau. (que le public ne doit pas voir)
- Couloirs latérale : trappe : c'est un trou généralement carré que l'on pratique dans le plancher de scène. Si cette trappe sert à faire apparaître un ou plusieurs personnages, elle sera équipée d'un tampon

#### Dimensions suffisantes d'une scène

- Scène : 28m x 8m coulisses
- Arrière scène comprises, hauteur réglable 6 / 8 m environ.
- Cage de scène hauteur 22 m souhaitée (entre scène et plafond) avec gril, hauteur de travail au gril  $\geq 2.00$ m.
- Distance maximum entre public et nez de scène : 20m, hauteur de nez de scène  $9 \geq 0$ cm
- Trois régies techniques (éclairage, sonorisation, vidéo), axées par rapport à la scène,
- Plancher de la régie surélevé de 0.75 cm minimum par rapport au plancher fond de salle.

- Avant-scène dans la salle : 1,50 m maximum.

### Zones du public

- La salle : les gradins et les balcons.
- Le parterre correspond aux places du rez -de chaussez situées après l'orchestre.
- La baignoire est la loge située au rez -de chaussez, légèrement rehaussée par rapport au parterre.
- La corbeille est le premier balcon qui surplombe l'orchestre.
- La loge est un compartiment cloisonné contenant plusieurs sièges.
- Le paradis ou poulailler est la galerie la plus haute du théâtre.

### f.4. Le confort visuel

Les pentes pour conception normale : Un échappé visuel de 12cm

Pour conception intercalée « chaire croisée » un écharpée visuel de 6cm les pentes varient selon :  
Conception : normale ou intercalée, Nombre de chaises longueur de la salle, Existence des balcons.

La longueur maximale : 30m pour que le spectateur puisse voir le spectacle.

Les angles de vue :

- Angle (30) bonne vue, sans mouvement de la tête mais avec léger mouvement des yeux.
- Angle (60) bonne vue avec mouvement de tête, insignifiant et léger mouvement des yeux
- Angle (110) sans mouvement de tête ce qui signifie que dans ce champ on perçoit encore tous les mouvements du coin de l'œil.

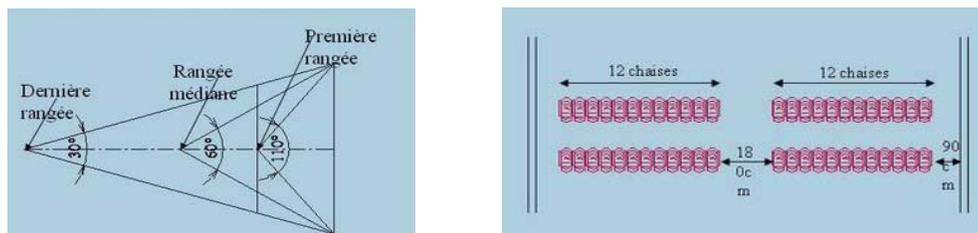


Figure 34 normes de salle de concert (source : Règles de sécurité pour l'accueil du public/salle de spectacle).

**f.5.Acoustique des salles de concert**

C'est un lieu ou bien un édifice ou il y un divertissement musical auquel plusieurs instruments participent. Elles sont caractériser par:

Murs épais et massifs, pour empêcher le bruit et la pollution sonore

Elles sont inscrite dans des sites d'art ou la ou il n'y a pas de pollution sonore



Figure 35 exemple d'une salle de spectacle (source : Google image)

S'il y a de la pollution sonore la salle est entourée par des arbres qui jouent le rôle d'un écran contre cette pollution.

La salle de spectacle doit être conçue dans un environnement calme. S'il est inclus dans un bâtiment, il doit être soigneusement isolé des espaces adjacents, on utilisera des murs avec des indices d'isolement élevés, des portes étanches et un système de conditionnement d'air silencieux. La disposition des auditeurs en gradins favorise l'absorption. On placera des réflecteurs du son côté conférencier de manière à distribuer les ondes sonores au milieu et au fond de l'amphithéâtre (Figure 35).

Il faut rendre les murs latéraux diffusants en les habillant de reliefs. Le sol doit être recouvert de linoléum ou revêtements élastiques. Il est nécessaire de réaliser un compromis entre les propriétés optimums de l'auditorium scolaire pour la parole et celles pour la musique.

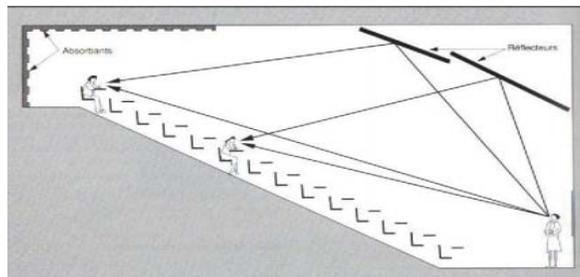
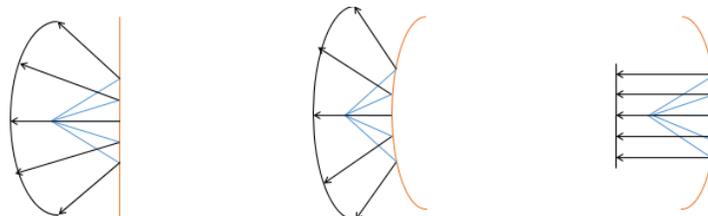


Figure 36 : Coupe sur l'amphithéâtre Source : Loic.H, 2006

➤ **Réflexion des ondes sonores**

Des ondes sonores de compressions et de perturbations successives sous forme de cercles concentriques sont également réfléchies sur une surface réfléchissante sous forme d'ondes circulaires, mais leur centre derrière la barrière est de la même dimension que la surface réfléchissante



Dans le cas d'une surface plane d'une surface convexe d'une surface concave  
Figure 37 réflexion des ondes sonores (source : auteur)

### f.6. Eclairage

- Effets de lumière utilisés lors de la mise en scène d'un spectacle.
- L'éclairage de scène a pour objectif de focaliser l'attention du public sur l'acteur, de révéler la forme exacte de tout ce qui est sur la scène, de réaliser une composition lumineuse susceptible de modifier la perception de l'espace et d'accompagner le déroulement de la pièce.
- L'éclairage moderne est réalisé grâce à plusieurs rangées de projecteurs commandés par les manettes d'un pupitre appelé jeu d'orgues.
- Les types d'appareils utilisés et les couplages ; doit tenir compte de la forme de la salle, de la visibilité des spectateurs et des possibilités d'accrochage. Voir annexe 17

#### Emplacement des réflecteurs:

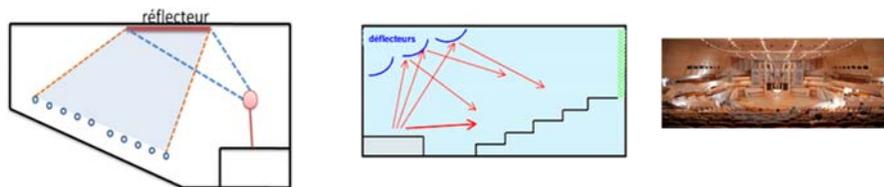


Figure 38 fonctionnement des réflecteurs

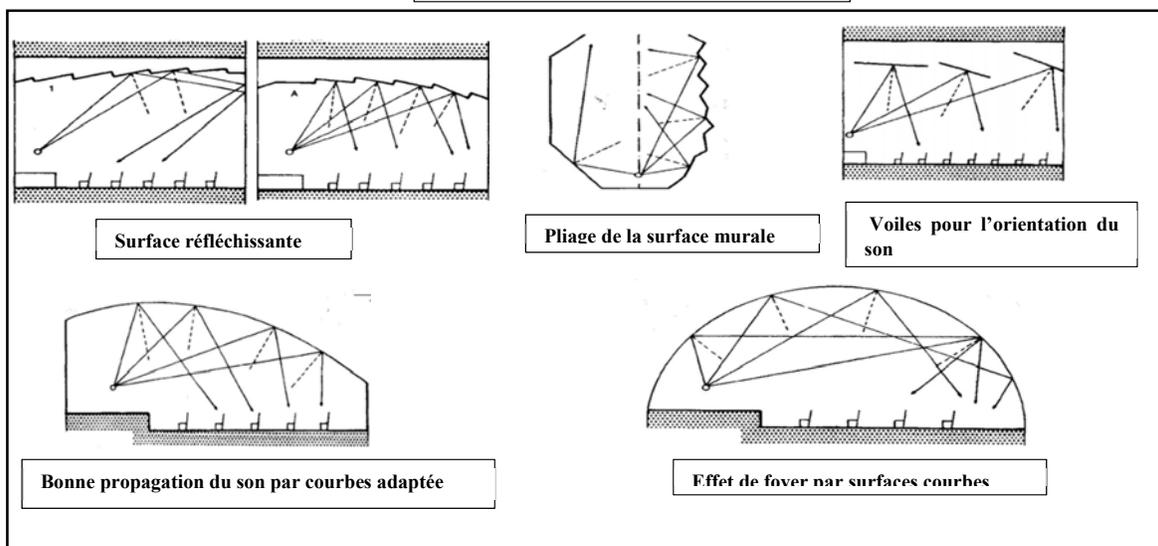


Figure 40 réflexion des ondes sonore par rapport de disposition des réflecteurs

### Géométrie, absorbants, diffuseurs

Dans une salle de concert la ou les sources sonores sont le plus souvent en un emplacement défini, à une extrémité, sur la scène si elle existe, et les auditeurs regardent et donc écoutent vers cette direction. Cette orientation si elle est toujours la même est évidemment à prendre en compte.

- ✓ Pour satisfaire au mieux l'homogénéité, il faut que les spectateurs soient positionnés à des distances les plus égales possibles de la source. Horizontalement, la géométrie qui permet de placer le maximum de personnes à une distance la moins variable possible est l'arc de cercle. Verticalement, la meilleure solution est la pente montante en s'éloignant, c'est à dire la salle de spectacle, inventé par les Grecs qui n'avaient pas de sonorisation.

- ✓ Pour favoriser les premières réflexions, on place les absorbants nécessaires en fond de salle, et des surfaces réfléchissantes proches des sources sonores, donc de la scène. Ces réflecteurs sont positionnés de manière à orienter la propagation en direction de la zone d'écoute à favoriser. Ainsi rend-on les sources en quelque sorte directives, et on s'affranchit un peu de la loi de propagation d'une source omnidirectionnelle ; on gagne encore en homogénéité. On peut en profiter pour installer un absorbant épais ou un résonateur derrière. Des surfaces réfléchissantes globalement convexes, à géométrie non plane, appelées défecteurs ou diffuseurs, placés en hauteur ou même latéralement, judicieusement positionnés, ont le même intérêt, voir diffusion. Leur forme, en fonction de leur position, doit permettre de réfléchir de manière bien homogène les sons vers la zone d'écoute, mais de préférence pas vers la scène. On peut utiliser les volumes importants sous la scène et sous les gradins pour réaliser des résonateurs ou basse-trap absorbants les basses fréquences, voir ondes stationnaires, avec des parois séparatives très rigides.

## Conclusion

Pour conclure, nous avons pu voir que

- L'acoustique est la partie de la physique qui étudie les sons.
- Le son est défini en fonction de sa perception par l'oreille humaine.
- le bruit est une vibration de l'air qui se caractérise par sa fréquence son intensité et sa durée d'émission c'est un mélange complexe de sons a des multiples fréquences et amplitudes différentes ;on associe le bruit a tout sensation désagréable gênante ou non voulu par exemple :bruit d'avion ;de machine ;parole etc.... la propagation du bruit c'est le chemin parcouru par les ondes émises par la source sonore pour atteindre notre oreille la vitesse de propagation dépend du lieu dans lequel est émis le son dans un espace acoustiquement ouvert un bruit ne rencontre pas d'obstacle et son intensité diminue avec l'éloignement de la source sonore la propagation se fait en champ libre dans un environnement construit un bruit rencontre de nombreux obstacles qui tantôt l'absorbent et tantôt la réfléchissent le niveau est pratiquement le même en tous points la propagation se fait en champ diffus.
- La correction et l'isolation permet d'assurer la qualité acoustique propre d'un local et pour réduire la transmission d'énergie entre les sources qui la produisent et les lieux qui doivent être protégés.
- Les ondes se réfléchissent lorsqu'elles rencontrent un matériau. Une partie de l'énergie est absorbée par celui-ci et une autre est transmise. L'énergie absorbée dépend de la nature du matériau et de son coefficient d'absorption. Lors de la réalisation d'une espace de spectacle, on cherche à l'isoler des bruits extérieurs ou intérieurs et à limiter le temps de réverbération. Pour cela, on utilise des matériaux absorbants qui peuvent être sous différentes formes, comme des résonateurs, des panneaux acoustiques ou encore des diffuseurs. Le choix des matériaux est donc un facteur important du résultat d'une bonne acoustique.
- Il faut noter que tous les locaux sont concernés y compris les circulations : augmenter l'aire d'absorption dans les couloirs, escaliers, espace d'accueil et déambulation, c'est réduire le niveau sonore ambiant, ce qui induit une diminution du niveau sonore transmis dans les locaux d'enseignement, d'activité, de repos...

- La durée de réverbération d'un espace de spectacle dépend de sa forme et de l'indice d'absorption acoustique  $\alpha_w$  de chacune des parois qui le composent ainsi que celui des objets et éléments de mobilier contenus dans le local.
- Cependant, la forme de la salle de spectacle est d'autant plus indispensable. Pour éviter la résonance, il faut limiter les murs linéaires en y ajoutant des balcons ou des panneaux acoustiques. L'inclinaison des gradins donne aux spectateurs la même écoute sonore suivant leur place. Les fauteuils doivent être les plus absorbants possibles pour ne pas modifier la qualité acoustique lorsque la salle est vide ou pleine.
- De très nombreux facteurs sont donc à respecter lorsque on veut construire une salle de spectacle. De plus, ils sont spécifiques pour chaque salle (théâtre, opéra, concert, salle de musique...).
- Pour satisfaire à la réglementation et dans un souci de confort, les locaux nus doivent faire l'objet d'une étude pour apporter une correction acoustique via la mise en place de matériaux absorbants convenablement choisis en fonction des surfaces à traiter et de leur indice.
- Le C.R.C est un institut de propagation d'une vaste culture musicale à rayonnement communal, lieu spécifique et spécialisée pour la formation parascolaire, l'enseignement et l'apprentissage dans le domaine musicale, un lieu d'expression et de production musicale à travers les manifestations événementiel, les spectacles ainsi que la recherche.

# **CHAPITRE**

# **ANALYTIQUE**

## INTRODUCTION

Pour mieux cibler les concepts correspondent un conservatoire et pour l'amélioration de la conception (forme, fonction, matériaux...). Nous avons étudiés des différents exemples, chacun de ces derniers donne une vision différente sur la conception d'un conservatoire. Dans cette partie de notre travail ressort la nécessité de trois étapes essentielle dans le processus de la conception urbaine et architecturale.

En premier lieu, une programmation, sert d'aide-mémoire tout au long de l'opération et permet de s'assurer que toutes les spécificités de fonctionnement ont été prises en compte. Souvent le programme est joint au contrat de l'architecture.

En second lieu, une analyse du site permet de définir clairement les orientations premières et rationalisation du projet. Par la suite dresser l'état d'art pour la conduite de la conception et mettant en exergue les différents points que nous voulions intégrer dans notre démarche de projet.

A la fin on va voir des résultats généraux et une formalisation des synthèses sur le projet, avec leurs concepts afin de les utilisent dans le cas d'étude dans le chapitre d'application.

### 1. Démarche méthodologique d'analyse « Projet »

La démarche métrologique explique comment on a construit ce chapitre, suivant une méthodologie a structuré le travail d'après ces techniques avec la définition des techniques de collecte de donnée qui sont utilisé comme instrument de travail.

### 1.2. Les techniques de collecte des données

Pour faire une base de données correspondante au projet de fin d'étude en va baser sur deux techniques de collecte des données.

**1.3. Observations en situation** : est une technique directe d'investigation qui sert à observer habituellement un groupe de façon non directive, en vus de faire prélèvement quantitatif.

**1.4. Analyse de contenu** : Est une technique indirecte utilisée sur productions écrites, sonores ou audiovisuelles, provient d'individus ou groupes ou portant sur eux, dont le contenu se présente sous forme non chiffré. Elle permet de faire un prélèvement quantitatif ou qualitatif.

Analyse des exemples	Analyse de terrain	L'état de l'art
-Observation en situation et Analyse de contenu : dimension urbain, dimension fonctionnelle, dimension conceptuelle et idéale, dimension environnementale et ambiante, structurelle et technique -Organisation spatio-fonctionnelle. --Etude normative et typologique et technique.	-Collecte et lecture des données du site. Analyse (Typologie, Contexte urbain, Contexte architectural, environnementale et climat, déduction de projet)	-Paramètres de conception du projet.
synthés I	synthèse II	synthèse III
Synthèse de programme		

Tableau 1 montre la démarche méthodologie de notre analyse (source : auteur)

**2. Présentation et choix des exemples**

Projet	Motivation de choix
Casa de musique de porto Au Portugal	-Savoir et apprendre à gérer plusieurs secteurs dans le même bloc  - Profiter de l'aspect esthétique et esthétique du projet  -Pour savoir comment le concepteur "Rem koolhaas" à adaptée le projet avec l'environnement
La cité de la musica-Philharmonie de Paris, France.	Le traitement de musique à tous les niveaux (volume, façade, parcours ou distribution)  les principes de conception utilisés par Christian de Portzamparc, qui a été créé dans le cadre des équipements musicaux
Le conservatoire de paris, France	Mêmes raisons précédentes pour "la cité de la musique"  C'est un institut de musique qui contient presque les mêmes secteurs que j'utiliserai dans mon projet
Conservatoire d'Alger «L'Institut National Supérieur de Musique, Alger, Algérie».	Ceci est considéré comme le meilleur en Algérie  - Pour visiter le projet, examiner ses domaines et déterminer de près les relations entre les secteurs constitutifs de l'institut  - Pour découvrir les lacunes du projet et les éviter dans ma conception.
Institut communal de musique, Biskra, Algérie.	Pour en savoir plus sur l'aspect fonctionnel et les relations entre les domaines Aussi, pour identifier les lacunes du projet et les évités dans ma conception

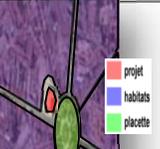
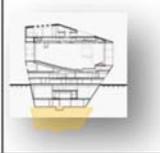
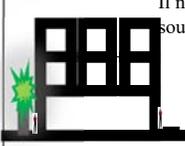
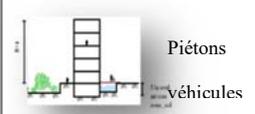
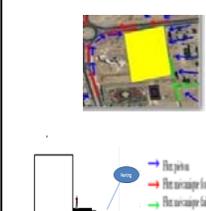
Tableau n°2 : Critères du choix des exemples (source : auteur)

**3. Tableau récapitulatif**

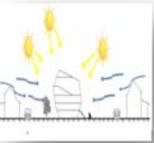
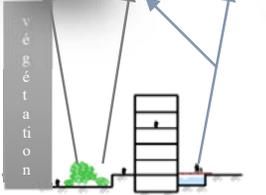
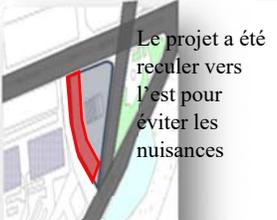
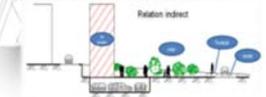
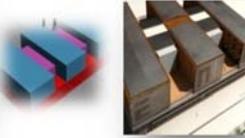
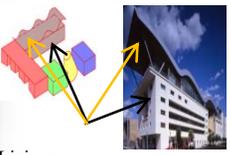
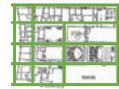
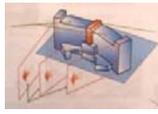
Nous présenterons ici ce tableau comparatif qui résume les différents analyses des exemples étudiés (livresque, existant)

Par rapport aux dimensions architecturale/environnementale/urbaine/conceptuelle. Cette différence se base sur des contraintes, des objectifs des conditions, pour résoudre des problèmes existants. J'ai ciblé des points pour définir des conditions, Pour devenir des concepts correspondent au projet. Ces derniers sont le plus fréquents durant ces exemples.

Ce tableau nous permet aussi de formaliser des synthèses ; d'identifier des résultats généraux sur le projet et différents recommandation afin de les utilisent dans notre projet

Les projets	Casa musica de porto Déconstructiviste اتجاه معماري	E.N.M de Mantes en Yvelines Poste-moderne اتجاه معماري	Conservatoire de paris Poste-moderne اتجاه معماري	INSM. Alger	INSM. Biskra	Synthèse
<p><b>DIMENSION URBAINE</b></p>	 <p>Parking en sous-sol pour libéré l'espace et l'utilisé en tant que esplanade</p>  <p>Le projet est dans une zone urbaine</p> 	 <p>Le projet Habitat Espace verre Parking</p> <p>Il n'y a pas de sous-sol</p> 	 <p>Piétons véhicules</p> 	 <p>Le projet est dans une zone urbaine</p> <p>Utiliser le parking en sous-sol pour libéré de l'espace et l'utilisé en tant que esplanade</p>  <p>R + Piétons 5 véhicules</p>	  <p>Piétons + Piétons 5 véhicules</p>	<p>Intégrer le projet dans un milieu urbain par son volume et ces façades symbole de rencontre positive Créer des éléments d'attraction et d'accueil Faciliter de lire la fonctionnalité de projet</p> <p>Le projet doit être très accessible</p>

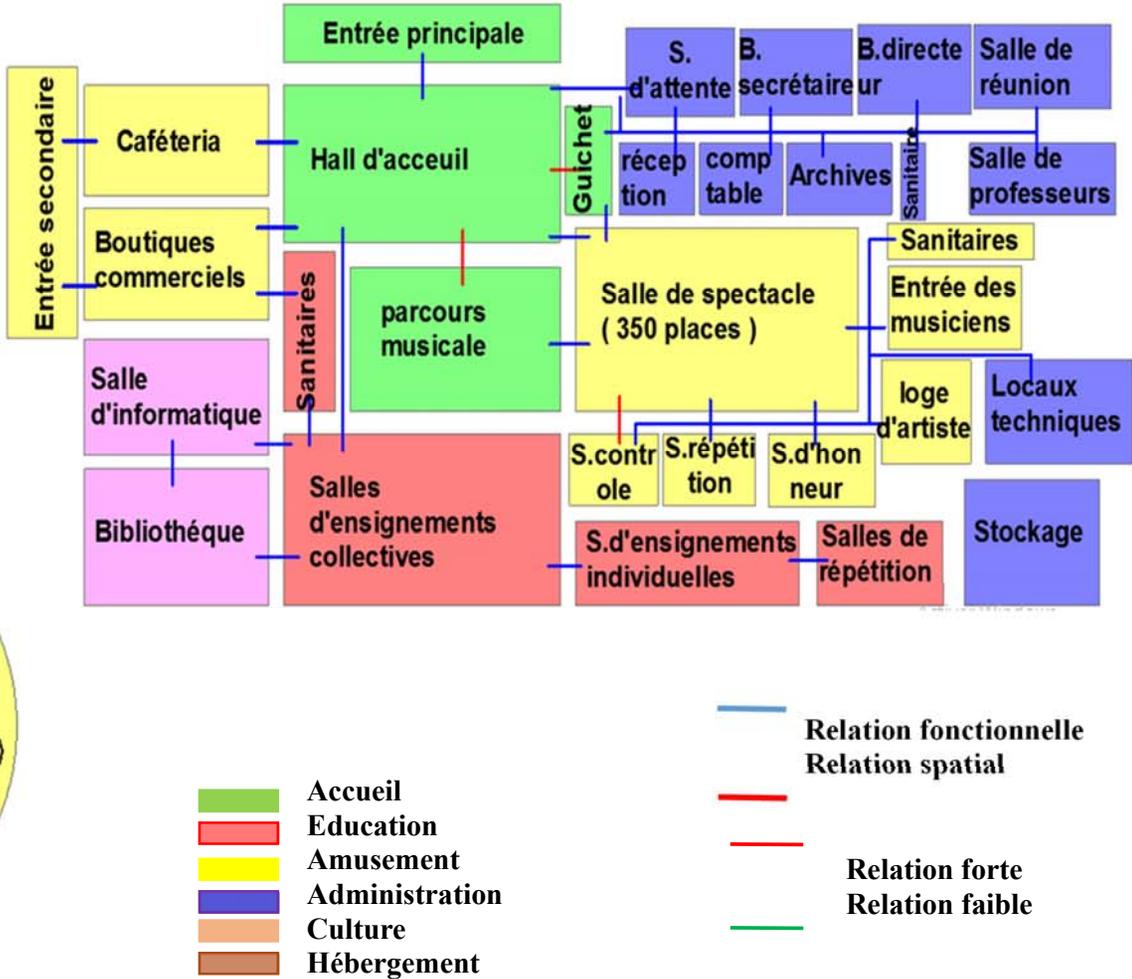
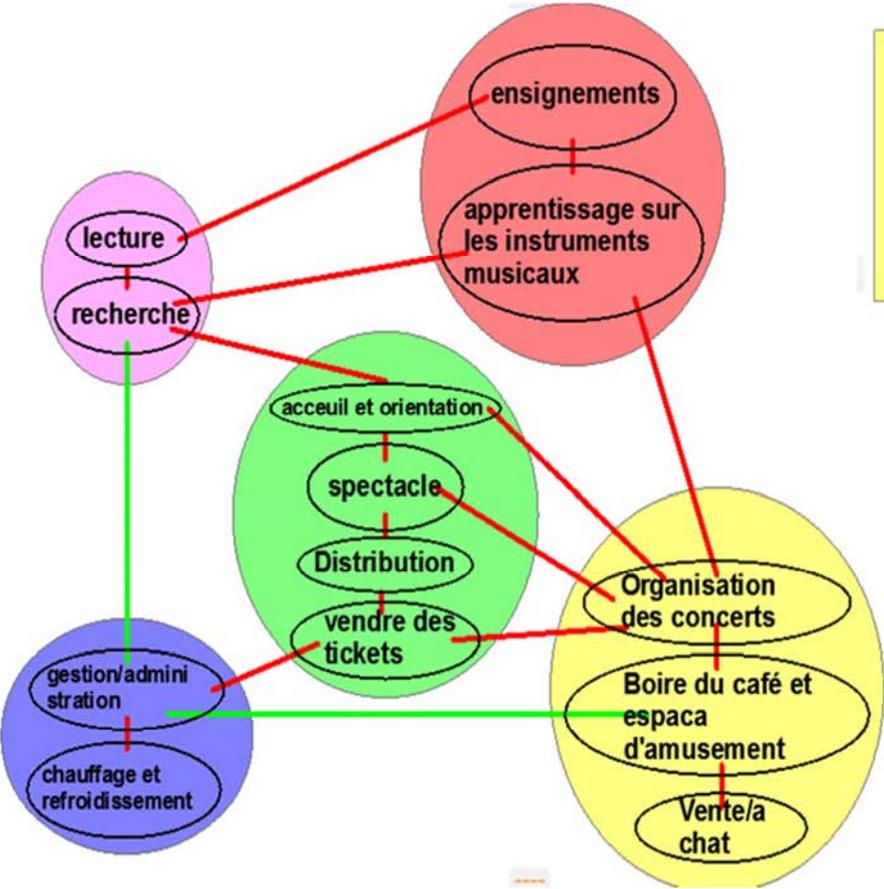
# CHAPITRE ANALYTIQUE

<p><b>DIMENSION ENVIRONNEMENTALE</b></p>	 <p>Le projet est très exposé au soleil et aux vents</p>  <p>De part de sa forme et ses matériaux le rand protéger contre la pollution</p>	<p>Le projet est dans une zone urbaine</p>  <p>Utilisation de la végétation comme écran contre les bruit extérieure</p> 	<p>Utilisation de la végétation et les espaces d'eau pour diminuer la pollution environnementale et sonore</p>  	<p>Le projet a été reculer vers l'est pour éviter les nuisances</p>  <p>Relation indirect</p>  <p>traitement avec l'espace verres tout autour de la cour sonores</p> 	  <p>Utiliser le parking pour réduire les nuisance sonore</p> 	<p>Traiter tous le périmètre du projet avec de la végétation pour créer un micro climat et diminuer les nuisances extérieures et l'éventualité d'avoir une esplanade comme espace d'accueil</p> <p>Utilisation de la lumière naturel et artificiel et un bon ventilation L'utilisation de matériaux insonorisés (les niches ,verre de type spécial et l'enveloppés les salles a lint du bois)</p>
<p><b>DIMENSION IDÉELLE ET CONCEPTUELLE</b></p>	 <p>Le projet est composer d'une seule masse sous forme de cube tronqué pour raison d'acoustique</p>	 <p>Le projet est composé de trois cube délaté qui sont relié entre eux par un autre Forme simple</p>	 <p>Liaison entre des formes rigoureuses et autres en mouvement</p>  <p>Liaison entre ces secteur avec le vide</p>	<p>Composition reflet le souhait de la bien-venue</p> <p>Symétrie par rapport au volume centrale</p>  <p>Le projet se compose de deux volumes</p> <p>Tous les axes se dirigent vers un seul centre</p>	<p>Le projet se compose de plusieurs volumes</p>  	<p>-Choisir des formes simples qui répondent au même temps aux exigences fonctionnelles et esthétiques</p> <p>-repérage du projet par des éléments musicaux</p> <p>-avoir un rythme dans la façade</p> <p>-possibilité de donner une dynamique à la toiture</p>

<p><b>DIMENSION FONCTIONNELLE</b></p>		<p>Relation forte Relation faible</p> <p>Relation fonctionnelle Relation spatiale juxtaposition Continuité</p>			<p>Relation fonctionnelle Relation spatiale juxtaposition continu</p>	<p>public Organiser et hiérarchiser les espaces à l'intérieur et à l'extérieur du projet</p> <p>Semi public Avec une logique: les espace clos pour le travail et les espaces ouverts pour la circulation et le repos</p> <p>Semi privé</p> <p>privé</p>
<p><b>DIMENSION STRUCTURELLE ET TECHNIQUE</b></p>	<p>System poteaux poutre et murs porteurs</p> <p>Des grandes espaces pour les concerts</p> <p>Mur incliné et forme simple</p>			<p>Forme simple</p> <p>System poteau-poutre</p> <p>System poteau-poutre</p>		<p>-Utiliser le système constructif et structural qui libère l'espace et qui aide à la continuité fonctionnelle</p>

Tableau n°3 : analyse des exemples (source : auteur)

4. L'organisation fonctionnelle et l'organisation spatiale



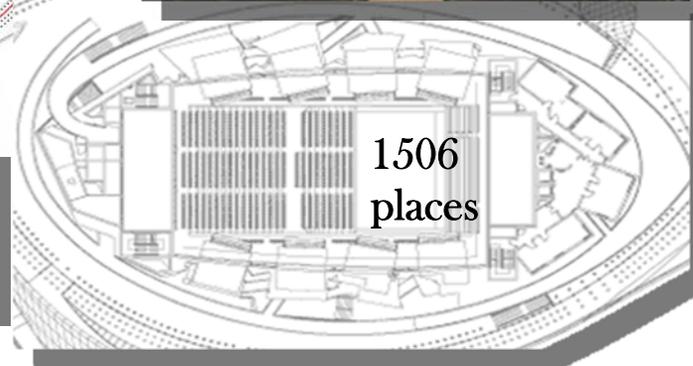
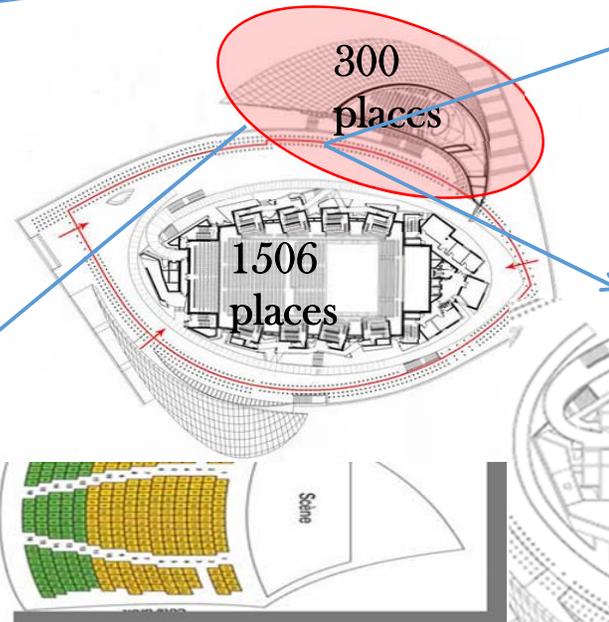
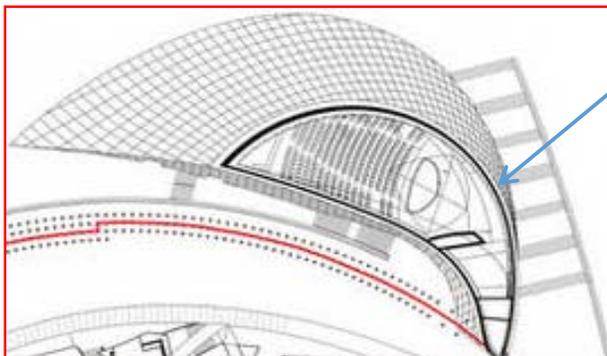
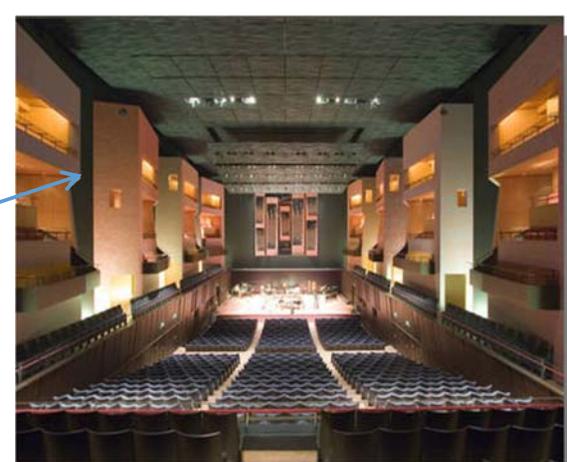
5. Analyses d'une salle de concert



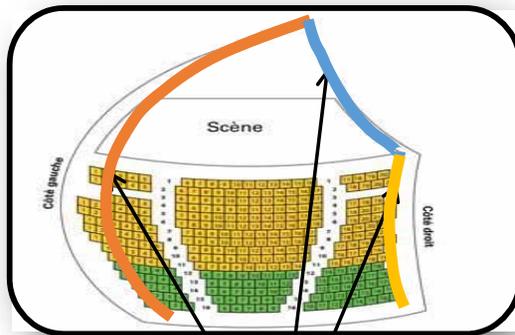
La philharmonie De la part de l'architecte Christian de Portzamparc inauguré en 2005.  
Etude de l'acoustique de la part des ingénieurs Yaying Xu et Damien Dupoy



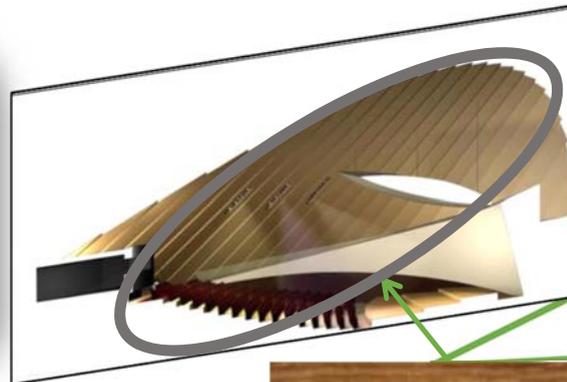
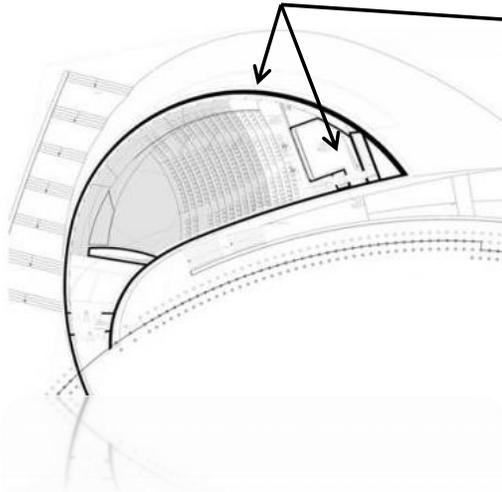
Elle contient une grande salle de spectacle de 1506 places et une petite salle de 300 places.



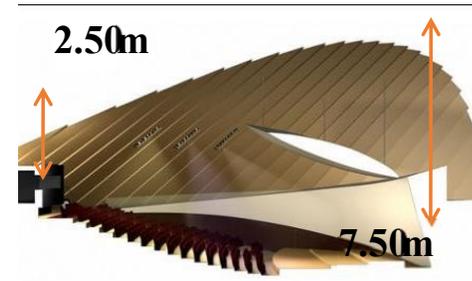
La petite salle



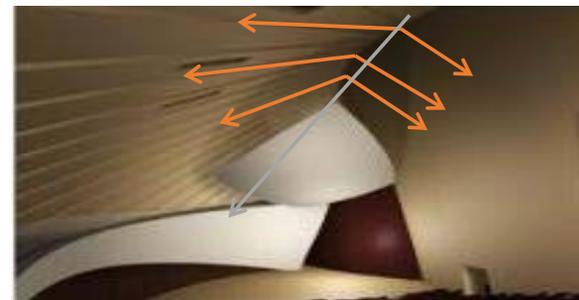
Elle est délimitée par des parois courbées.



Les panneaux en bois utilisés sont très épais (68mm)



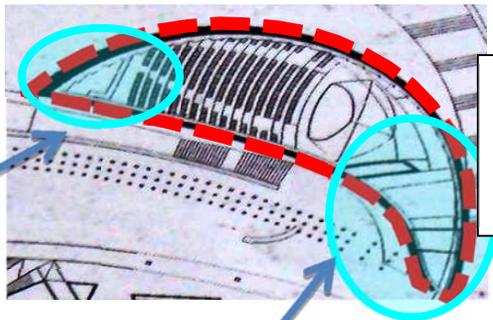
Le plafond présente une double pente inclinée. Cette inclinaison apporte des réflexions immédiates vers le public, afin d'augmenter sensiblement la clarté et la netteté des sons.



**Forme de la salle:**

La forme est courbée, contiens deux angle qui dérange la propagation du son correctement Ils sont été traité comme:

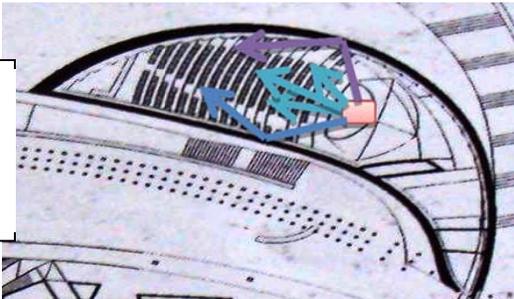
Cabine de control



Espace avant-scène

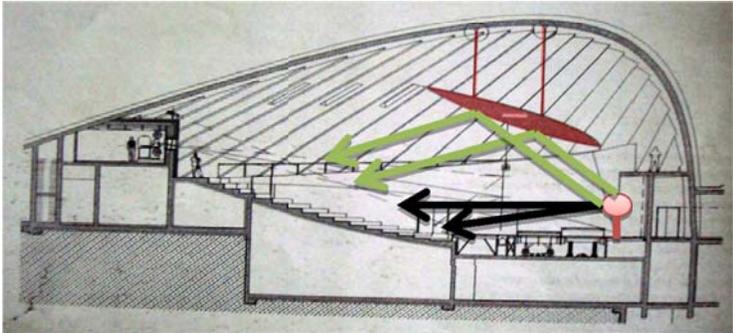
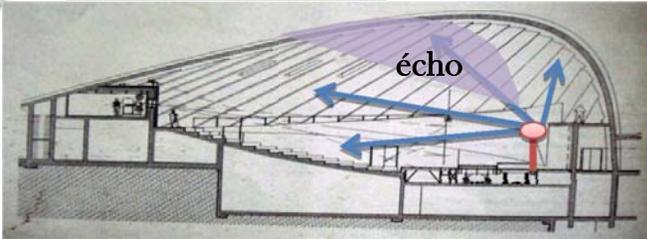
**Réflexion des ondes sonore:**

Grace au réflecteur, le son arrive en bonne condition aux places derrières



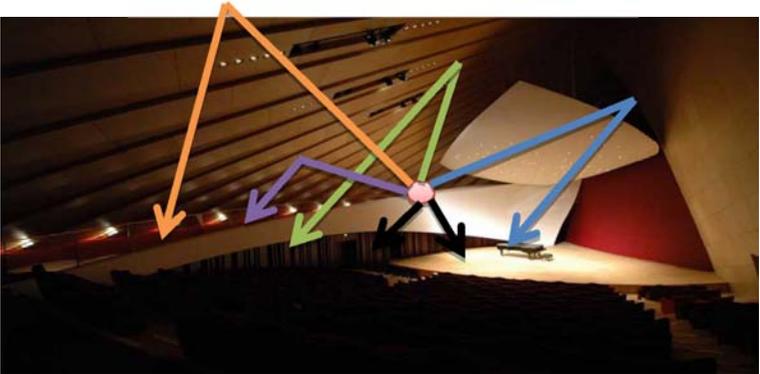
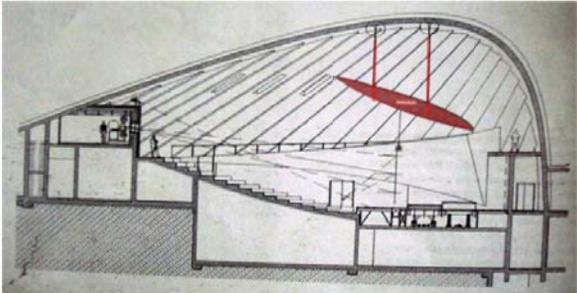
**Écho:**

La salle est exposé au effet d'écho due à la concavité de la paroi.



**Solution**

Le traitement été par intégré un relief de réflexion sous forme de redents. Afin de contrôler le risque d'une éventuelle focalisation sonore



➤ Exemple Dans le cas de LA PHILHARMONIE DE BERLIN

Un pliage avec des angles supérieurs à 5° permet d'éviter le parallélisme et d'obtenir une dispersion du son.  
 Le plafond sert à la propagation du son vers le fond de la salle et doit être conçu de façon à assurer cette fonction

Le plafond sous forme de toiture drapé

la réflexion des ondes sonores et pour éviter d'écho

Forme de vigne

Les parois ne sont pas parallèles

Une bonne propagation du son

« PHILHARMONIE DE LUXEMBOURG »

**Matériaux**

1. Panneaux de liège
2. Panneaux de mousse de plastique perforé
3. Panneaux de gypse avec des fibres.
4. Panneaux de polystyrène.
5. Panneaux de fibre de métal avec du ciment portland noir.
6. Panneaux de mâtereaux papetière compensé.

### Synthèse de l'analyse des exemples

Le conservatoire doit prendre en compte les aspects suivants dans la conception :

- ▶ L'intégration du projet dans son environnement.
- ▶ Hiérarchisation de l'espace extérieur à fin d'attirer l'intention du public en tant que spectateur et/ou visiteur, et pour créer une promenade architecturale renforcera le champ visuel focalisé sur le projet. Publique-semi publique- semi privé-privé.
- ▶ Les compositions géométriques : la forme de terrain comme forme productive basée sur l'identification des axes structurants-lignes de forces- de la fluidité, la flexibilité, la circulation à l'intérieur de projet.
- ▶ Fragmentation/diversité en sous-ensemble, unifier par la pénétration du concept (rythme-composante musico-architectonique) à travers: l'alternance : plein/vidé-bâti /non bâti-note/silence-opacité/transparence.
- ▶ Le regroupement de sous-unités s'installe en puzzle et se rassemble grâce une expression musicale (métaphore tangible).

Pour raison d'exigence acoustique j'ai remarquée presque dans tout les projets analysés que les salles d'enseignement et de pratique musicaux n'ont pas une forme régulière-forme trapézoïdale.

- ▶ Vous devez fournir les éléments d'attraction " café de la musique, des magasins, " et un autre pour le domaine de la réception entouré le projet.
- ▶ Création d'une interprétation figurative musicale qui favorise l'identification et repérage des activités intérieures et la mise en scène d'un dialogue mutuel de champs visuel et vues panoramique de montrer et cacher le dehors ou l'inverse pas seulement au niveau de façade mais aussi au niveau de perspective du projet.
- ▶ L'identification et repérage du projet: marquée par les parties frappantes et d'attraction " café de la musique, des magasins, « la salle de concert » horizontalement et verticalement (échelle, forme, dimension, traitement, architecture)
- ▶ Donner l'expression musicale et touche artistique à façonner le projet de mettre en lumière son travail.

Autoriser la perméabilité facile et bien visible du projet et la mise à disposition de plusieurs entrées pour les musiciens, publics, amateurs, accès de secours.

- ▶ l'interprétation de la notion de galerie cinématique: pour but de créer une promenade architecturale, urbain ce qui donne un regard de suprême et la mise en scène les différents vues et perspectives panoramique de l'environnement, paysage et donner une lecture de contexte, un voyage cinématique des musiciens, des artistes, des visiteurs en tant que spectateur.

Axe musicale: de forme dynamique élément d'articulation entre les espaces intérieure liée l'entrées secondaire des musiciens pour l'enseignement musicale et la pratique instrumentale et amateurs ou l'exposition commence par ce

Axe urbain: reliée les deux extrémités de projet le départ et l'arrivée, l'entrée principale de publique et secondaire élément d'articulation et de rencontre d'animation entre le dedans et le dehors.

### 5. ANALYSE DE SITE

Le présent sera entamé par une étude théorique climatique de la région de Biskra, puis la présentation du secteur d'étude, en déterminant sa situation et les critères du choix.

#### A. Collecte et Lecture des données du site

##### 5. 1. Plan de situation

Biskra sur le plan régional est le chef-lieu de la wilaya, le portail du Sahara, la capital des monts du Zab (la reine des Ziban), elle est une ville de rayonnement historique à travers ces racines patrimoines qui regorge de potentialité touristique grâce à son patrimoine historique, ces paysages, Sites monuments à visiter, La charnière entre N-S, Elle border par:

- La commune de branise au nord.
- La commune chetma et sidi okba a l'est.
- La commune oumache au sud.
- La commune el hadjeb et al outaya a ouest.

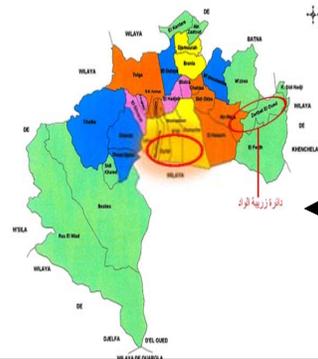


Figure 42 Découpage administratif de la wilaya de Biskra.  
(Source : <https://www.researchgate.net>)

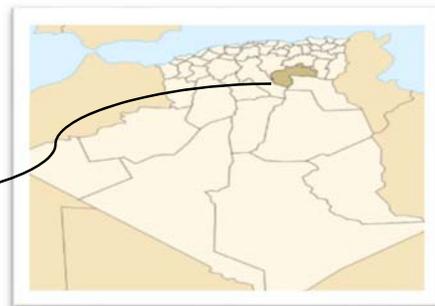


Figure 42 Situation de la wilaya de Biskra  
Source: <https://www.researchgate.net>.

##### 5.2. Situation de terrain

Le terrain est situé dans la région de Biskra dans deuxième moitié de la zone urbaine de la ville de Biskra (l'est de Biskra) Z.H.U.N est « quartier El. Alia » par rapport à l'axe naturel de la vallée, qui est considéré comme une nouvelle extension du côté est pour le centre-ville



Figure 43 Situation du Terrain (Source : Google Earth & auteur 2020)

Qui prend un aspect et une surface très importante de sa localisation, dont le site est situé entre deux ronds point important traversés par les axes structurant: N31/N83,



Figure 44 Situation du Terrain (Source : Google Maps & auteur 2020)

- La route national(N3) liée le N-S (Batna, Ouargla) qui mène au centre-ville et au site vers la Z.H.U.N est ou vers l'ancien ville
- La route N31 reliée (Chatma et la Z.H.U.N est El. Alia et le site / le site et la Z.H.U.N est et le centre-ville) à travers les 3 importants artères structurant le Boulevard d'El Amir Abdelkaderet le Boulevard zàatcha et le boulevard d'El Hakim Saadan
- La route national(N83) liée (Biskra -Tébessa /sidi Okba - l'université/la Z.H.U.N est et le centre-ville.

## B. Analyse de terrain

### 5.1 Topologie (La Morphologie - La topographie)

#### 5.1.1 Topographie de terrain

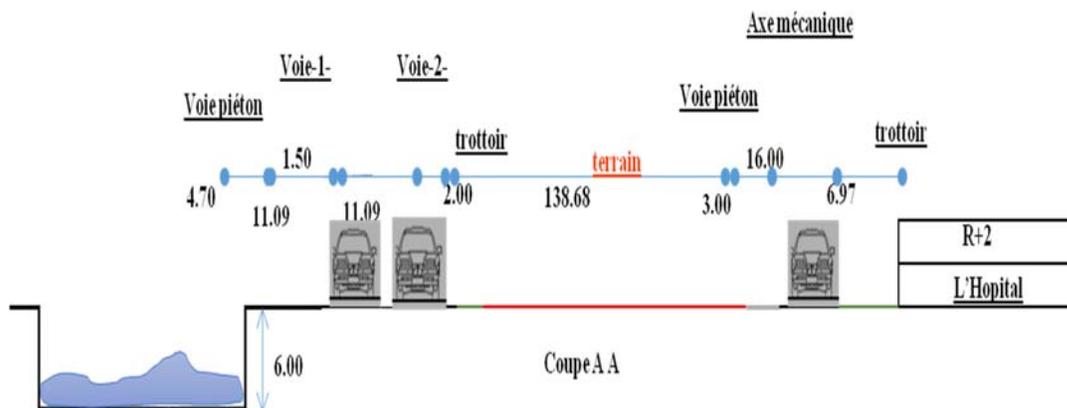


Figure 45 coupe schématique de la topographie de terrain (source : auteur)

## 5.2. Contexte urbain

### 5.2.1. Accessibilité

Le terrain est ouvert visuellement entouré par un réseau routier.

- On peut accéder au parcelle de terrain a travers l'axe principale (la route national N83).
- Il y a aussi un axe secondaire proposé c'est (le boulevard au front du l'oued).
- Il est très accessible est fluide.

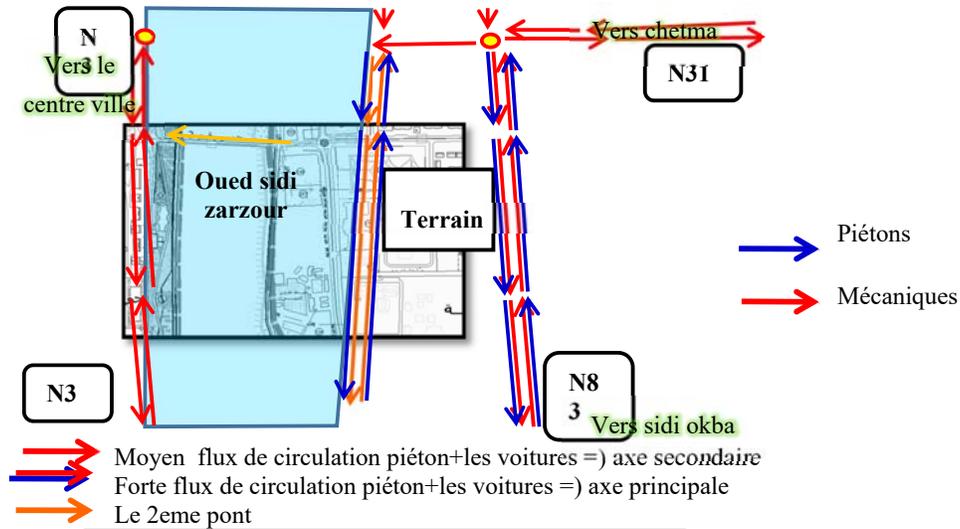


Figure 46: accessibilité du terrain (source : PDAU Biskra et auteur)

On peut facilement accéder au terrain car il est situé près de la jonction qui relie le terrain avec le centre-ville, l'université et ELALIA.

### 5.2.2 Dimensionnement de terrain

Le terrain a une Forme régulière (carré) parallèle à l'axe de la route.

Surface :  $20053.39\text{m}^2 = 2\text{hectare}$

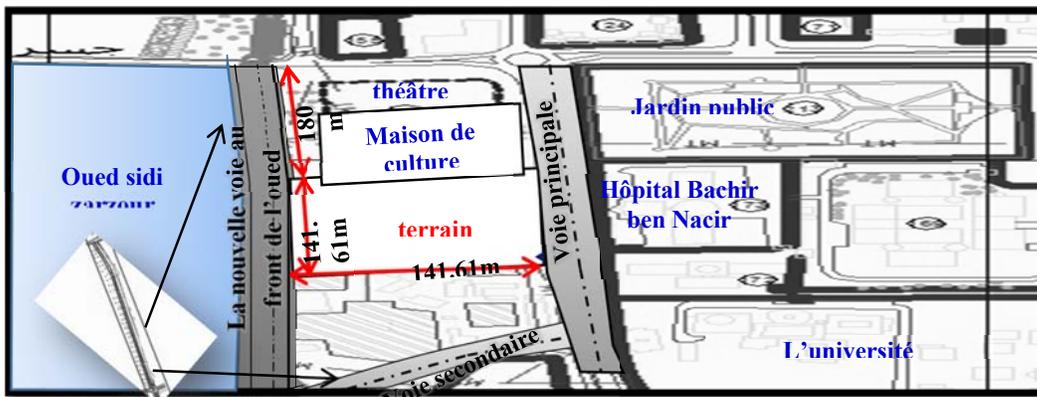


Figure 47 dimensionnement de terrain (source POS Biskra)

### 5.2.3. Visibilité (Vue/paysage de l'environnement immédiat du site)

- Le terrain est situé dans un tissu urbain comporte différents activités (Culturelle Éducatif Sanitaire Publique).
- Jardin à proximité de terrain peut être exploité comme une extension du projet
- Quartier moderne en style architectural avec des caractéristiques traditionnelles d'être un caractère d'une zone désertique
- Style architectural spécial se caractérise par cette région en se basant sur les formes régulières dans la conception



Figure 48 environnement immédiat du terrain (source : auteur)

### 5.3. Contexte architectural (identité, intégration ...)

#### 5.3.1. Identité, intégration

Mon site est inscrit dans la Z.H.U.N Est sur la franche de l'oued, qui considère une ligne de force à une grande influence surfacique et symbolique d'intérêt au niveau régional ; permet de renforcer la lecture de mon projet d'un côté et élargir le champ visuel et la vue panoramique d'autre côté

et l'importance de cette franche de la rivière de destin « oued sidi zarzour » pour les équipements immédiats qui ont la même vocation du caractère culturelle ; artistique

Dans l'emplacement du site suite cette allure qui renforce cette (continuité spatiaux-fonctionnelle)

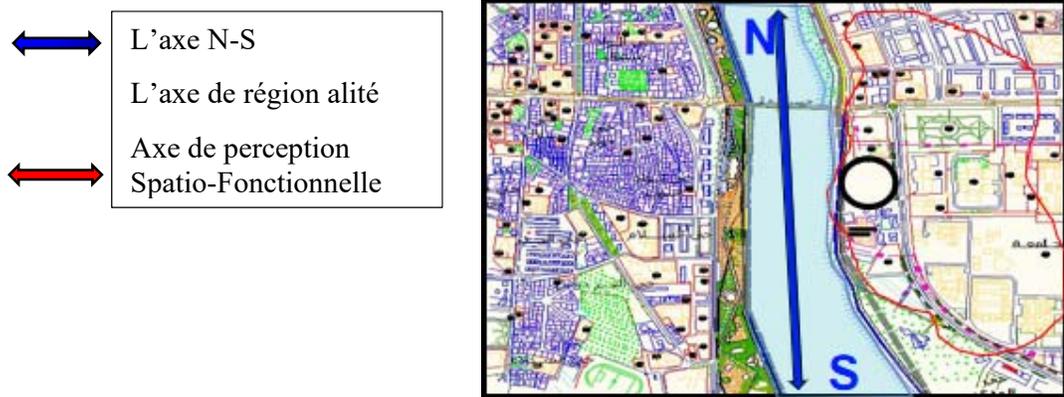


Figure 49 représente l'intégration du terrain par rapport à Z.H.U.N. POS Biskra

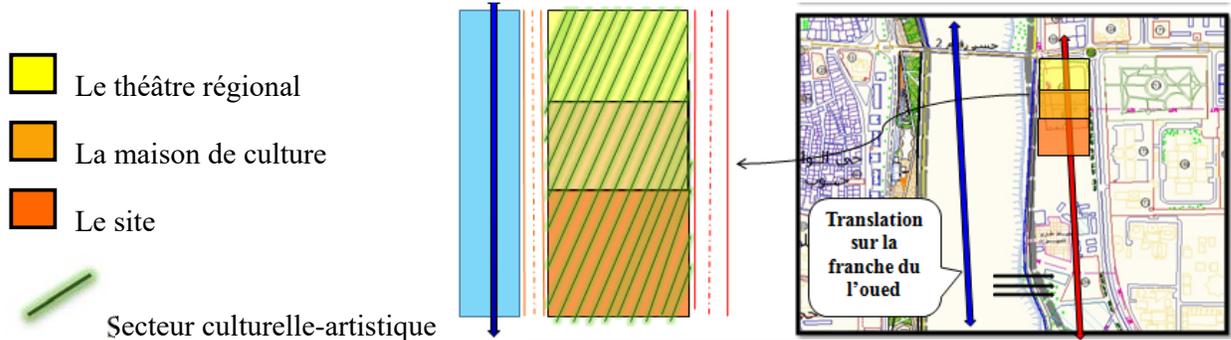


Figure 50 représente l'intégration du terrain par rapport à Z.H.U.N. POS Biskra

## 5.4. Comportement climatique et extérieur du site

### 5.4.1. Le vent et l'ensoleillement

- ✓ Le terrain est ensoleillé toute la journée
- ✓ Le terrain est exposé au vent froids (vents nord-ouest) et vents chauds (vents sud-est)
- ✓ Absence des obstacles naturels ou artificiels devant ces vents conduit à l'exposition de terrain aux vents avec un grand pourcentage.

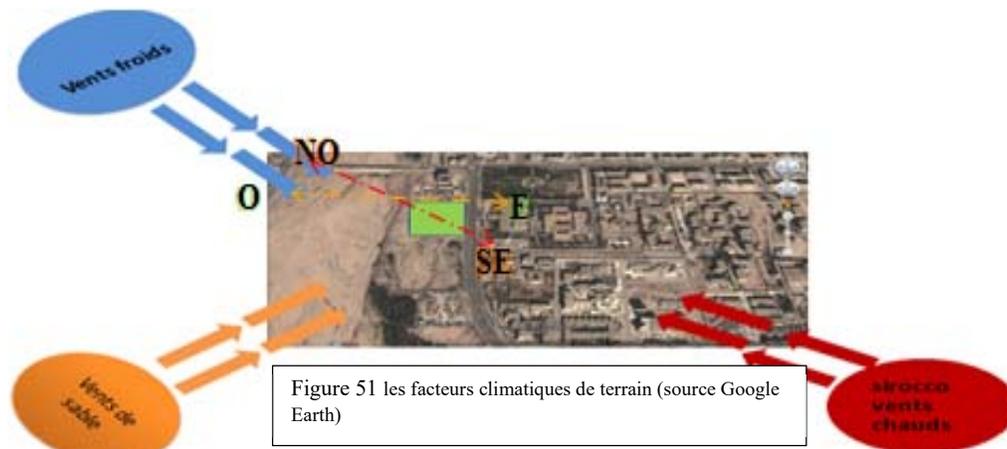


Figure 51 les facteurs climatiques de terrain (source Google Earth)

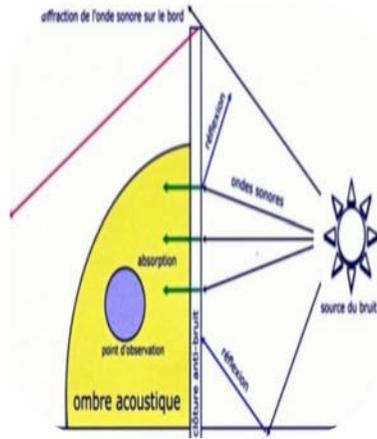


Figure 52 représente l'effet d'écran anti bruit source : guide acoustique du bâtiment

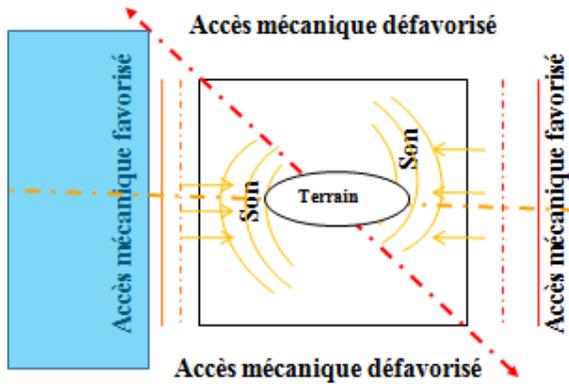


Figure 53 schémas du comportement climatique de site (source : auteur)

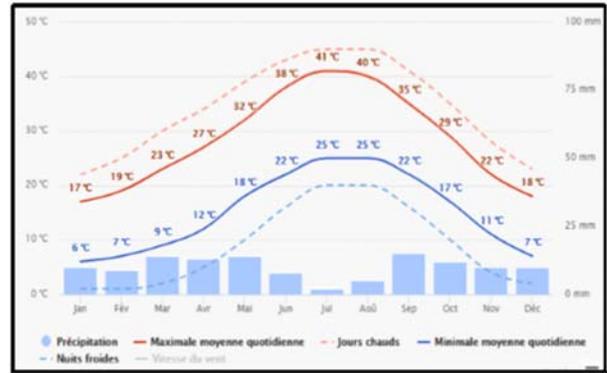


Figure 54 Les diagrammes météorologiques Wilaya de Biskra (source : www.metoblue.com/fr/modelclimate/biskra)



Figure 55 les facteurs climatiques du terrain (source : Google earth)

### 5.5. Déduction et recommandation par rapport le projet

Capacité de l'élément vert pour réduire le bruit (témoignage de plusieurs études) et l'aménagement paysager et l'utilisation du mur vert (végétation) la technologie moderne travaille à riser les ondes sonores et réduire le bruit un taux plus élevé que le boisement normal.

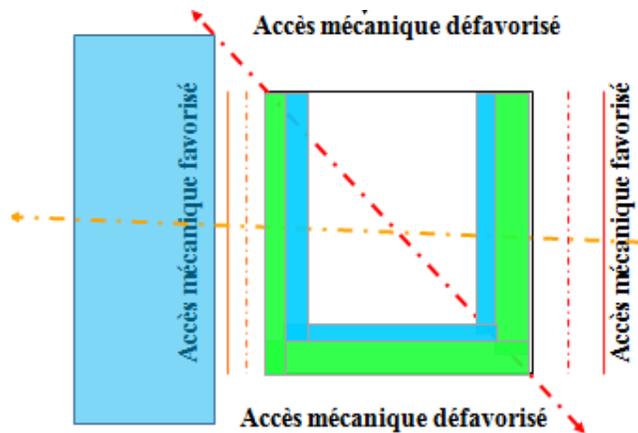


Figure 56 déduction et recommandation de terrain  
(source : auteur)

Correction acoustique par des verdure verts et des jets d’eaux / l’isolation acoustique extérieur par:

- Ecran de verdure
- murs anti bruit

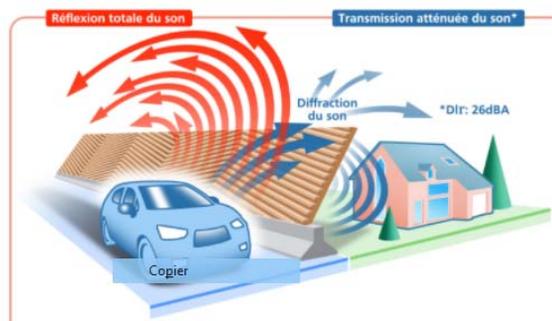


Figure 57 écran acoustique réfléchissant

Suit l’axe NE\_SO qui prolonge du point de région alité le tombeau qui est un point d’appel et de repère historique qui fait partie du l’oued vers « le jardin et le parc publique » En tant qu’aire de loisir, forum de regroupement et détente familiale, lieux de spectacles a diverse événement, le poumon vert pour la population et aussi pour le C.R.R du Z.H.U.N 5 ZONE HABITAT URBAINE NOUVELLE est d’un côté et point d’attraction et angle de visibilité perspective pour le projet

- ↔ L’axe de continuité culturelle
- ↔ L’axe territorial
- Le tombeau de sidi zarzour
- Le jardin bachir ben nacer



Figure 58 synthèse des axes de terrain

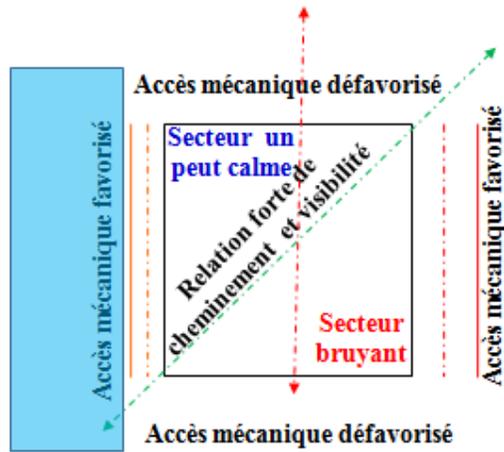


Figure 59 Synthèse solution acoustique (source : auteur)

Axe urbain qui renforce la relation entre : Musiciens-spectateurs / Utilisateurs -visiteurs citoyens / Le dedans-le dehors /architecture-compositeur.

Cet axe renforce le caractère naturel OUED\_JARDIN.

Exprime la notion de fluidité, le mouvement qui caractérise ces deux pôles naturel à l'origine dynamique.

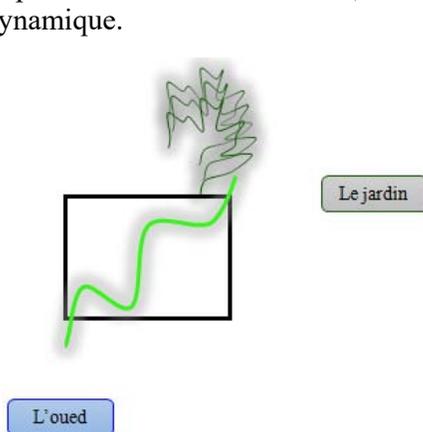


Figure 60 schéma montre les 2 pôles naturel dynamique

- ▶ accès principale
- ▶ accès pour les musiciens
- ▶ accès pour les amateurs
- ▶ accès de secoure

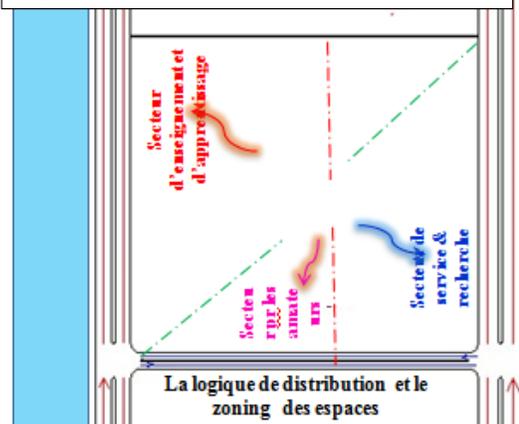


Figure 61 zoning de secteur par rapport aux solutions acoustiques

### 5.5. Potentialité de site

- Terrain unique et idéal pour la réalisation du projet
- Accessibilité facile pour au site grâce à sa présence dans le tissu urbain et une voie principale.
- Terrain disponible sur les éléments naturels: El oued et la palmeraie.
- Climat favorable permet d'utiliser certaines des techniques.
- La présence de terrain à proximité des équipements culturels et de loisirs aidera dans la conception du projet riche et complément d'emplois disponibles.

### Synthèse de l'analyse de terrain

- Positionnement du terrain : le terrain est situé dans un endroit facile à déterminer.
- L'accessibilité est très intéressante avec des voix principales ainsi que la possibilité de prendre la ligne de bus juste à côté.
- Le terrain est d'une forme rectangulaire et topographie plat.
- Le terrain regroupe plusieurs avantages, pour ce qui est du plan fonctionnel, tout d'abord il est entouré de plusieurs équipement ce qui donne plus de force à ce choix.
- L'étude de temporalité nous a permis de séparer les parties bruyantes et les parties calmes.
- Pour ce qui est de critères environnementaux la morphologie et la forme du terrain permet d'adopter une orientation ayant un impact sur la performance énergétique de la future construction.

## 6. Programmation

Le Programme est un moment fort du projet. C'est une information obligatoire à partir de laquelle l'architecture va pouvoir exister. C'est un point de départ mais aussi une phase préparatoire » Le programme est un énoncé des caractéristiques précises d'un édifice à concevoir et à réaliser, remis aux architectes candidats pour servir de base à leur étude, et à l'établissement de leur projet. D'après le dictionnaire Larousse.

### 6.1. Programme officiel

Le programme est très utile pour l'ensemble des intervenants entre lesquels il facilitera les échanges. Il sert d'aide-mémoire tout au long de l'opération et permet de s'assurer que toutes les spécificités de fonctionnement ont été prises en compte. Souvent le programme est joint au contrat de l'architecte.

Voir l'annexe 15 (Tableau 2 de norme de salle de concert 350places)

## CHAPITRE ANALYTIQUE

DESIGNATIONS	SURFACE M <sup>2</sup>
- <b>Accueil / Hall</b>	<b>136</b>
- <b>Culture musicale</b> 4 salles de formation peuvent accueillir chacune 22 personnes et une salle d'écriture d'une capacité de 17 personnes.	<b>220</b>
- <b>L'espace bibliothèque et documentation</b> une salle de consultation pouvant accueillir 12 personnes, une salle de stockage et le bureau du bibliothécaire	<b>125</b>
- <b>Enseignement instrumental - musique électro acoustique</b> une salle de pratique collective et une salle polyvalente pouvant accueillir chacune 22 personnes, un studio composition et un studio arts sonores pouvant accueillir respectivement 22 personnes ainsi qu'un studio de travail et un studio de réalisation, prévus chacun pour 4 personnes.	<b>170</b>
- <b>Enseignement instrumental - chant</b> une salle de cours et audition pouvant accueillir 44 personnes, d'une salle d'étude et d'un studio de travail.	<b>250</b>
- <b>Enseignement instrumental - musique traditionnelle</b> 3 salles de cours pouvant accueillir chacune 7 personnes, une salle pratique d'ensemble prévue pour 33 personnes et un studio de travail.	<b>114</b>
- <b>Direction administration</b> Le bureaux du directeur, du directeur adjoint, du responsable administratif, du rédacteur communication, le bureau des agents administratifs et une salle de réunion. La salle des professeurs est à proximité.	<b>100</b>
- <b>Enseignement instrumental - cordes</b> 4 salles violons pouvant accueillir chacune 6 personnes, d'une salle violoncelle (7 personnes), de 2 salles guitares (6 personnes chacune) et de 3 studios de travail (3 personnes).	<b>110</b>
- <b>Enseignement instrumental - claviers</b> 5 salles de cours pouvant accueillir respectivement 6 personnes, une salle pratique d'ensemble d'une capacité de 55 personnes faisant face aux salles de cours et 3 studios de travail pouvant accueillir chacun 2 personnes.	<b>90</b>
- <b>Enseignement instrumental - bois</b> 6 salles de cours pouvant accueillir chacune 6 personnes et 3 studios de travail d'une capacité de 3 personnes chacun.	<b>135</b>
- <b>Enseignement instrumental – cuivre</b> 3 salles de cours pouvant accueillir chacune 6 personnes, une salle pratique d'ensemble prévue pour 44 personnes, un local destiné au rangement et 2 studios de travail pouvant accueillir chacun 3 personnes.	<b>190</b>
- <b>Enseignement instrumental – jazz</b> une salle pratique d'ensemble pouvant accueillir 22 personnes, d'un studio de travail et d'un studio batterie	<b>245</b>
- <b>Enseignement instrumental - percussions</b> une salle de cours d'une capacité de 17 personnes et deux studios de travail.	<b>130</b>
- <b>Auditorium 350 places</b> * Scène et fosse orchestre * Foyer des artistes * Plateau orchestre * Locaux communs * Locaux techniques scéniques * Locaux techniques électricité, chauffage et traitement d'air	<b>850</b>
<b>TOTAL</b>	<b>2865</b>

Tableau 4 : Programme officiel (source : document/direction culturel Biskra 2020)

## 6.2 Programme proposé

Mon objectif est de faire mieux dans mon projet tout en offrant aux étudiants ,un cadre d'enseignement et d'amusement harmonieux ,confortable à créer un mode d'apprentissage de musique agréable qui se satisfait toutes les commodités, et s'intègre avec l'environnement en respectant notre mode de vie et nos coutumes, qui favorisera les rencontres et les relations de convivialité entre amateurs et qui renforcera le sentiment de découvrir des différentes.

A partir de programme officiel des conservatoires nationaux, le programme des exemples étudiés et les normes techniques, On a ajouté quelque espace comme les boutiques ...

Nous proposons le programme suivant

secteur	espace	surface	secteur	espace	surface	
<b>Accueil</b>	-Hall d'accueil	100		<b>*Percussions:</b>	(80)	
	-Hall d'exposition	80		-1 salle de cours	40	
	-Billetterie	20		-2 studio	2*20	
<b>Enseignement</b>	<b>*Culture musicale:</b>	(160)	<b>Détective</b>	<b>*Bibliothèque:</b>	(135)	
	-4 salle de formation	4*40		-1 salle de lecture	100	
	<b>*Electro-acoustique:</b>	(164)		-1 salle de stockage	25	
	-2 salle collec	2*35	-1 bureau bibliothécaire	10	<b>*Salle d'internet:</b>	(50)
	-2 studio collec	2*35				
	-2 studio indiv	2*12				
	<b>*Chant:</b>	(110)	<b>Loisirs</b>	-salle de concert (350places)	300	
	-1 salle collec	70		-scène	100	
	-1 salle indiv	20		-salle d'honneur	30	
	-1 studio	20		-salle de répétition indiv	20	
	<b>*Musique traditionnelle:</b>	(110)		-salle de répétition collec	30	
	-3 salles de cours	3*20		-2 loges d'artistes	2*20	
	-1 salle pratique collec	35		-2 sanitaire	2*15	
-1 studio	15	-2 vestiaire	2*15			
<b>*Cordes:</b>	(176)	-dépot	20			
-4 salles violons	4*20	-salle de controle	15			
-1 salle violoncelle	20	-caféteria	60			
-2 salles de guitares	2*20					
-3 studios	3*12					
<b>*Clavier:</b>	(195)	<b>Administration</b>	-salle d'attente	12		
-5 salles de cours	5*20		-scolarité	12		
-1 salle de pratique collec	50		-secrétariat	12		
-3 studios	3*15		-directeur	15		
<b>*Bois:</b>	(132)		-comptable	12		
-6 salles de cours	6*16		-archive	12		
-3 studios	3*12		-salle de réunion	35		
<b>*Cuivre:</b>	(140)		-salle des professeurs	35		
-3 salles de cours	3*20		-sanitaire	30		
-1 salle collec	50		-locaux technique	100		
-2 studios	2*15	-dépot générale	40			
<b>*Jazz:</b>	(80)	Surface totale = 2722m <sup>2</sup>				
-1 salle pratique collec	40	Surface de circulation 20% = 544.4m <sup>2</sup>				
-2 studio	2*20	Surface constuite = 3266.4m <sup>2</sup>				
		Parking 50 places				

Tableau 5 programme proposé (source : l'auteur)

### 7. Etat d'art

#### 7.1. Article N : 01

**L'auteur :** Bouttout Abdelouahab, Amara Mohamed, Djakabe Saad, Remram Youcef

**Titre d'article:** Evaluation of the Acoustic Performance of Classrooms in Algerian

Teaching Schools

**La source:** World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Civil Science and Engineering V0127 Noz1 1, 2013

**Les mots clés:** Room acoustic, reverberation time, background noise, absorptions materials.

**Abstract**—This paper presents the results of an evaluation of acoustic comfort such as background noise and reverberation time in teaching rooms in Height National School of Civil Engineering, Algeria. Four teaching rooms are evaluated: conference room, two classroom and amphitheatre. The acoustic quality of the classrooms has been analyzed based on measurements of sound pressure level inside room and reverberations time. The measurement results show that impulse decays dependent on the position of the microphone inside room and the background noise is with agreement of National Official Journal of Algeria published in July 1993. Therefore there exists a discrepancy between the obtained reverberation time value and recommended reverberation time in some classrooms. Three methods have been proposed to reduce the reverberation time values in such room. We developed a program with FORTRAN 6.0 language based on the absorption acoustic values of the Technical Document Regulation (DTR C3.1.1). The important results of this paper can be used to regulate the construction and execute the acoustic rehabilitations of teaching room in Algeria, especially the classrooms of the pupils in primary and secondary schools.

#### **Problématique**

Comment traiter les parois pour assurer le confort acoustique ?

#### **Objective de recherche**

Presents the results of an evaluation of acoustic comfort such as background noise and reverberation time in teaching rooms in Height National School of Civil Engineering, Algeria

#### **Méthodologie de recherche**

The paper is divided into seven sections. After the Introduction (Section I), Overview on national acoustic regulation of building is given in Section II, the material and measurement methodology are presented in Section III. The architectural detailed of rooms and results of measurements are discussed in Section IV. The critical distances are given in Section V. Section VI condemns the acoustic correction method and implementation of the panels is given in Section VII. Finally a conclusion is given in Section VIII conclusion is given in Section VIII

### Outils de recherche

Wireless microphone;

Sound level meter;

Pc portable to analyze the results

### Exploitation de l'article

This work concerns the acoustic characterization of different teaching room in national school of civil engineering, Algeria. Some conclusions are summarized as follows:

- 1) The National School of Civil Engineering is less affected by outdoor traffic noise and the background noise is less than recommended level prescribed by Algerian standardization.
- 2) The reverberation times in teaching rooms are excessive than recommended reverberation time, however, the values of this parameter for the conference room and amphitheater is in good agreement with recommended values. The famous result obtained from this work is that the 50% of teaching rooms in this school needs prescribed rehabilitation of internal walls. No insulation for the airborne is required, because the values measured are in good agreements with the national Algerian Newsletter. The critical distance refers to the point in the room where the level of the direct sound and the level of the reverberant sound are essentially equal were defined.
- 3) Three methods have been proposed to reduce the reverberation time and the developer program with FORTRAN language can estimates the values of reverberation time based on date: base of materials construction listed in national regulation document (DTR C3.1.1).

### Synthèse d'article

Installation de panneaux poreux et fibreux.

Installation de résonateurs.

Installation de membranes.

### 7.2 .Article N : 02

**L'auteur:** Alban Bassuet

**Titre d'article:** The Acoustical Design of the New National Opera House of Greece

**La source:** Proceedings of the International Symposium on Room Acoustics, ISRA 2010 29—31 August 2010, Melbourne, Australia.

**Les mots clés.** - /

### Abstract

Scheduled to open in 2015 in the city of Athens the Stavros Niarchos Foundation Cultural Center will become the new home for the Greek National Opera and Ballet. This paper presents the acoustical design considerations for the future opera theatre. A retrospective of Greek influence in the history

of the opera theatre design is presented with benchmarking and precedents considered for the project. Through presentations of the some of the design thoughts and approaches still in development, including the form, geometry, seating distribution, wall shaping, and materials in the opera theatre, the paper describes how the new design references and incorporates the profound influence of Greek Culture on development of the Opera House as we know it today.

### **Problématique**

What should be the design for a new opera house in Greece

### **Objective de recherche**

The development of the acoustical concepts into a modern architectural language. Develop an inspired design with a fresh and original vision preserving some of the essence of the opera

house

### **Outils de recherche**

(Catt-Acoustic)

### **Exploitation d'article**

As highlighted in this study, Greek culture has played a major role in the evolution of opera as an art form and in the development of opera theatre architecture and acoustics. As a fair return for its contribution to the art form, the approach considered for the New Greek Opera House has been to identify across history the most successful opera house precedents and to use in the design their key architectural features participating to their acoustical success. These include a deep proscenium arch to project voices such as in the baroque opera houses, series of shallow balcony tiers with walls engaged into the acoustics of the main central volume as in the most acoustically renowned Opera houses, semi-circular shaped auditorium at the rear like the 19th century German opera houses, and shaping on walls and under—balconies to scatter sound. The aim of the acoustical design is not just to achieve the reverberation target but also some special acoustical qualities like intimacy and envelopment that are essential to the great opera houses and to the most engaging opera performances.

One half of this study is founded in the past by learning from the success of the great opera houses.

The second half is the current development of the acoustical concepts into a modern architectural language. An inspired design is being progressed with a fresh and original vision preserving some of the essence of the opera house and which, at the time of writing, promises to new experiences of opera performances.

### **Synthèse d'article**

La forme ovale a un impact significatif sur l'expulsion du bruit extérieur et la propagation du bon son dans l'espace intérieur.

### 7.3. Article N : 03

**L'auteur :** Alireza Einifar , Farbod Abed

**Titre de l'article:** Acoustic Configurations Technology in Future Architecture 2016

**La source:** Naqshejahan (www.http://bsnt.modares.ac)

**Les mots clé.-** Architectural technology ; Modelling ; Interactional architecture ; Acoustic tubes

#### Abstract

Le Cylindrer Sonore est intégré dans un jardin en bambou, paysage creux et vallonné du parc parisien de la Villette en 1987.

C'est une architecture sonore commandée et réalisée comme œuvre d'art public, comme intervention artistique, pour la 4eme section du parc. L'extrémité supérieure du double cylindre est au même niveau que les allées limitrophes. En venant du parc, on descend un long escalier dans l'espace sonore avant d'entrer effectivement le jardin. En le quittant, on parcourt à nouveau l'espace sonore avant de monter au parc situé à un niveau supérieur. Le son que l'on peut entendre de l'extérieur attire les passants, les invitant à s'arrêter et à se concentrer sur la forme statique et stationnaire.

Une architecture fermée, ne couvrait que par le ciel ouvert, conçu comme une délimitation consciente du grand parc. Un espace cylindrique qui permet une écoute concentrée du lieu, une redécouverte contemplative de soi-même dans la transcendance du lieu.

Le diamètre intérieur du double cylindre est de 10 m, la hauteur de 5 m. Derrière les huit éléments de béton perforés, trois haut-parleurs ont été montés verticalement comme une colonne. L'espace circulaire entre les deux parois courbes est un espace fonctionnel pour l'entretien des haut-parleurs. Il donne accès à la salle de contrôle sous terre. Cependant, l'anneau est avant tout une chambre de résonance qui consolide le son au moyen du poids et de la tension des surfaces courbes.

À partir de chaque élément en béton, l'eau forme des ruisseaux étroits dans le bassin qui entoure le sol de l'espace cylindrique à la manière d'une île. Le son de silence distrait des sons de l'environnement urbain, neutralisant ainsi l'espace. Les ruisseaux accordent acoustiquement l'espace intérieur. Ils sont indispensables pour que les capteurs acoustiques et les cellules, les oreilles, la peau, le corps et le cerveau puissent écouter de manière concentrée. Voir l'annexe n°17



Figure 62 Diagrammes de relation

### Exploitation d'article

Le modèle de proposition est applicable en tant qu'œuvre architecturale, vise à une prospérité de normes prospectives en fonction de la configuration établie dans cette étude, à partir l'étude de modèle prototype laboratoire car le modèle actuel assemble des éléments de support avec l'apport de la technologie architecturale afin de créer une interaction entre moyen pour qu'encourager les gens viennent à se rassembler comme une occasion de le renforcer pour des interactions sociales et individuelles.

Les tubes sonores ont été considérés comme un design créatif et novateur pour transformer l'essence de l'architecture au-delà du lieu ordinaire et de la mode esthétique en le reliant à des éléments médiums comme le vent en tant que manifestation d'un élément architectural et esthétique pour un usage et un outil merveilleux.

### Synthèse

Le Cylindre Sonore, Partiellement caché des bambous, et se dresse avec ses doubles murs de béton dans un niveau inférieur par rapport aux ruelles adjacentes, comme un trou de fouille. Une fois descendu, on peut ressentir une écoute contemplative dans une véritable chambre de résonance, potentialisée par trois haut-parleurs cachés derrière huit murs de béton perforés. Donc, Grâce à des réverbérations subtilement orchestrées, des sons aigus ou pleins, les espaces sont constamment recréés.

#### 7.4. Article N: 04

**L'auteur :** Matthew Drummond

**Titre de l'article:** Test des réflecteurs acoustiques de la salle de concerts Sydney Opera House.

**La source:** Site officiel du Sydney Opera House sur [www \(http://www.Sydney Opera House/Acoustics Sydney Opera House.htm\)](http://www.Sydney Opera House/Acoustics Sydney Opera House.htm) 11 Mar 2017 , Australia

**Les mots clé:** réflecteurs acoustiques / sonnerie / améliorer l'acoustique / son direct et réfléchi

#### Abstract:

L'Opéra de Sydney, l'un des lieux de musique les plus célèbres du monde, a longtemps eu un problème. Tout le monde aime le bâtiment, mais pas tout le monde aime la façon dont il sonne, en particulier dans son plus grand lieu, la salle de concerts, la maison de l'Orchestre symphonique de

Sydney, l'Orchestre de chambre australien et une scène pour tout, depuis les artistes du rap jusqu'aux orchestres classiques de renommée mondiale (Kanye West a joué en 2006. La Philharmonie de Berlin a joué en 2012). Certains n'estiment que l'acoustique dans la salle de concerts manque de pouvoir. Beaucoup pensent que le son est différent selon l'endroit où vous vous trouvez dans la pièce. On dit que la salle est tout simplement trop grande et que son plafond est trop élevé. En 2014, l'acteur et directeur John Malkovich a déclaré qu'un hangar d'avion sonnerait mieux. Mais après 43 ans de revues mitigées, la salle de concert obtient finalement une mise à niveau majeure. Les machines de théâtre, les systèmes de grille et l'air conditionné sont tous remplacés. Un meilleur accès et plus de place est disponible pour les personnes en fauteuil roulant. Le plus grand changement sera celui de la façon dont la salle retombe: la scène sera plus basse, les murs sous les boîtes s'inspireront différemment et les nouveaux réflecteurs acoustiques remplacent les «baguettes» en plastique qui ont été suspendues au-dessus de la scène depuis l'ouverture de l'Opéra en 1973. Voir l'annexe n°18

### **Problématique**

Comment faire pour que le salon soit meilleur ?

### **Processus**

Le processus d'amélioration acoustique commence, logiquement, avec l'oreille. Jürgen Reinhold et Gunter Engel ont écouté des concerts et ont également interviewé des interprètes, des chefs d'orchestre et des auditeurs réguliers au sujet de leurs perceptions du son. Ensuite, les modèles de la salle de concert sont réalisés - à la fois numérique et physique - et comment le son se déplace est mappé.

Des réflecteurs sont ensuite ajoutés aux modèles - leur forme, leur nombre et leur emplacement sont vidés pour obtenir le résultat souhaité. Ensuite, les prototypes sont construits et testés dans la salle actuelle. Les tests physiques sont essentiels.

"Avec les fréquences plus élevées, l'ordinateur est bien à la simulation", déclare Gunter. "Mais quand il s'agit de cette région intermédiaire, c'est très compliqué. Il n'existe pas de modèles théoriques proches pour prédire la façon dont le son va voyager. Il y a beaucoup d'hypothèses. Donc, vous devez visiter le hall et tester. "

### **Essai**

Acoustics Inline and Hero Image: Prudence Upton

Les tests impliquent d'abord l'utilisation de lasers pour mesurer la lumière quand il se déplace de la scène et rebondit les réflecteurs. Les ondes sonores sont beaucoup plus diffuses que la lumière d'un laser, mais le laser fournit un point de départ qui peut être modélisé par un ordinateur. Ensuite, un dispositif qui ressemble à un ballon de football jaune et noir sur un tri-pod est mis en place. Ses 12 haut-parleurs émettent de longs sons de «chi» qui débute au bas de la gamme, l'oreille humaine peut se déplacer et se déplace peu à peu vers le haut. Les ondes sonores sont enregistrées, mesurées et suivies par rapport au modèle de la salle afin que différentes réverbérations puissent être suivies sur différentes surfaces.

« L'acoustique est facile », dit Reinhold en riant.

### Exploitation d'article

Pour ses réussites en matière d'ingénierie structurelle et de technologie de la construction, l'Opéra de Sydney est d'une valeur universelle exceptionnelle. Le bâtiment est un grand monument artistique et une icône, accessible à la société dans son ensemble.

### Synthèse d'article

Pour améliorer le confort acoustique de différents espaces d'un projet, il faut relever et exprimer les exigences acoustiques de chaque espace, et après cela il doit choisir la technique exacte pour répondre à ces exigences, soit par une forme de local qui est permise de gérer le son soit par des matériaux, soit par la plantation des espaces.....etc. Ce travail il faut faire réaliser dans une logique globale du confort.

### Conclusion

Dans ce chapitre nous avons fait une étude analytique dont nous avons dégagé plusieurs notions et recommandations qui vont absolument nous guider à atteindre nos objectifs durant les différents processus de conception du projet.

Parmi ses recommandations

- L'importance de la présence de nouveaux espaces au conservatoire.
- La bonne accessibilité doit être assurée par la présence des axes routiers autour du projet (flux mécanique).
- Le projet doit être intégré dans son site et doit être considéré comme un repère/ image de la ville, pour attirer l'attention des visiteurs par : (concept, matériaux, forme, hauteur...).

Suite à cela nous avons analysé quatre articles scientifiques et nous avons tiré des différentes stratégies techniques aide à assurer le confort acoustique. Ces solutions techniques vont être la base et la source d'inspiration durant la conception pour résoudre les problèmes acoustiques qu'on rencontre lors de la conception du projet, et mieux maîtriser la qualité de son et d'écoute.

# **CHAPITRE PRATIQUE**

### Introduction

Dans ce présent chapitre nous avons passé en revue les principaux enjeux et les éléments de passage liés à l'isolation et la correction acoustique en termes de confort dans notre conservatoire, nous allons faire le choix des produits, matériels et solutions existants pouvant assurer un meilleur résultat performant du confort.

Notre processus de conception et la mise en œuvre sera plus particulièrement traitée sur tout les niveaux de notre projet dans la troisième partie.

Le confort acoustique est un travail qui doit être réalisé avec soin ; une forme inadaptée, une configuration mal posé ou une paroi non traité affaiblissent les performances de l'ensemble de confort phonique, Il est essentiel de veiller à une bonne insonorisation des façades et, en particulier, des murs extérieurs et des baies de fenêtres, qui constituent parfois le maillon faible de l'isolation acoustique.

### 1. Les objectifs

- Assurer la qualité sonore et d'écoute dans les espaces de spectacle.
- Application des stratégies du confort phonique dans l'espace.
- Construire un conservatoire confortable qui répond aux besoins des utilisateurs pour une bonne diffusion de la culture et l'apprentissage à la musique des étudiants.
- Un projet comme point d'appel, attraction et d'ouverture au public.
- L'urbanité du projet et assurer le confort visuel
- Source d'inspiration pour les étudiants et les artistes.

### 2. Les intentions

Intégration intelligente des solutions techniques (forme, configuration, orientation, matériaux).

Identifier les perceptions des utilisateurs et des professionnels vis-à-vis a l'acoustique des espaces de spectacle.

Ce projet doit attirer et surtout aider les gens à surpasser les timidités pour aller écouter la musique

- Réalisation de parcours musicaux, des espaces commerciaux (des boutiques et café-restaurant) ainsi que des espaces de repos et détente.
- Création de grande esplanade extérieur aménagé, captage et filtration de la lumière naturelle, Exploiter les vues panoramiques sur l'extérieur.

Avoir un édifice expressionniste très accessible au sens psychologique notamment, par ce qu'il n'est pas adressé uniquement aux amateurs, mais aussi à la population qui ne connais pas la musique.

### 3. Les éléments de passages

- « **Selon l'article de Bernhard Leitner** montre à nous qu'espace pour voir et entendre si nous pouvons prenons et changeons. Même notre respiration fait partie de cette architecture non statique.»
- La perception du son dans l'espace du l'intérieur à l'extérieur ; de forme et volumétrie en dehors à configuration spatiale en dedans.

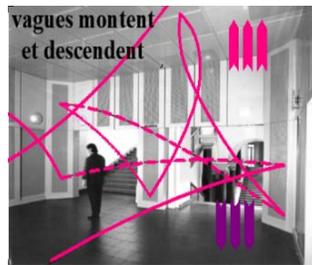


Figure 63 représente la perception des vagues du son (source : Bernard livre)

- D'après L'article de Kundt August (Les sons créateurs de formes ; Les sons peuvent-ils se manifester par des formes ; ils se propagent partout dans l'espace de façon invisible ?) montre à travers l'expérience qui permettent de visualiser ces formes directement sur l'instrument sans ajouter de poudre ; à travers des techniques électroniques actuelles. L'instrument est éclairé par un rayon laser qui est réfléchi et on photographie la différence entre l'image de l'instrument au repos et de l'instrument en vibration sous forme ovale qui est la meilleure forme géométrique. C'est la technique appelée interférométrie.



Figure 64 représente formes des sons résonnantes d'une guitare (source : l'article « les son créateurs de formes »)

- Une autre expérience a été effectuée dans un tube KUNDT ; poudre de microbilles de polystyrène mise en mouvement par un générateur de fréquences.

Le tube de Kundt ou appareil à ondes stationnaires, nommé d'après son inventeur August Kundt, est un dispositif expérimental permettant de mettre en évidence les ondes stationnaires sonores dans un tube rempli d'air.

- Les différentes formes issues des vibrations

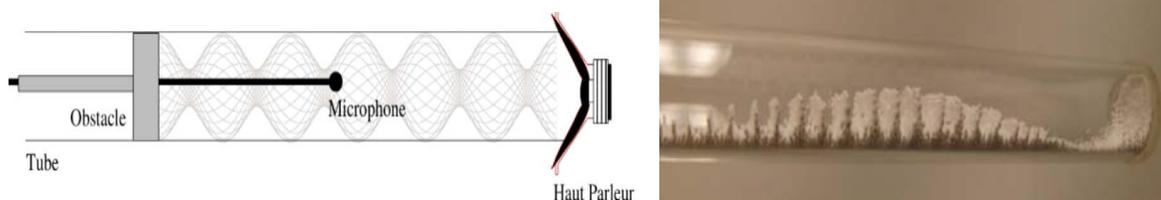


Figure 65 Le tube de Kundt (source : livre August Kundt)

- Selon l'article The Acoustical Design of the New National Opera House of Greece montre que La forme ovale a un impact significatif sur l'expulsion du bruit extérieur et la propagation du bon son dans l'espace intérieur.

- La technique de boîte dans la boîte (exemple : salle de concert : casa musica).
- Principe et concepts Métaphore / Fluidité / Mouvement / Flexibilité / Fragmentation / Fonctionnalité (exemple : la cité de la musique, casa musica).
- L'architecture en tant qu'image de symbole iconique d'un pays « Exerce une influence et possède une puissance architecture symbolique Qui excède de loin l'information objective dont elle est porteuse » (le conservatoire supérieur de musique et de danse Paris CSMDP aille ouest paris)
- D'après l'article Evaluation of the Acoustic Performance of Classrooms in Algerian Teaching Schools explique comment traiter les parois pour assurer le confort acoustique à travers :
  - ✚ l'installation de panneaux poreux et fibreux.
  - ✚ Installation de résonateurs.
  - ✚ Installation de membranes.
- Des expressions musicales qui renforcent la « relation Architecture-Le contexte visuel et - la musique le contexte sonore » et l'interprétation des émotions auditive et les vagues du son en émotions visuels. (Selon Article de Maxime Riopel Dialogue entre Architecture et Musique)
- Le rythme et l'harmonie (dialogue entre la musique et l'architecture).
- Alternance du plein et du vide/ ombre et lumière /son et silence (école national de musique et danse et de théâtre de Mentes en Yvelines).
- l'isolation acoustique-la correction acoustique ((Acoustique des salles de spectacle, salles polyvalentes, locaux de diffusion de musique)) à travers :
  - Des solutions constructives.
  - Matériaux isolants mural et terrestre et menuiserie.
- ❖ Des espaces verts et surfaces d'eaux réduisent le bruit
- Le concept de le parcoure musicale de projet « cité de la musique »
- L'ambiance lumineuse naturelle et artificielle :
  - ✓ Plus d'image, plus de lumière, - Réalité virtuelle
  - ✓ L'éclairage mural pour une ambiance harmonieuse
  - ✓ La scénographie, Les visiteurs peuvent interagir dans cette scène, qui est à leur échelle et dans laquelle ils sont déjà totalement immergés, par l'intermédiaire d'une surface animée au sol.
  - ✓ Lorsqu'il se place sur ce tapis interactif, l'ombre du visiteur se projette dans la scène et un second personnage, la silhouette d'un homme, entre à son tour dans la scène, sans perturber les actions du premier personnage.
  - ✓ Au milieu vert, arbuste, vision externe et/ou interne du site, brève/lointain ; panoramique à angle très ouverte, dynamique,

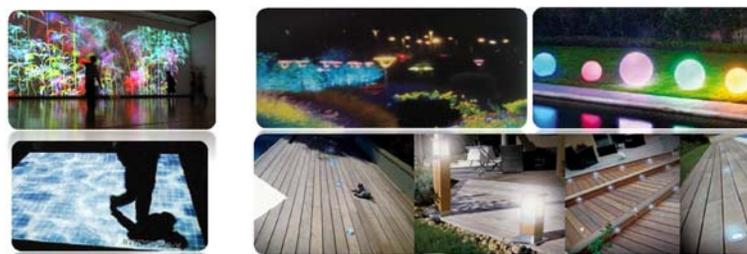


Figure 66 différents ambiance lumineuse (source : l'architecture d'aujourd'hui)

- ✓ Au sol pavé des squares, les promenades animent agréablement les perspectives urbaines, comme panneaux d'affichage éclairés
- ✓ Passer d'un espace à un autre et se trouver dans une ambiance lumineuse différent-éclairage muséographique

#### 4. L'idée conceptuelle du projet

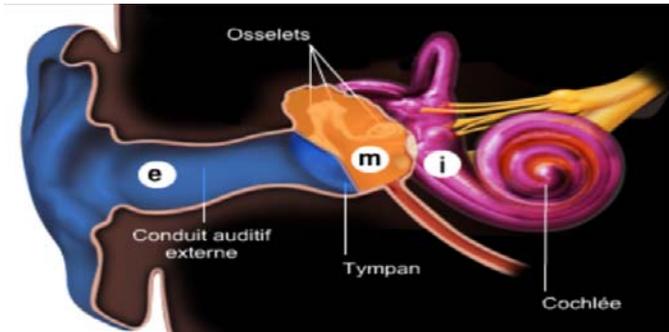
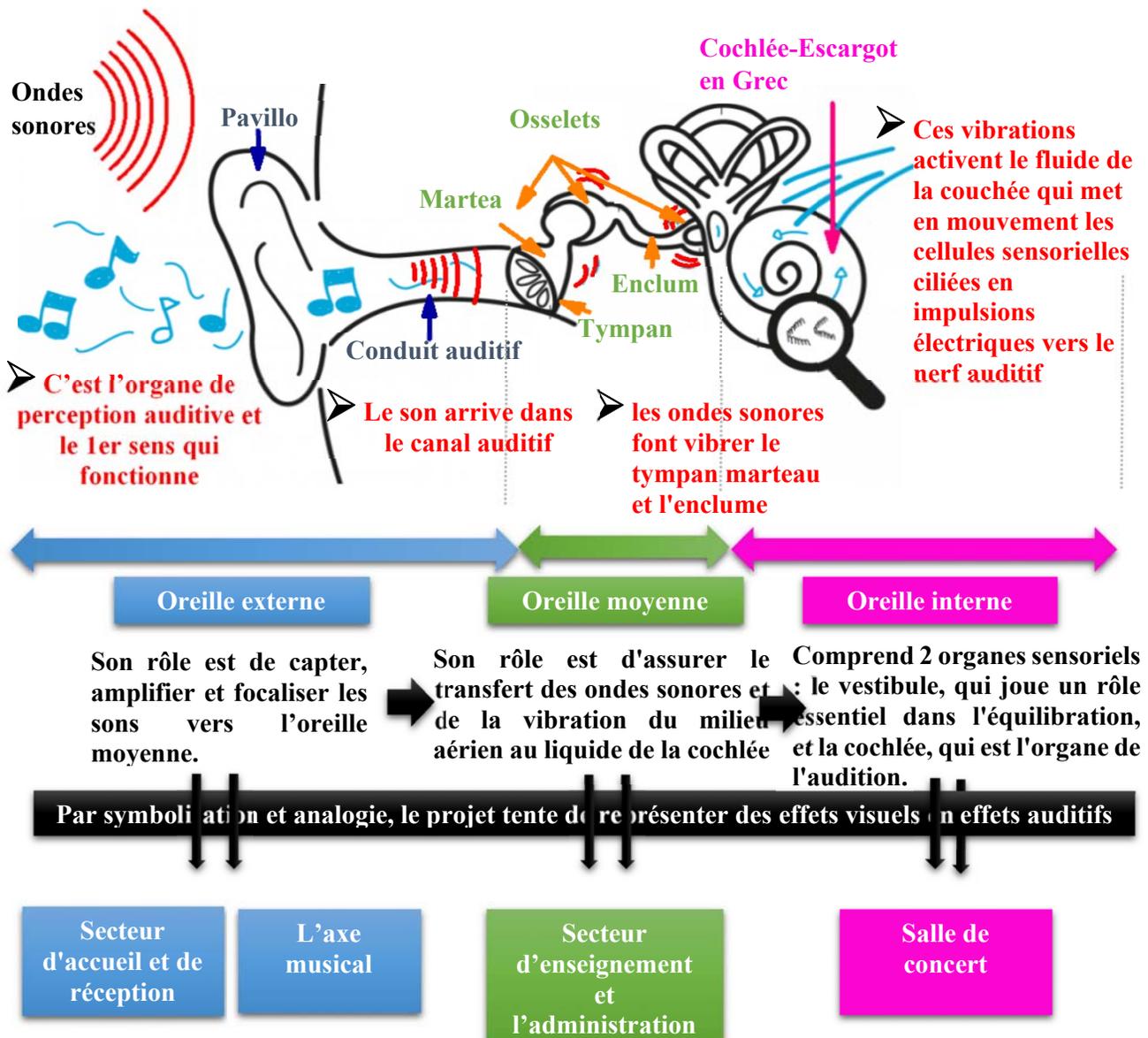
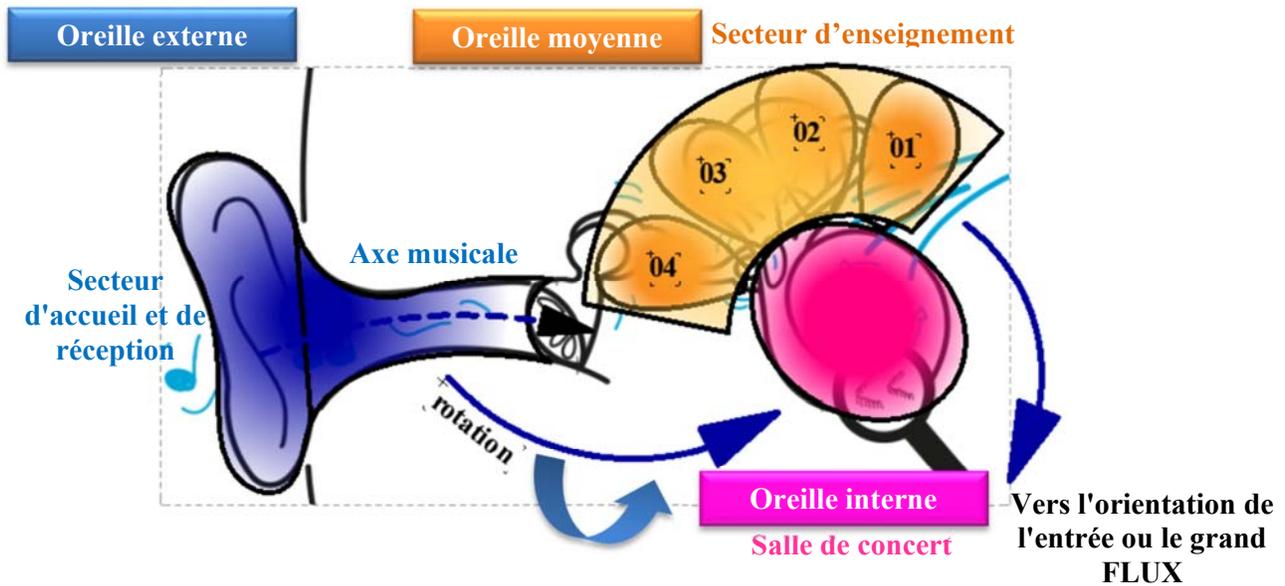


Figure 67 oreille interne (source : www.nosoreilles-onytient.org)

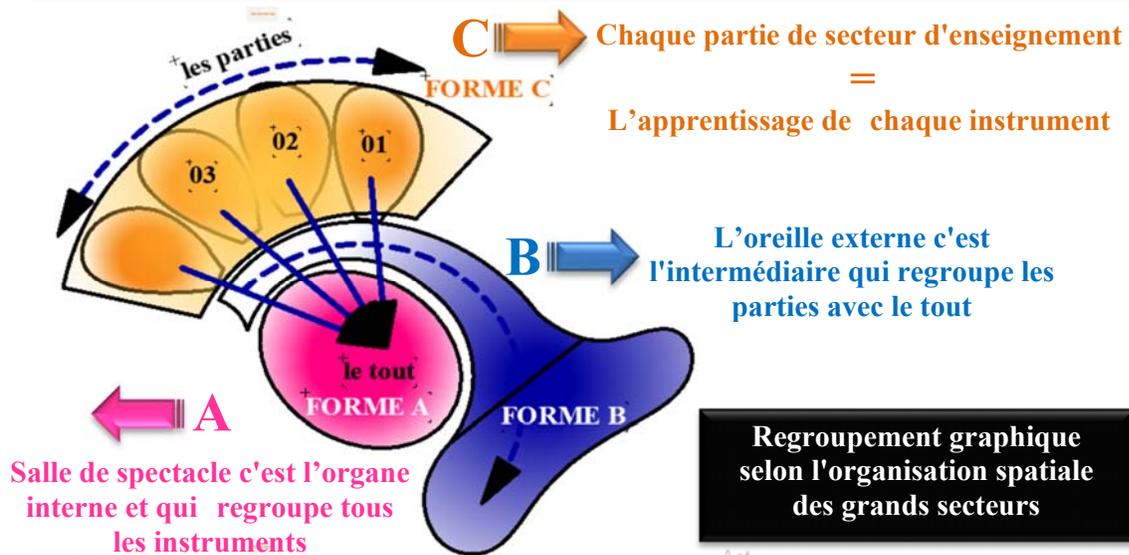
**L'oreille**

- ✚ L'idée au départ est inspirée par l'oreille.
- ✚ Cette dernière est l'organe qui sert à capter et intensifier le son et un symbole sensuel sonore et musical.





Transposition formelle chaque partie de l'oreille avec les secteurs de mon projet

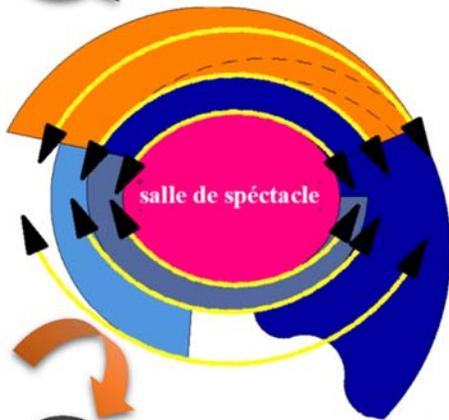


5. Développement de L'idée conceptuelle du projet

5.1 Au niveau 2D

Forme sonore harmonieux issus des vibrations et configuration spatiale acoustique

01 L'oreille Réceptionne



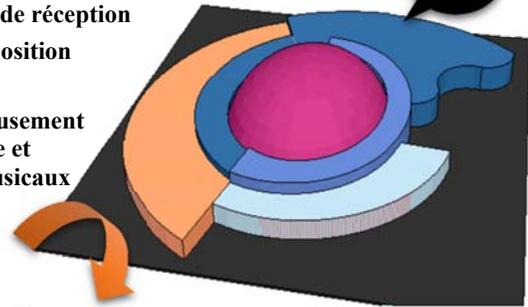
Ondes sonores

- Secteur d'accueil et de réception
- L'axe musical d'exposition
- Secteur de culture ; administratif et amusement
- Secteur pédagogique et d'apprentissages musicaux et instrumentaux
- Salle de spectacles

5.2 Au niveau 3D

L'isolation et la correction acoustique

01



A travers cette notion sonore on sculpte le volume selon les vagues de son qui mène vers la salle de spectacle le centre auditif

02

- ✦ J'ai essayé d'intégrer la vocation de thème par la sculpture de cette forme.
- ✦ J'ai adopté le système musicale dans le traitement de secteur d'enseignement.
- ✦ Des mesures et des tonalités différents, chaque tonalité est spécifique à d'un secteur d'instrument différent.
- ✦ L'interprétation des barres de mesures à travers la pénétration du concept de fluidité lumineuse et d'animation.



- ✦ Configuration spatiale acoustique absorbe le son
- ✦ Toit incliné et courbé

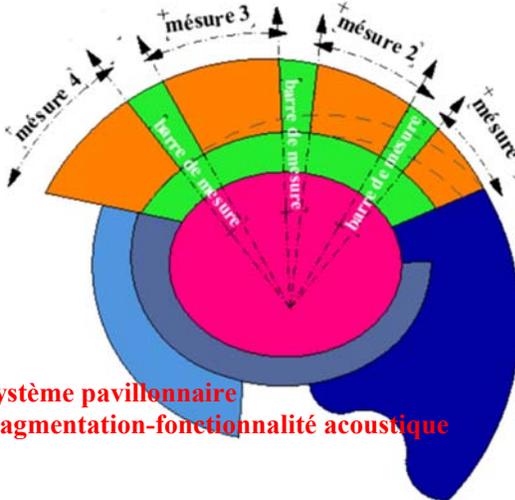
02

✦ Concept de fluidité et flexible

- ✦ Hiérarchisation d'opacité et de transparence
- ✦ Note et silence
- ✦ Plein et vide
- ✦ Fragmentation-fonctionnalité acoustique

03

✦ Ces puits lumineux sont des passages semi ouvert pour but de créer une promenade architecturale et relation visuelle du l'intérieur vers l'extérieur



Système pavillonnaire fragmentation-fonctionnalité acoustique



- ✦ Note plein
- ✦ Opacité

- ✦ Silence Vide
- ✦ Transparence

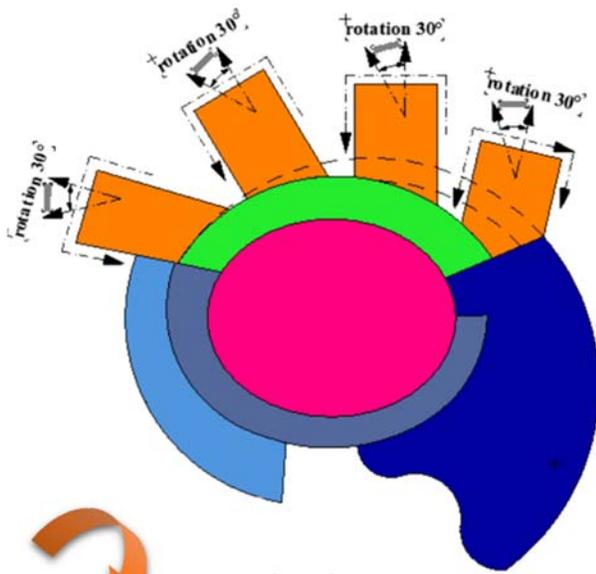
Excellente solution comme isolation intermédiaire acoustique  
Le principe de la "boîte dans la boîte" acoustique

03

Protection du soleil d'ouest

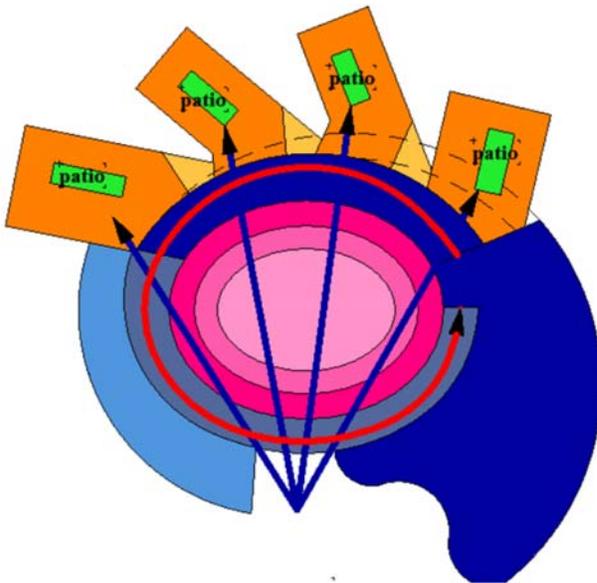
Forme ovale –salle de spectacle inclinée vers la scène pour assurer meilleur acoustique inspirée des vibrations sonores des instruments qui forment des ondes courbées

04

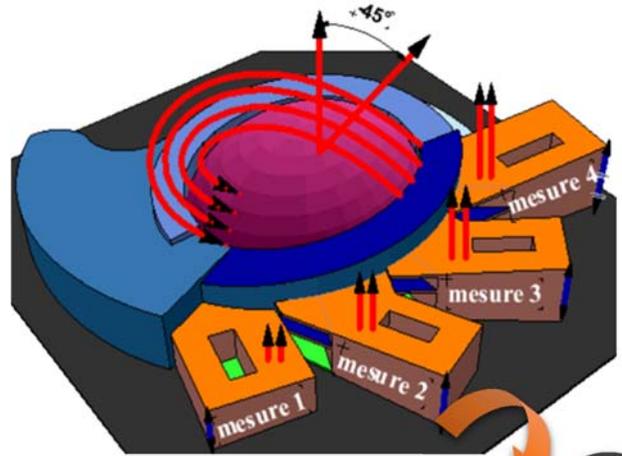


04

On isole chaque secteur d'enseignement instrumentale de l'autre dans même pavillon pour assurer un meilleur acoustique entre les salles de classes

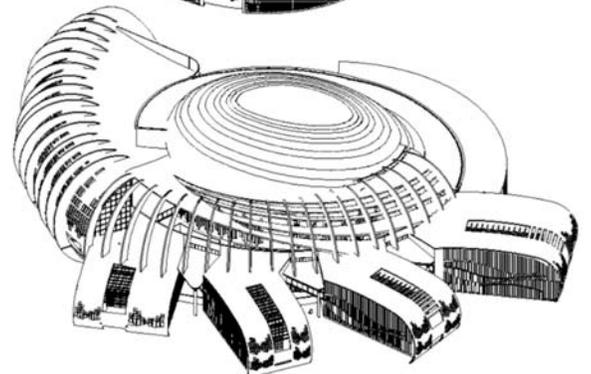
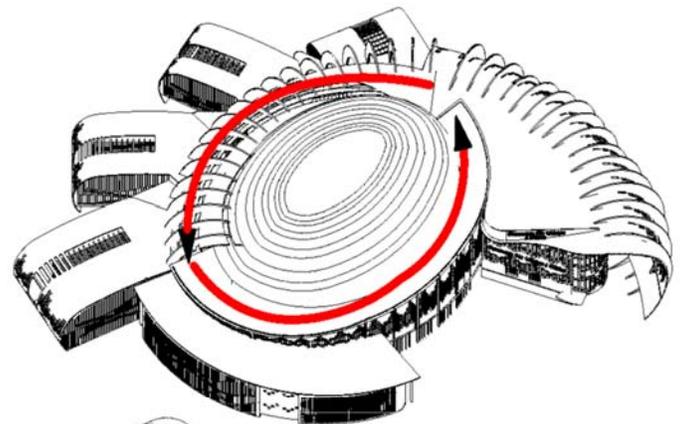


✚ Selon Bernhard Leitner : « L'espace et le son n'ont pas de durée définie. Ils représentent une situation transitoire sans fin et créent un continuum. »



05

- ✚ La notion de l'axe musicale
- ✚ Axe d'exposition-S.A.S de regroupement musical intérieur
- ✚ "Définir la musique"



✚ Qui suite le rapport qui regroupe les parties du tous et les parties et le tous

5.3 Au niveau Plan de masse

06

Secteur qui besoins le plus du calme => la vue panoramique et le champ visuel sur la franche du l'oued

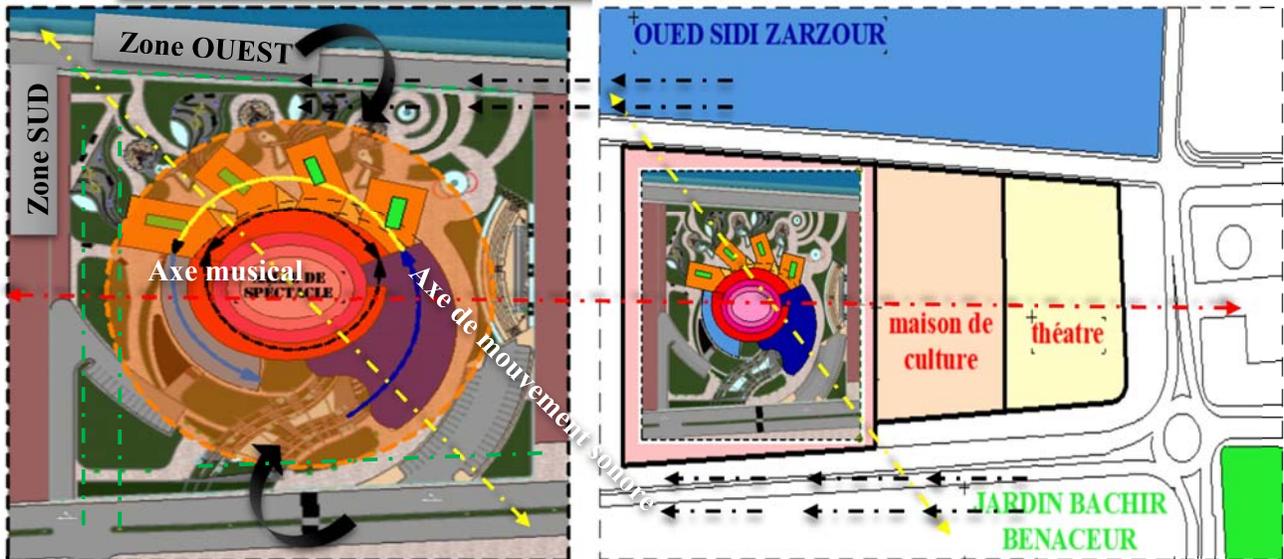


Figure 68 Vue de plan de masse les zones du projet et son implantation (source : auteur)

- Secteur pédagogique et d'apprentissages musicaux et instrumentaux
- Secteur d'accueil et de réception
- L'axe musical d'exposition
- Secteur de culture ; administratif et amusement



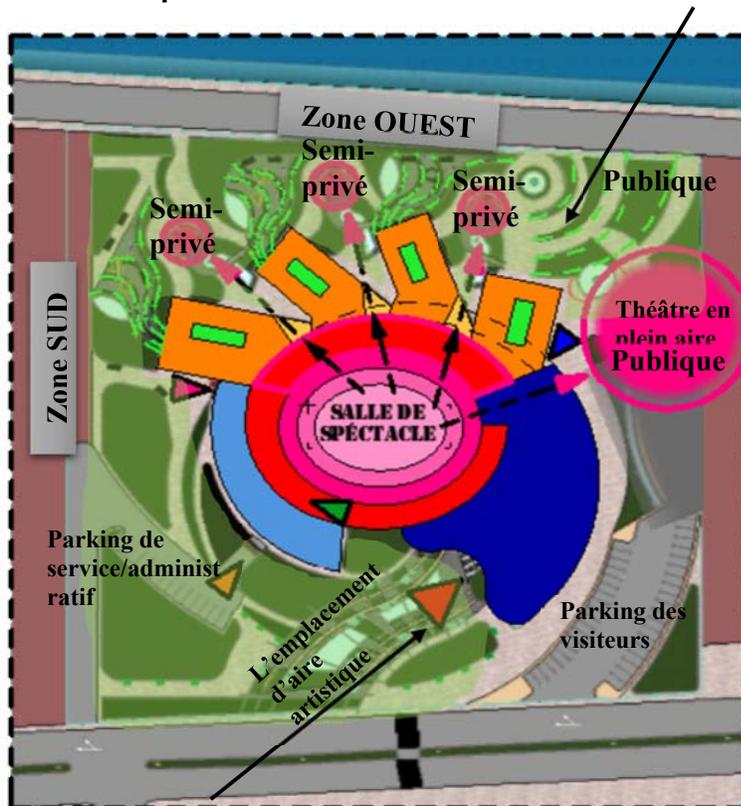
Figure 69 écran antibruit (source : www.bruit.fr)

- ✚ Effet de masque à travers mur anti-bruit préfabriqué / modulaire / en béton de caoutchouc cellulaire en bois et verdure végétale h= 1.5 m.
- ✚ On a pris le principe de centralité du projet par rapport au diagonale (axe urbain) et l'axe spatiaux-fonctionnelle).
- ✚ Pour rendre le projet un point de convergence culturelle ; artistique ; visible et repéré du tt les côté.

- ✚ Axe musical suit l'axe spatiaux-fonctionnelle => l'alignement; Puis on la disposee suivant la diagonale qui traverse l'axe urbain et le donne autre signification vient de la vocation de projet exige certaine fluidité, mouvement du son qui vient des instruments musicaux.
- ✚ Cet axe renforce le caractère naturel et exprime la notion de mouvement qui caractérise ces 2 pôles naturels à l'origine dynamique
- ✚ Des surfaces d'eau et verts jouent le rôle d'effet de masque pour minimiser la pollution sonore et abri de rafraîchissement d'air.

07

Accès vers le projet grand flux-voie secondaire importante



- 🟠 Entrée principale
- 🟡 Entrée des travailleurs
- 🟣 Entrée de service café
- 🔵 Entrée des musiciens enseignants
- 🟢 Entrées des artistes-salle de spectacles-café

Formes de masse inspirées du l'intérieure vers l'extérieure  
Privé-semi privé-publicue

🌊 Forme d'échelle musicale

🟡 Forme de S. Spectacles  
Plusieurs instruments

🟡 Même forme Des aires semi  
privées

Réservées aux musiciens pour le  
regroupement artistique et la  
pratique musicale pour chaque  
type d'instrument dans chaque  
pavillon

- ✚ Théâtre en plein air sur l'axe musicale ont fait la revue et les manifestations musicales favorise le contact publique/artiste.
- ✚ Surtout les forums hebdomadaires donner la chance aux jeunes amateurs à élargir leurs compétences entre les wilayas réalisée par la maison de culture et la direction des provinces algériennes de festivals et les échanges culturelles

### 5.4 Au niveau des Elévations

« L'architecture, c'est de la musique figée. (Johann Wolfgang von Goethe)»

CHRISTIAN DE PORTSMPARC a dit: « j'aime faire l'architecture par la musique; il y'a pour moi, le dialogue de deux règnes de la perception, de l'écoute et le regard, qui se répendent librement » à travers la production d'une architecture dite; symphonique; harmonique; tonal »

#### La mélodie transposée en architecture

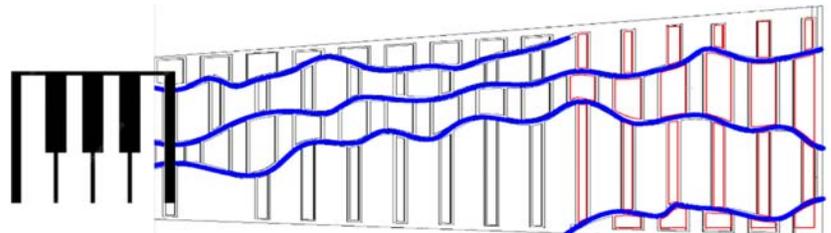
- **Rondo Alla Turca** une sonate en 3 mouvements de piano les plus connus de **Wolfgang Amadeus Mozart**, environ 20 min d'interprétation; dont la musique était très en vogue à l'époque. Connue par le dernier mouvement avec le surnom ALLA TURCA



Figure III n°70 solfège Turkish March /Rondo Alla Turca 3ème mouvement de Sonata à A ;K331

- Les éléments horizontaux = Les lignes d'échelle musicale suivent la silhouette de rythme ascendant et descendant de 3ème mouvement le plus connue Alla Turca de Mozart
- Dont les ouvertures present le schéma de Piano

- Permet de créer une ambiance lumineuse intérieure l'Axe Musicale – ou la rampe d'exposition musicale



- Percée d'ouvertures percées Le carré comme unité de plusieurs dimensions = changement de rythme d'une façon harmonieuse = jeux de lumière naturelle au sein d'espace selon l'heure «**La chapelle vit avec la lumière.**»
- Les éléments horizontaux = Les lignes d'échelle musicale suivent la silhouette de rythme ascendant et descendant de 3ème mouvement le plus connue Alla Turca de Mozart
- Les barres verticales = note de morceau musicale

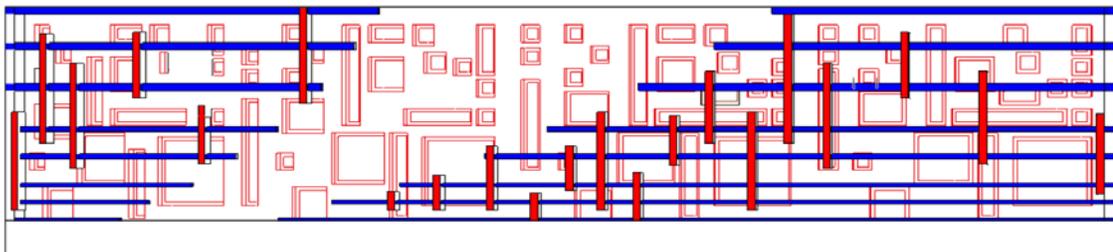
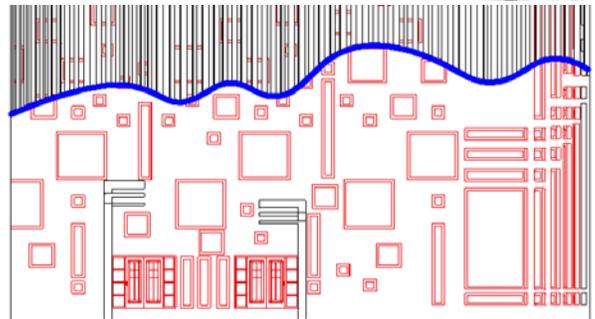


Figure 70 l'interprétation des ondes sonore sur les façades de notre projet (source : auteur)

## 5. Application Thème-Projet :

1- Les sons créateurs de formes dont La forme ovale a un impact significatif sur l'expulsion du bruit extérieur et la propagation du bon son dans l'espace intérieur.

2- l'isolation acoustique-la correction acoustique ((Acoustique des salles de spectacle, salles polyvalentes, locaux de diffusion de musique)) à travers :

- ✚ Un pliage avec des angles supérieurs à 5° permet d'éviter le parallélisme et d'obtenir une dispersion du son.
- ✚ La réflexion des ondes sonores pour éviter d'écho et bonne distribution de son

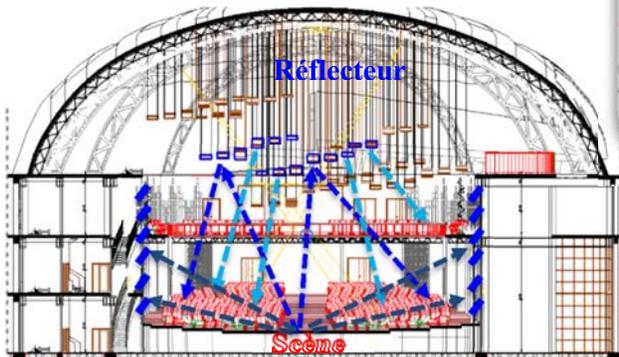


Figure 72 coupe montre la position des réflecteurs dans notre salle de spectacle (source : auteur)

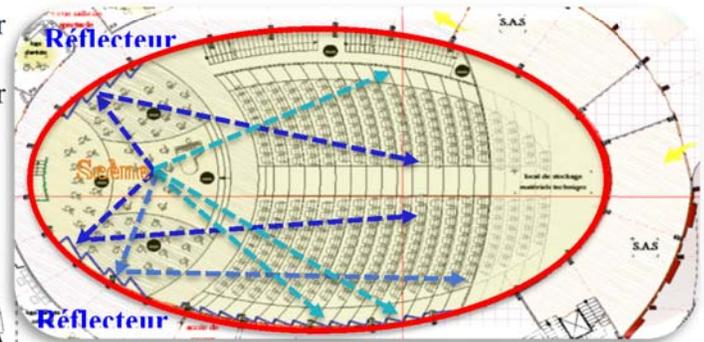


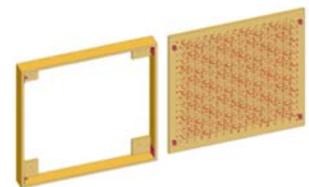
Figure 72 vue de plan la fonctionnement des réflecteurs (source : auteur)



- ✚ L'utilisation de matériaux absorbants sur de grandes surfaces empêche la réflexion du bruit vers les zones voisines ou les immeubles en vis-à-vis. Dans le cas d'un espace acoustiquement fermé, l'utilisation de matériaux absorbants évite l'augmentation du niveau sonore due à la superposition du bruit émis et du bruit réfléchi ; et diminuer la réverbération.

### ● Panneaux perforés (résonateurs)

- Les capteurs ACOUSTISSIMO® bois multi perforé



Constitué :

- D'un cadre pourtour MDF plaqué 1 face ext. visible ép. 60 mm avec clips
- De 4 pièces d'angle pour fixation murale percées
- D'un panneau MDF M1 multi perforation ép. 12 mm plaqué 5 faces y compris les chants avec clips pour fixation sur cadre pourtour
- D'un garnissage intérieur par laine de roche haute densité surfacée ou POLYPHONE® ou Mélamine de 50 à 60 mm
- Option : plaquage bois véritable bois, autres dimensions sur demande



Les résonateurs

Les panneaux absorbants

Salle de classe musique clavier coté professeur



Salle de classe musique clavier coté musiciens

● **Panneaux acoustiques diffusants IVORY :**

Est un panneau de diffusion et de dispersion contrôlée dans un axe unique. Il est fait de polyuréthane haute densité recouvert d'une couche durcie

**Dimensions :** Longueur = 60 cm, Largeur = 60 cm, Epaisseur = 12 cm Ou Longueur = 120 cm, Largeur = 60 cm, épaisseur = 12 cm

**Fabriqué** en polyuréthane haute densité

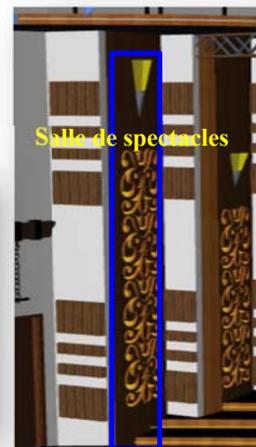
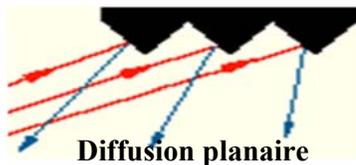


Figure 73 montre emplacement des panneaux acoustique dans le studio et la salle de spectacle de notre projet (source : auteur)



Les panneaux absorbants

**Avantages**

- Prêt à poser
- Multi perforation avec absorption large spectre
- Absorption sur mesure à la carte en fonction des contraintes
- Gamme et choix de finition
- Démontable facilement et nettoyable



Figure 75 les brass-trap (source :<https://www.diphonevent.com/>)

● **Panneaux pyramide (absorbant)**

- est mousse mélamine base résine de mélamine ou mousse de polyuréthane (PU) à haut pouvoir d'absorption, à relief pyramidal
- Ces panneaux sont sans fibres minérales synthétiques ou naturelles, sans halogènes & HCFC.

**Dimensions :**

- mélamine : 1200 x 600 mm, épais. 50 – 70 – 100 mm
- PU : 1000 x 1000 mm, épais. 70 mm
- spéciale de mousse PU à cellules ouvertes.

**Montage :** à coller sur un fond

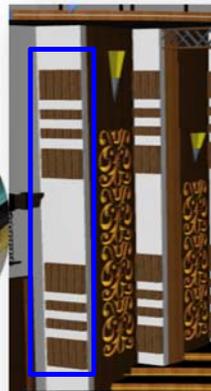
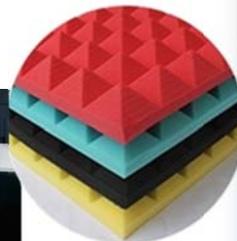


Figure 74 les panneaux placés aux mus de studio d'enregistrement

- Le plafond sert à la propagation du son vers le fond de la salle et doit être conçu de façon à assurer cette fonction.

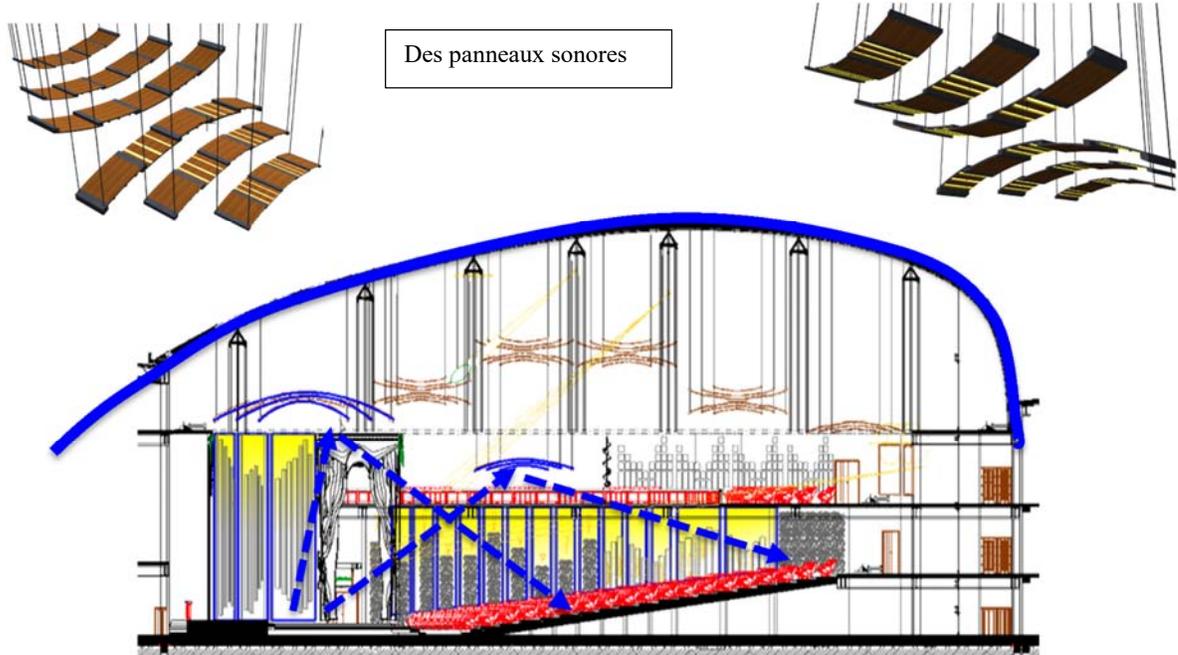


Figure 75 une coupe montre la forme du plafond qui aide à une bonne propagation sonore (source : auteur)

**Eviter** : les surfaces réfléchissantes parallèles et vis-à-vis qui peuvent créer un écho rapide déformant

**Morceleur** : (diviser) en morceaux les revêtements pour les rendre plus efficaces : 10m<sup>2</sup> en un seul absorbant sont moins performant que 10 panneaux de 1m<sup>2</sup>.

**Retenir** : que les spectateurs et leurs sièges constituent un absorbant.

● Maîtriser les transmissions latérales

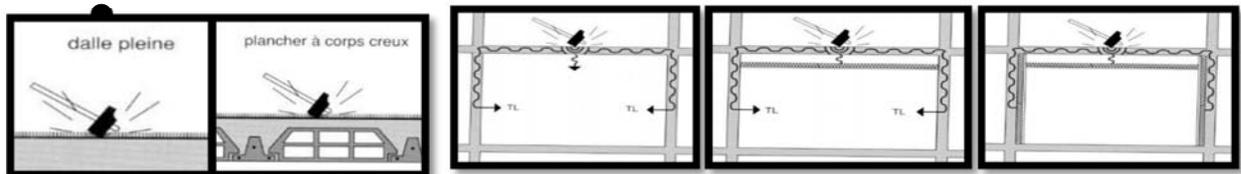


Figure 76 transmission latérale (source : guide acoustique)

- La dalle pleine est plus performante que le plancher à corps creux

**Maîtriser les transmissions latérales**

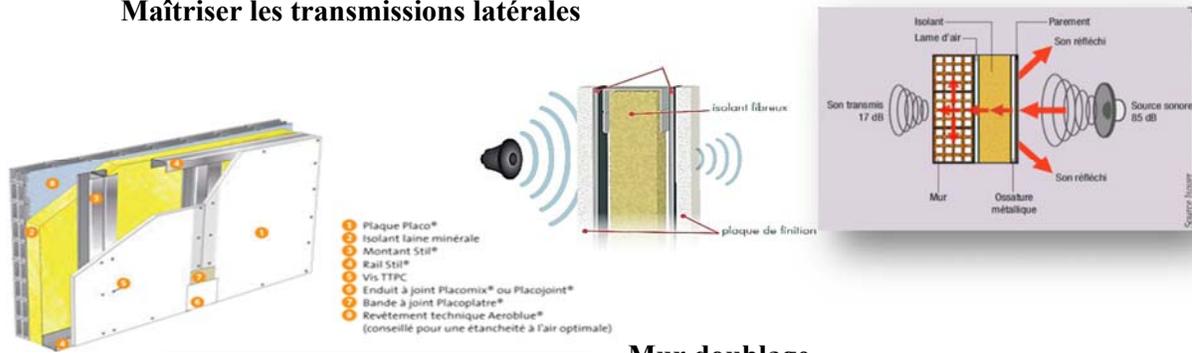


Figure 77 Schéma de mur doublage

**Mur doublage**

- La moquette professionnelle pour insonoriser une pièce

La moquette absorbe exceptionnellement bien le son et elle atténue sensiblement les bruits de pas de 25 à 34 décibels. À titre de comparaison, l'aggloméré laminé réduit les bruits de surface de seulement 1 à 6 décibels.

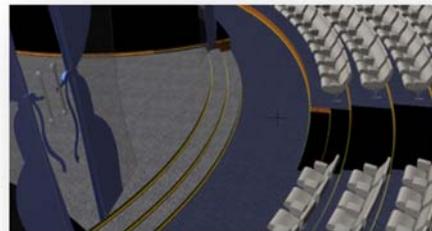


Figure 78 moquette utilisé dans notre salle de spectacle de conservatoire (source : auteur)



Figure 79 Disposition des moquettes source : Google image

- lièges de rouleau et parquet

Ces lièges s'ils sont plus particulièrement destinés à l'isolation phonique

- Isoler les fenêtres ; double vitrage ou triple

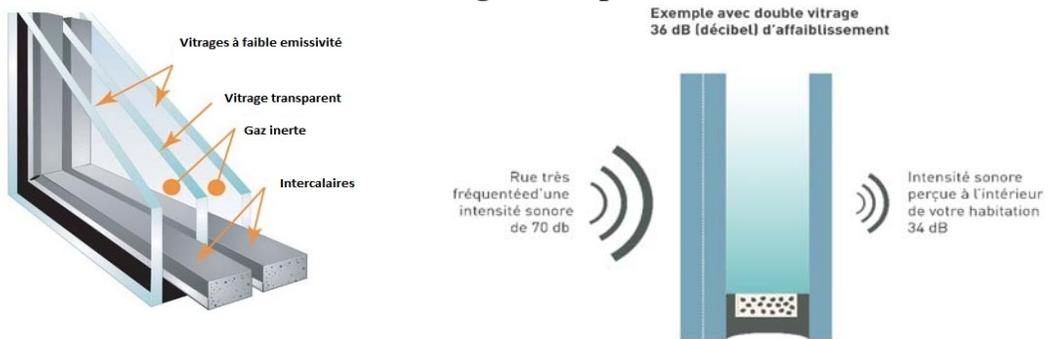


Figure 82 Isolation des fenêtres; double vitrage ou triple source : livre guide acoustique du bâtiment

● Une porte étanche en cuire acoustique

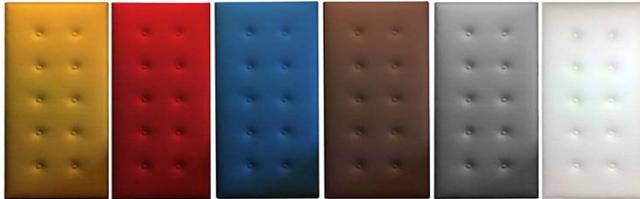


Figure 80 porte étanche (source : correctionphonique/PDF)

**3. Aménagement du paysage sonore**

La création des espaces verts, des jets d’eaux et végétation du bâti pour réduire les nuisances sonores

**Les principes de base d’aménagement sonore :**

➤ Par le sol



Tendre vers une diversité de revêtements de sol.



Segmenter les surfaces au sol.



Modeler le terrain.

➤ Par des petites constructions et des objets



Influencer la qualité acoustique grâce à de petits objets.

Optimiser la qualité acoustique avec des objets massifs.

➤ Par les façades et les murs



Privilégier vers une diversité de matériaux de façades.

Structurer les grandes surfaces murales mettre les façades en perspectives.

➤ Par une planification es espaces



Améliorer la qualité acoustique par l'aménagement des espaces libres.

Faire éprouver la qualité acoustique grâce aux chemins piétons.



Enrichir la qualité acoustique en utilisant l'art dans l'espace

➤ Effet masque écran anti bruit



Mur acoustique-Mur végétal côté SUD et OUEST

Le principe de la boîte dans la boîte repose sur l'idée de créer une pièce à l'intérieur d'une pièce déjà existante. Elle sera entièrement indépendante de la structure



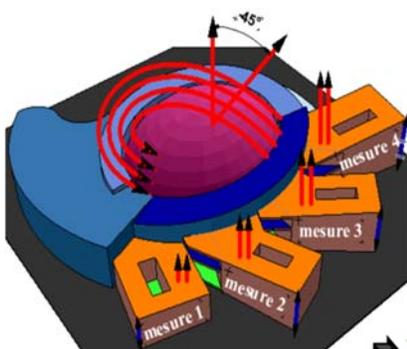


Surface d'eau et vert absorbe le son



Axe musicale - Sortie des musiciens –secteurs d'enseignement vers le forum de regroupement musicale semi privé

Aménager un sas, local, couloir, séparant 2 locaux et éliminant toute paroi commune, est une excellente solution



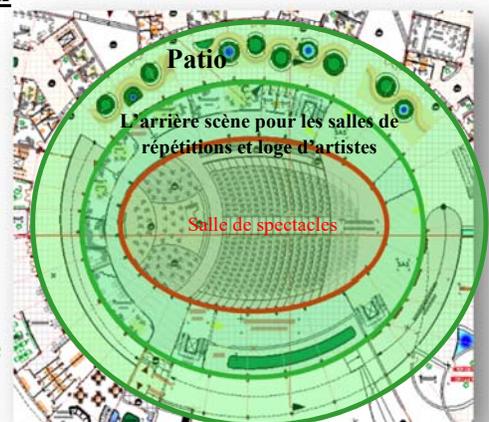
Pleine/note/ ombre  
=

→ La salle de spectacles

Vide/silence/ lumière  
=

→ L'axe musical (exposition et patio de regroupement musical en plein air

→ L'arrière scène pour les salles de répétitions et loge d'artistes





➔ Secteurs d'enseignement – mezzanine

Espace vert/d'eau absorbe le son, limite la propagation de bruit entre les locaux

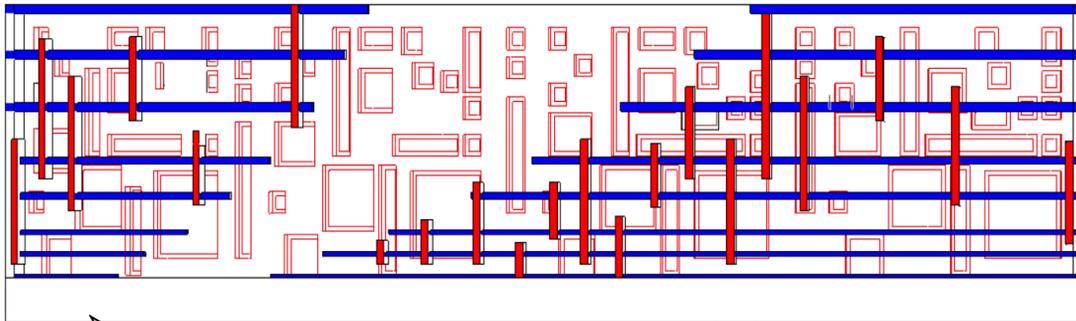
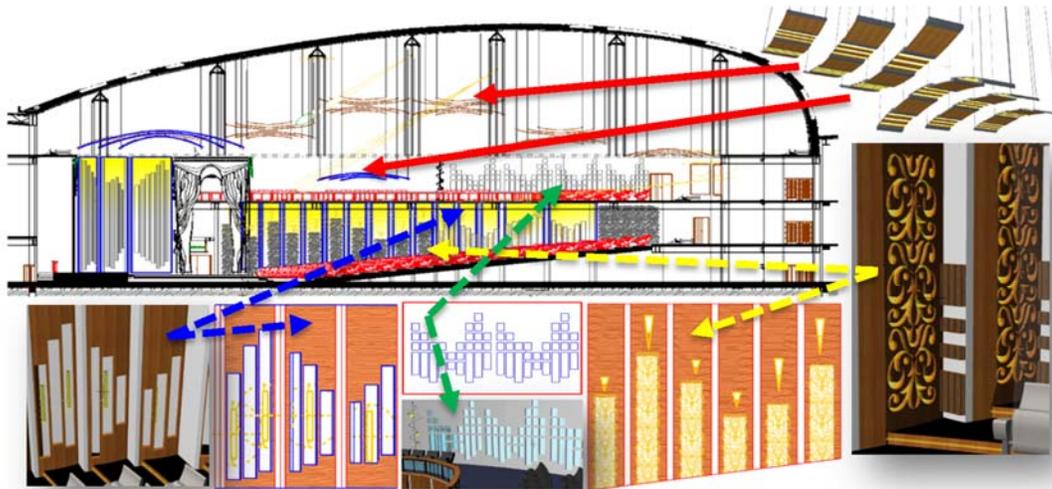
➔ Réception – rampe d'exposition permanente- mezzanine

Jouer avec la différence de niveaux entre les espaces



## 5. L'ambiance lumineuse naturelle et artificielle

- ✚ Plus d'image, plus de lumière, - Réalité virtuelle.
- ✚ L'éclairage mural et plafond pour une ambiance harmonieuse.
- ✚ **La scénographie**, Les visiteurs peuvent interagir dans cette scène, qui est à leur échelle et dans laquelle ils sont déjà totalement immergés :
  - Passer d'un espace à un autre et se trouver dans une ambiance lumineuse différente-éclairage **muséographique** du l'intérieure vers l'extérieure et l'inverse.
  - Par l'intermédiaire des ouvertures de formes harmonieuses forment des surfaces animées.
  - Par des fentes murales reflète l'expression musicales qui renforcent la « **relation Architecture-Le contexte visuel et - la musique le contexte sonore** » et l'interprétation des émotions auditive et les vagues du son en émotions visuels.
    - ❖ **Le rythme.**
    - ❖ Alternance du **plein et du vide/ ombre et lumière /son et silence.**



➤ Percée d'ouvertures percées Le carré comme unité de plusieurs dimensions = changement de rythme d'une façon harmonieuse = jeux de lumière naturelle au sein d'espace selon l'heure «La chapelle vit avec la lumière de jour.»



« L'architecture donne la forme à la masse. Elle lui donne sa forme au sein de l'espace et par conséquent, sans le vouloir, elle donne aussi forme au visible, il faut de la lumière (...) »

**Cette définition met en œuvre trois paramètres - la masse, l'espace, la lumière -**

Figure 81 jeux de lumière naturelle (source : louis kahn /la lumière/PDF)

Jeux de lumière artificielle de signalisation

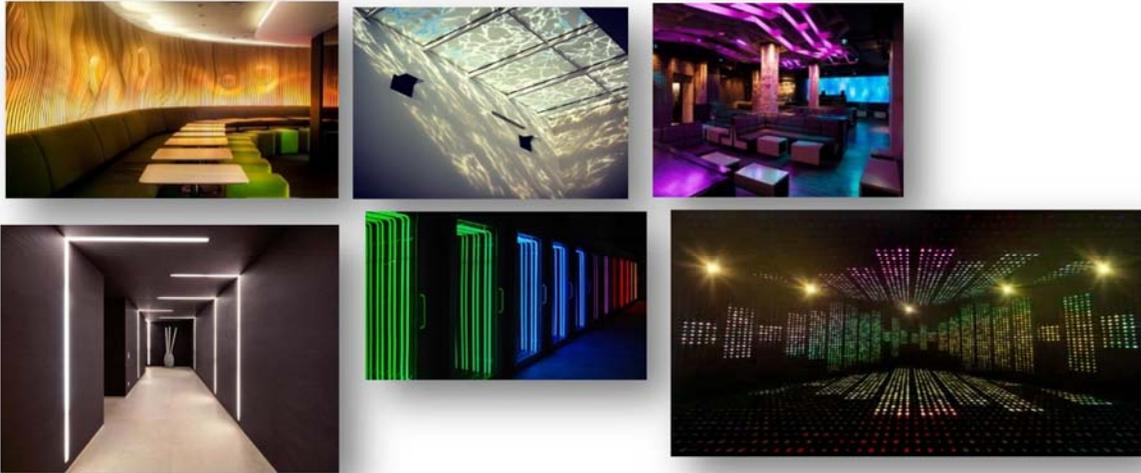


Figure 82 l'ambiance de jeux de lumière artificielle (source : le confort de la lumière/cairn.info)

### Conclusion

Le confort acoustique dans les espaces de spectacle se base sur des principes simples comme celui de masse ou de la double paroi. Pour isoler des bruits aériens, on agit au niveau de l'implantation des constructions, l'agencement des locaux, l'aménagement d'espaces tampons et d'obstacles entre la source de bruit et l'espace sensible. Afin d'éviter la propagation des vibrations et bruits de chocs, on désolidarise les différents éléments de la construction. On utilise des sols flottants, plafonds suspendus, joints de dilatation et plots antivibratoires. Enfin pour éviter le phénomène de réverbération, on adapte la géométrie et la répartition des matériaux absorbants à la fonction de la salle.

Pour satisfaire au mieux l'homogénéité, dans une salle de spectacle, il faut que les spectateurs soient positionnés à des distances les plus égales possibles de la source. Horizontalement, la géométrie qui permet de placer le maximum de personnes à une distance la moins variable possible est l'arc de cercle ou l'ovale. Verticalement, la meilleure solution est la pente montante en s'éloignant, c'est à dire l'amphithéâtre, inventé par les Grecs qui n'avaient pas de sonorisation. Les meilleures géométries sont celles se rapprochant le plus de cet idéal, la salle plane et en forme de rectangle beaucoup plus long que large n'est pas une bonne solution. Pour favoriser les premières réflexions, on place les absorbants nécessaires en fond de salle, et des surfaces réfléchissantes proches des sources sonores, donc de la scène. Ces réflecteurs sont positionnés de manière à orienter la propagation en direction de la zone d'écoute à favoriser. Ainsi rend on les sources en quelque sorte directives, et on s'affranchit un peu de la loi de propagation d'une source omnidirectionnelle, on gagne encore en homogénéité. On peut en profiter pour installer un absorbant épais ou un résonateur derrière. Des surfaces réfléchissantes globalement convexes, à géométrie non plane, appelées déflecteurs ou diffuseurs, placés en hauteur ou même latéralement, judicieusement positionnés, ont le même intérêt, Leur forme, en fonction de leur position, doit permettre de réfléchir de manière bien homogène les sons vers la zone d'écoute, mais de préférence pas vers la scène. On peut utiliser les volumes importants sous la scène et sous les gradins pour réaliser des résonateurs ou bass-trap absorbants les basses fréquences, avec des parois séparatives très rigides.

### Conclusion générale

L'acoustique a occupé au cours de l'histoire de l'architecture une place importante et était une source d'inspiration pour les différentes civilisations et tendances architecturales. Grâce à cet aspect physique, nous sommes capables de percevoir le monde qui nous entoure et particulièrement l'objet architectural. Elle transforme le bâtiment de l'extérieur et influence à son tour à l'espace intérieure ce qui lui donne plusieurs lectures.

Le son est indissociable de l'architecture ; il définit chaque espace dans son rapport avec la propagation du son, il révèle les formes, les volumes et les matériaux, il touche même la notion de développement durable. Le son doit répondre à un sentiment de confort et a des usagers multiples. Il a un impact sur la productivité et le psycho-physiologique de l'occupant ; c'est pour cette raison que les acousticiens devraient étudier et déterminer les conditions favorables du son dans l'espace intérieure.

L'architecture joue un rôle prépondérant pour isoler les conservatoires des nuisances sonores et favoriser une bonne intelligibilité dans les espaces destinés à la parole. L'implantation des bâtiments, leur orientation et leur conception doivent respecter au plan réglementaire, des prescriptions (résultats de recherche et normes) qui devraient être connus des maîtres de l'ouvrage et des architectes et qui concernent les salles de parole, les salles de musique, les salles de spectacle, parcours et les couloirs..

Des solutions de type architectural ou acoustique permettent de doter les espaces de spectacle d'une isolation performante au bruit provenant de l'extérieur ou des espaces adjacents. Compte tenu des effets du bruit sur les performances et comportements, des recherches ont été faites dans plusieurs pays et ont abouti à des recommandations pour améliorer le confort acoustique dans les établissements culturels mais malheureusement, ça n'a pas été le cas en Algérie.

La salle de musique est un élément structurant dans la conception des conservatoires. Elle est le lieu de l'apprentissage où l'enseignant (le locuteur principal) transmet son savoir en s'appuyant très largement sur la communication orale, instrumentale et où les étudiants (à la fois locuteurs et auditeurs) écoutent, participent au cours, jouent de la musique et bavardent entre eux. Ces derniers, ont besoin d'un environnement calme qui favorise la concentration et l'apprentissage. Pour cela, il est nécessaire d'avoir un rapport signal sonore/bruit de fond supérieur ou égal à 15 dB (audition normale). C'est à dire le niveau du bruit de fond dans la salle ne doit pas dépasser 35 dB(A), avec une durée de réverbération maximale entre 0.4 et 0.8 secondes.

Dans les espaces de spectacle où les sources sonores sont le plus souvent en un emplacement défini, à une extrémité, sur la scène si elle existe, et les auditeurs regardent et donc écoutent vers cette direction. Cette orientation si elle est toujours la même est évidemment à prendre en compte. L'écoute musicale nécessite une homogénéité sur tout le spectre audible, la courbe de variation du niveau en fonction de la distance doit être identique à toutes fréquences, sinon les niveaux relatifs des différentes fréquences ne sont pas les mêmes en tous points, les spectres sont déformés : on dit que la salle "colore" les sons.

Pour satisfaire cette condition, il faut que le Temps de Réverbération soit constant avec la fréquence, et qu'il n'existe pas d'ondes stationnaires. Ce qui n'est pas simple à réaliser. Les grandes salles ne sont jamais parfaites, elles ont forcément quelques manques de linéarité, ce qui fait leur "personnalité", mais aussi que toutes les places ne sont pas aussi bonnes.

Dans cette recherche, nous avons essayé de mettre en évidence le confort sonore dans le conservatoire et son effet sur ses utilisateurs, de sorte que si le conservatoire perd son confort acoustique, elle perd sa place pour laquelle elle a été construite.

Le confort acoustique dans nos conservatoires généralement se base sur des principes simples comme masse ou de la double paroi.

Pour isoler des bruits aériens, on agit au niveau de l'implantation des constructions, l'agencement des locaux, l'aménagement d'espaces tampons, la forme coque de projet, les murs végétaux, technique d'absorbant, et d'obstacles entre les sources de bruit et l'espace sensible.

Pour éviter la propagation des vibrations et bruits de chocs, on utilise les différents éléments de la construction. On utilise la forme ovale de la salle de spectacle, des écrans réfléchissants des sols flottants, matériaux d'absorbant, joints de dilatation et plots antivibratoires.

Enfin pour éviter la réverbération, on adapte la géométrie des salles et l'utilisation des matériaux absorbants chaque espace à chaque fonction.

La combinaison du son, la propagation, la trajectoire du son, et les matériaux de construction sont les éléments qui déterminent le confort acoustique et la négligence de l'un ou plusieurs éléments de cet ensemble peut conduire à l'inconfort acoustique.

L'architecture a la capacité de modeler et moduler les qualités de son dans l'espace intérieur. Donc le son va partager son rôle avec les matériaux de construction pour créer des ambiances sonores. Du point de vue de la durabilité. Le son est devenue un élément principal dans la conception architecturale surtout dès la phase d'esquisse, l'architecte doit utiliser de manière intelligente et appropriée afin d'assurer le confort acoustique.

# **Bibliographie**

## **Bibliographie**

### **Livres :**

- Les éléments des projets de construction Ernst Neufert.
- L'acoustique du bâtiment par l'exemple.
- Les rapports entre l'architecture et la musique au travers de la phénoménologie de la perception.
- Isolation sonore et acoustique architecturale.
- Réussir l'acoustique d'un bâtiment.
- La sonorisation et l'acoustique des salles
- Problèmes d'acoustique et des studios.

### **Liens :**

- 1) [http://users.swing.be/b\\_welding/tfe.htm#onde](http://users.swing.be/b_welding/tfe.htm#onde)
- 2) [http://fr.wikipedia.org/wiki/Acoustique\\_musicale#Le\\_traitement\\_du\\_son](http://fr.wikipedia.org/wiki/Acoustique_musicale#Le_traitement_du_son)
- 3) <http://www.e-scio.net/ondes/son.php3>
- 4) <http://www.e-scio.net/ondes/frequence.php3>
- 5) <http://www.e-scio.net/ondes/harmoniques.php3>
- 6) <http://www.e-scio.net/ondes/ondes.php3>
- 7) <http://pagesperso-orange.fr/f5zv/RADIO/RM/RM11/RM11a01.html>
- 8) [http://fr.wikipedia.org/wiki/Son\\_\(physique\)](http://fr.wikipedia.org/wiki/Son_(physique))
- 9) <http://www.commentcamarche.net/contents/audio/son.php3>
- 10) [http://wiki.answers.com/Q/What\\_are\\_the\\_four\\_movements\\_of\\_a\\_symphony](http://wiki.answers.com/Q/What_are_the_four_movements_of_a_symphony)
- 11) <http://translate.google.com/translate?hl=fr&langpair=en%7Cfr&u=http://www.articlesbase.com/music-articles/4-movements-of-a-symphony-exposed-520131.html>
- 12) <http://fr.wikipedia.org/wiki/Sonorisation>
- 13) <http://www.cochlea.org/entendre>
- 14) <http://fondationremybutler.fr/media/M--moire-Jules-Valentin-Boucher-Architecture-et-musique.pdf>

### **Pdf :**

- Acoustique et nuisance sonore.pdf
- Architecture et musique.pdf
- Les sons créateurs de formes géométriques.pdf
- Loic.H. Le moniteur édition.2008
- Portzamparc Poético of architecture

### **Les revues:**

- Son et architecture 162 mars 07 spécial auditoriums
- L'architecture d'aujourd'hui
- Amc n°=127 janvier 2020
- Ams 177 mars 2020
- Technique et architecture n°=489 programme musique concerts halls

### Les articles :

- Dialogue entre Architecture et Musique, Essai (projet) soumis en vue de l'obtention du grade de M.Arch.Maxime Riopel
- The Acoustical Design of the New National Opera House of Greece ,Proceedings of the International Symposium on Room Acoustics, ISRA 2010 29—31 August 2010, Melbourne, Australia
- Evaluation of the Acoustic Performance of Classrooms in Algerian Teaching Schools, World Academy of Science, Engineering and Technology Intemational Journal of Civil Science and Engineering V0127 Noz1 1, 2013
- Acoustic Configurations Technology in Future Architecture 2016 Naqshejahan ([www.http://bsnt.modares.ac](http://bsnt.modares.ac)).
- Test des réflecteurs acoustiques de la salle de concerts Sydney Opera House.Site officiel du Sydney Opera House sur www (<http://www.Sydney Opera House/Acoustics Sydney Opera House.htm>) 11 Mar 2017 , Australia.

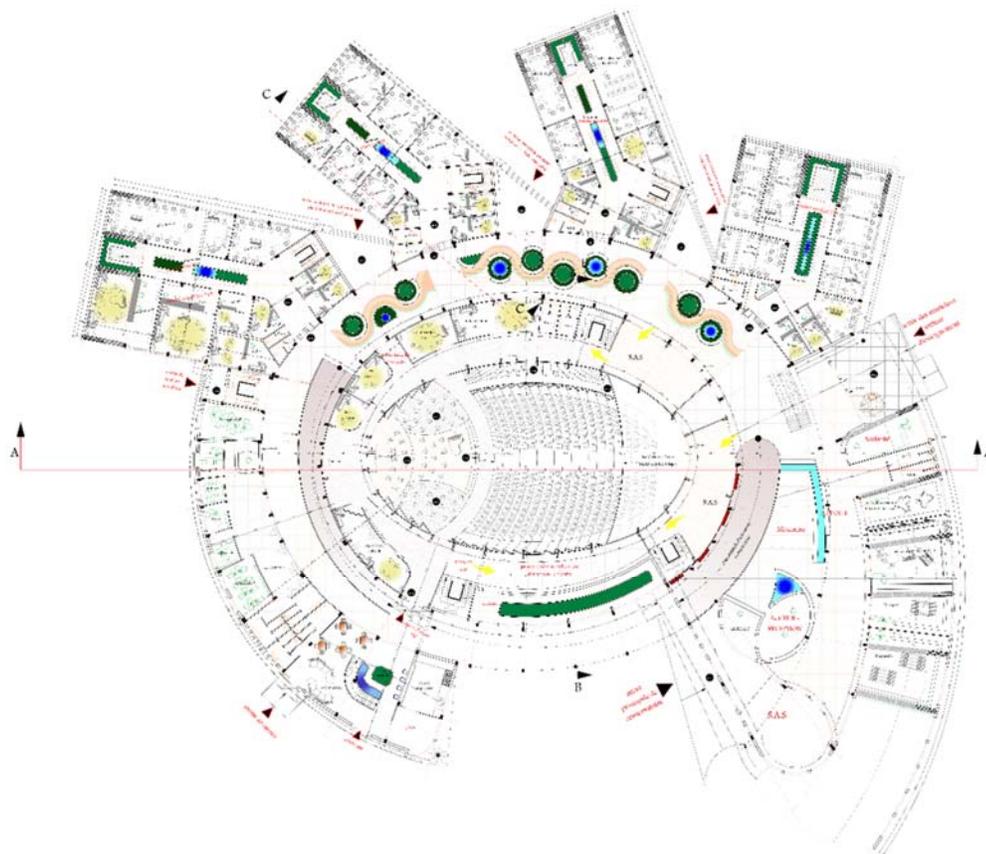
# **LES ANNEXES**



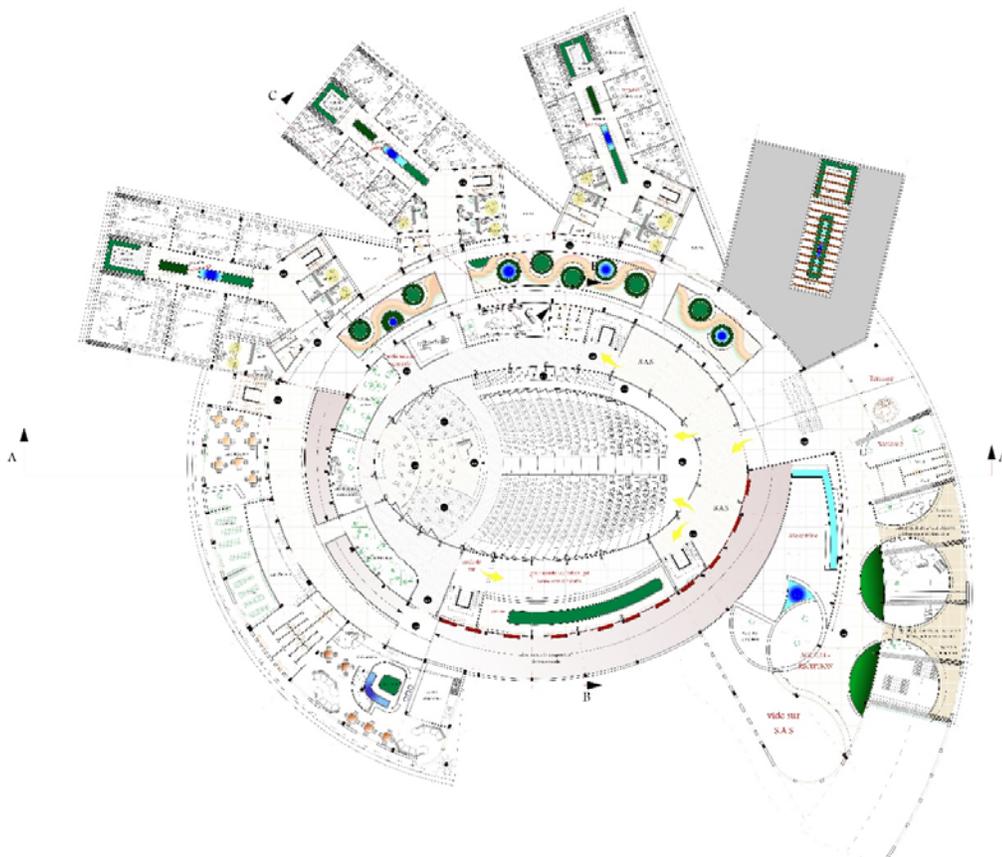
**Plan de masse**



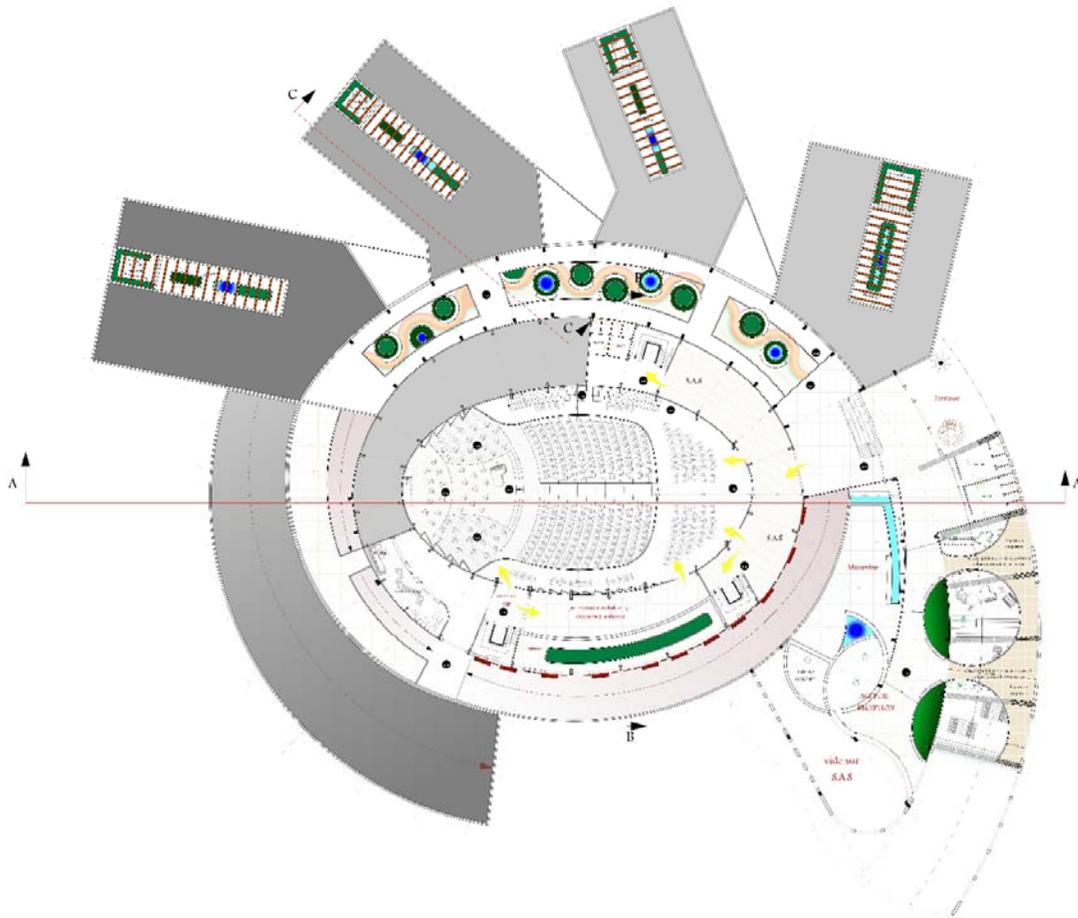
Plan d'assemblage



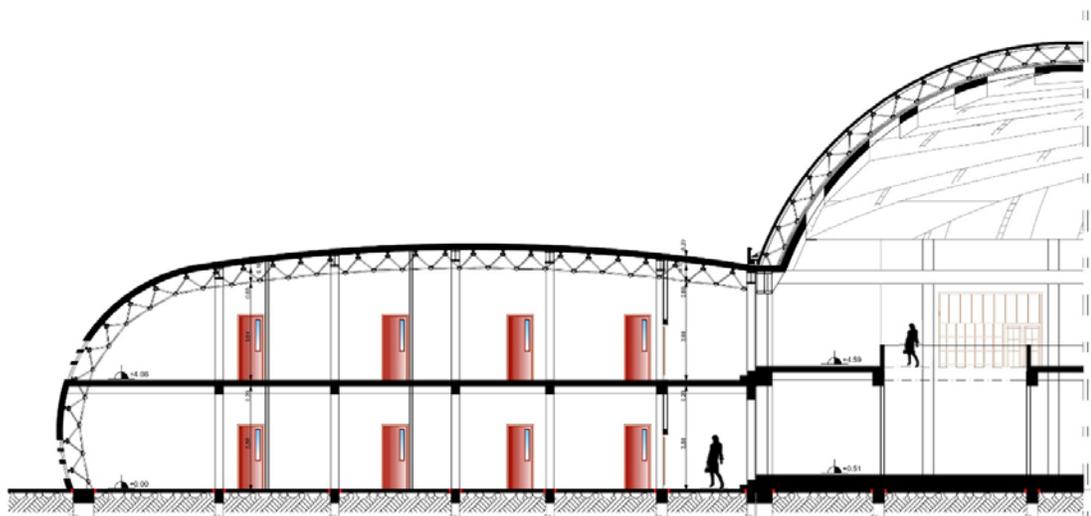
**Plan de rez de chaussée**



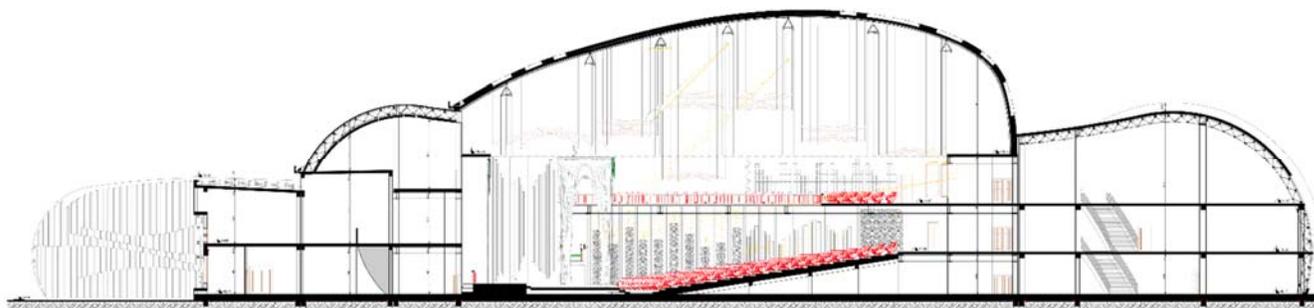
**Plan de 1<sup>er</sup> Etage**



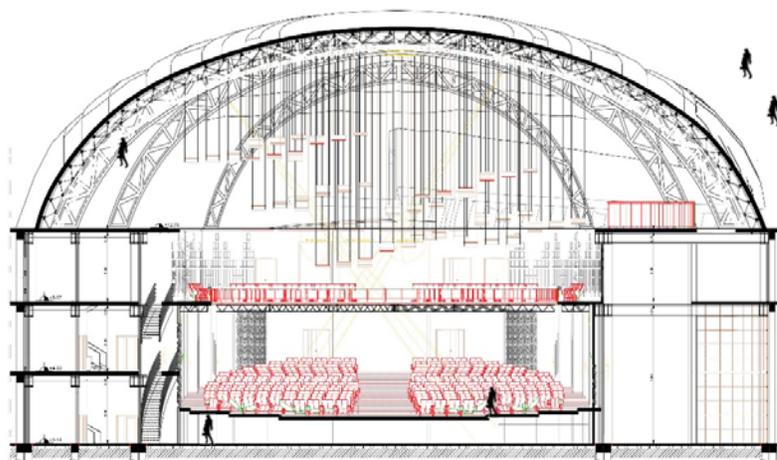
Plan de 2<sup>eme</sup> Etage



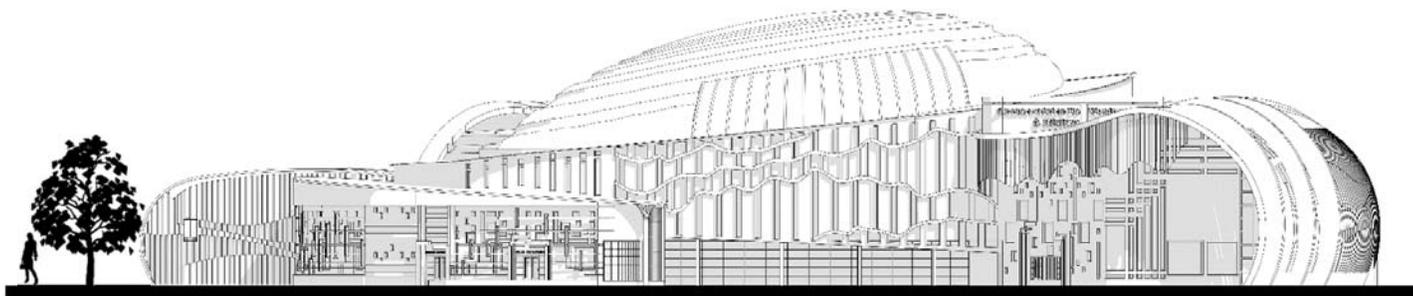
Coupe C-C Secteur d'enseignement



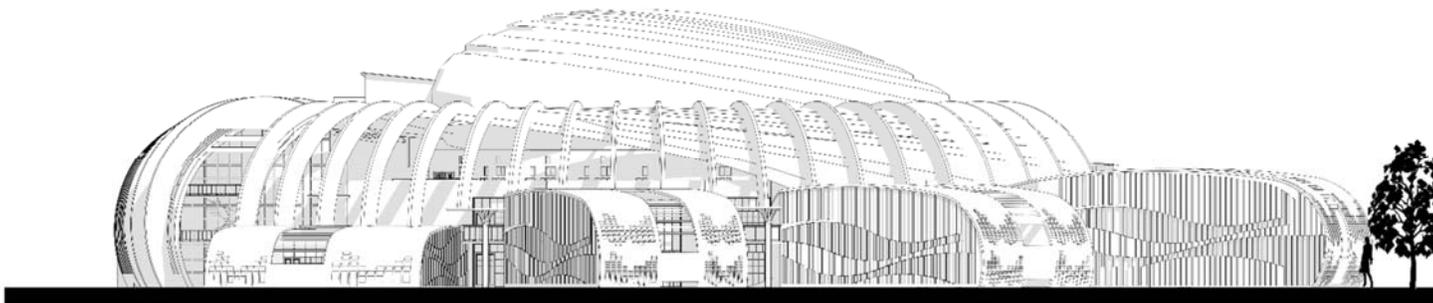
**Coupe A-A longitudinale**



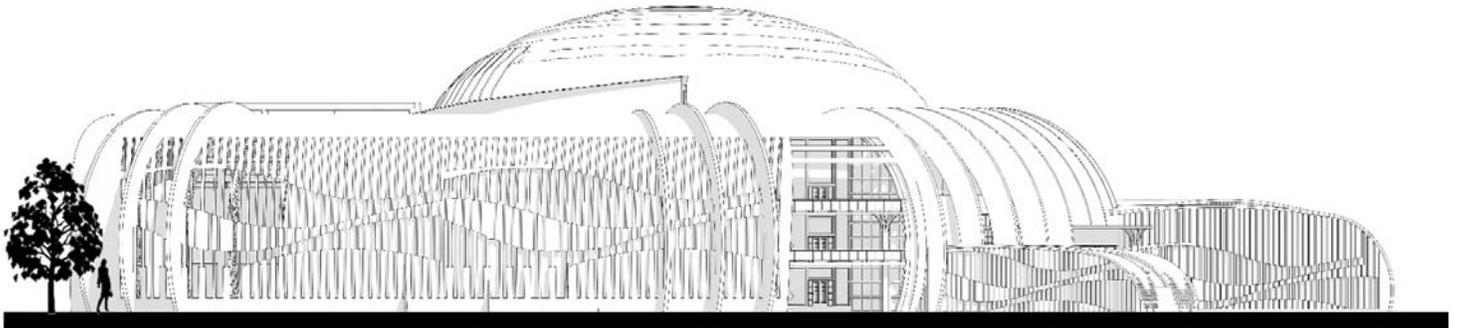
**Coupe B-B Salle de conférence**



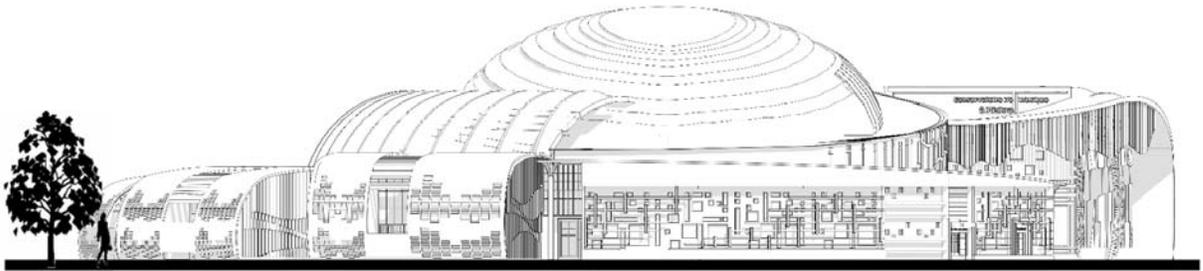
**Façade principale EST**



**Façade postérieure OUEST**



**Façade latérale NORD**



**Façade latérale SUD**



**Elévation principale EST**



**Elévation postérieure ouest**



**Elévation latérale NORD**

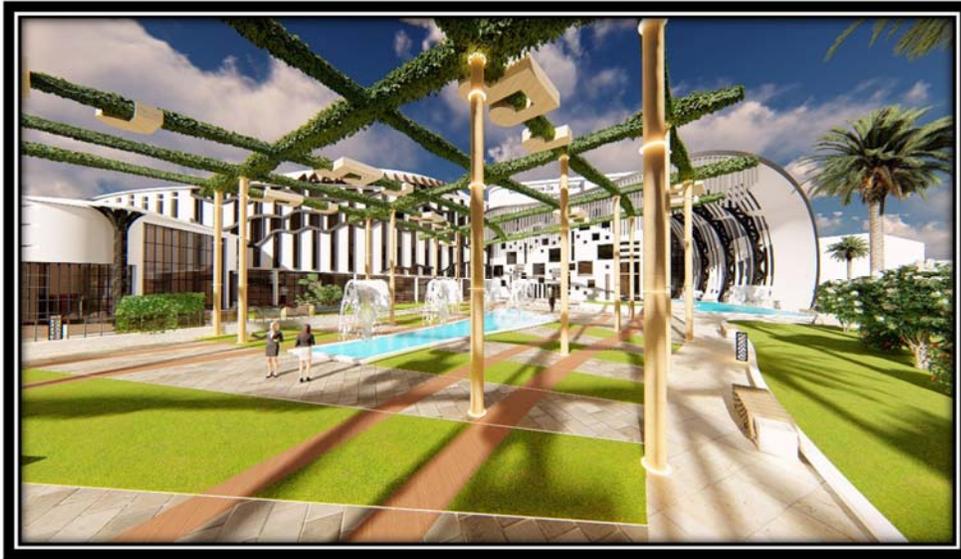


**Elévation latérale SUD-EST**



**Elévation latérale SUD**





**Entrée principale**



**Entrée de service – travailleurs**



**Entrée des musiciens -scolarité–secteurs d’enseignement**

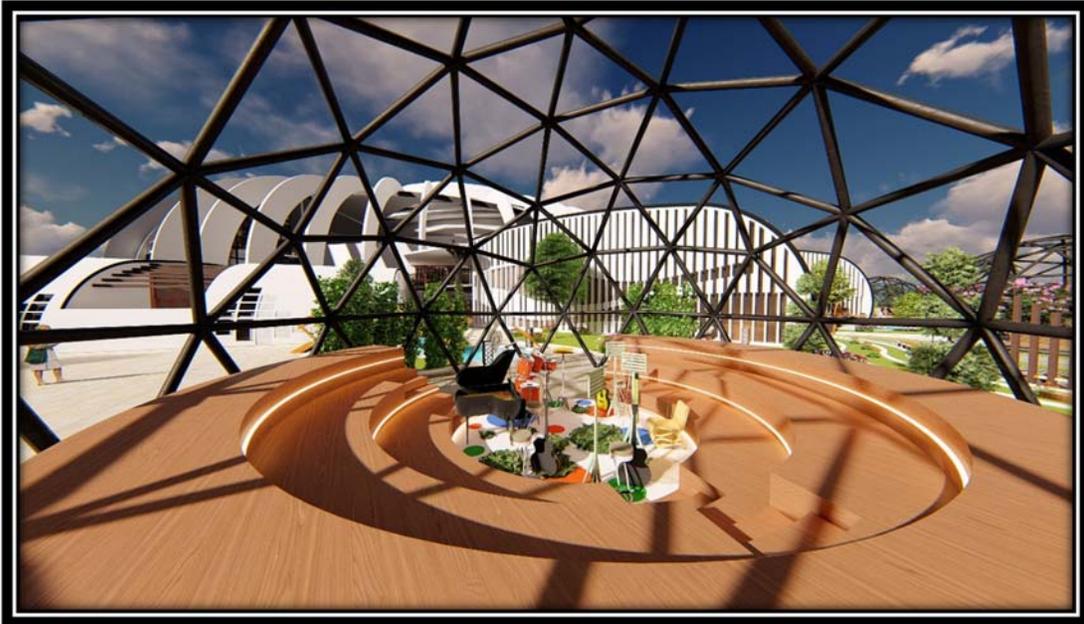


**Sortie des musiciens –secteurs d’enseignement vers le forum de regroupement musicale semi privé**



**Entrée café –musique – Entrée de service café -musique**

**Le forum de regroupement musicale semi privé**







**Mur acoustique-Mur végétal côté SUD et OUEST**

**Perspectives EXT**









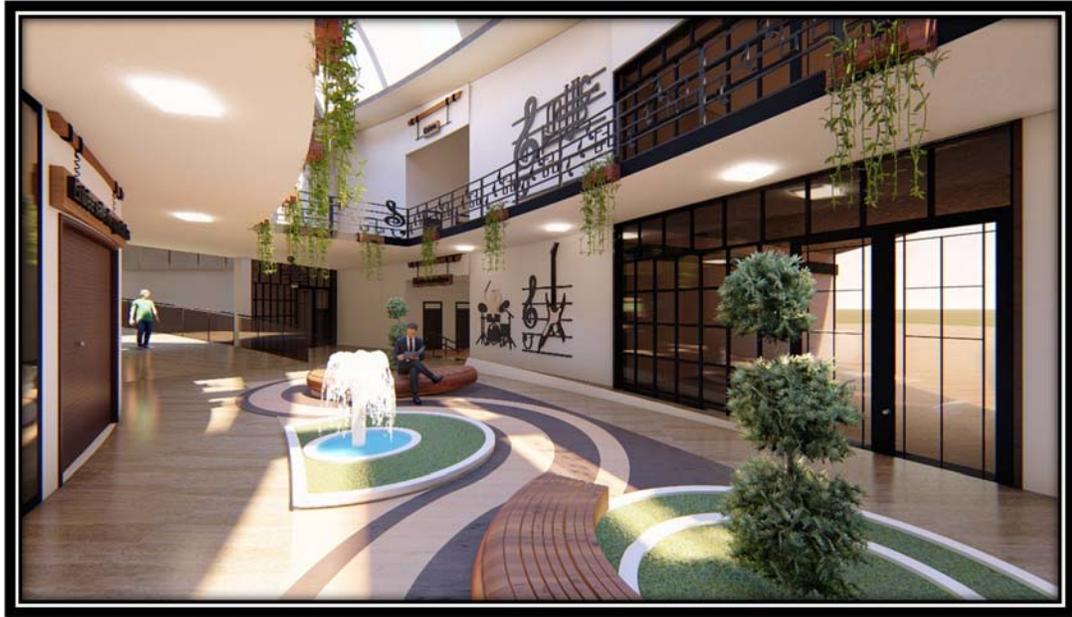
**Réception – rampe d'exposition permanente-mezzanine**



**Escalier – scolarité**

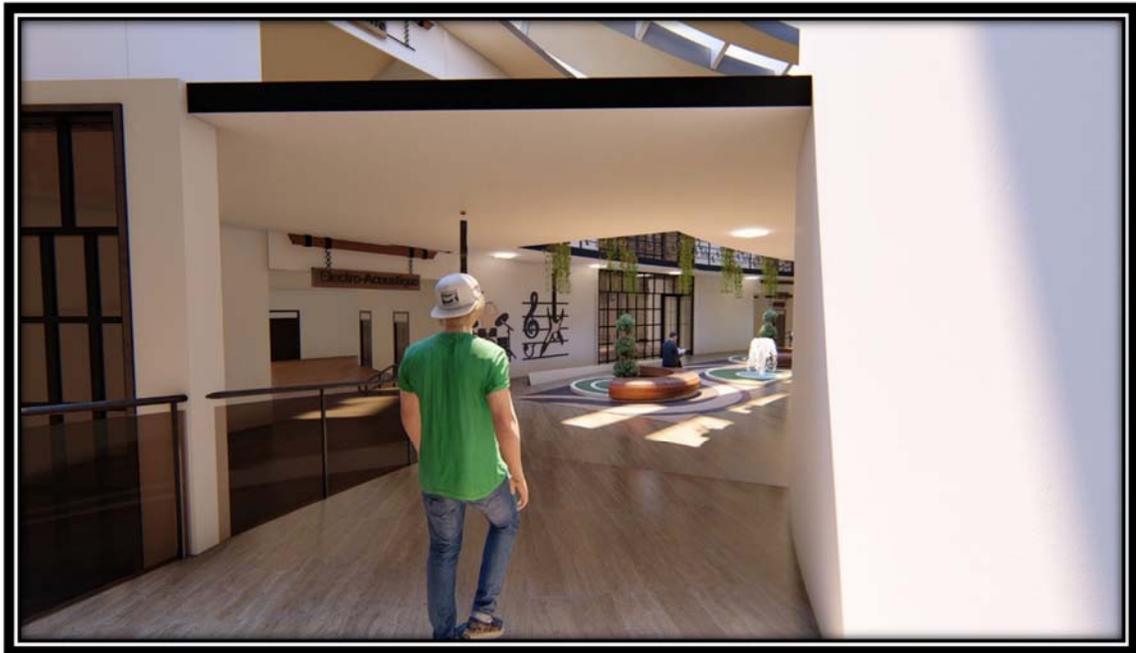


**Axe musicale –secteurs d’enseignements**



**Axe musicale - Sortie des musiciens –secteurs d’enseignement vers le forum de regroupement musicale semi privé**





**Rampe qui mène vers le niveau +4.69 – palier en commun rampe d'exposition**

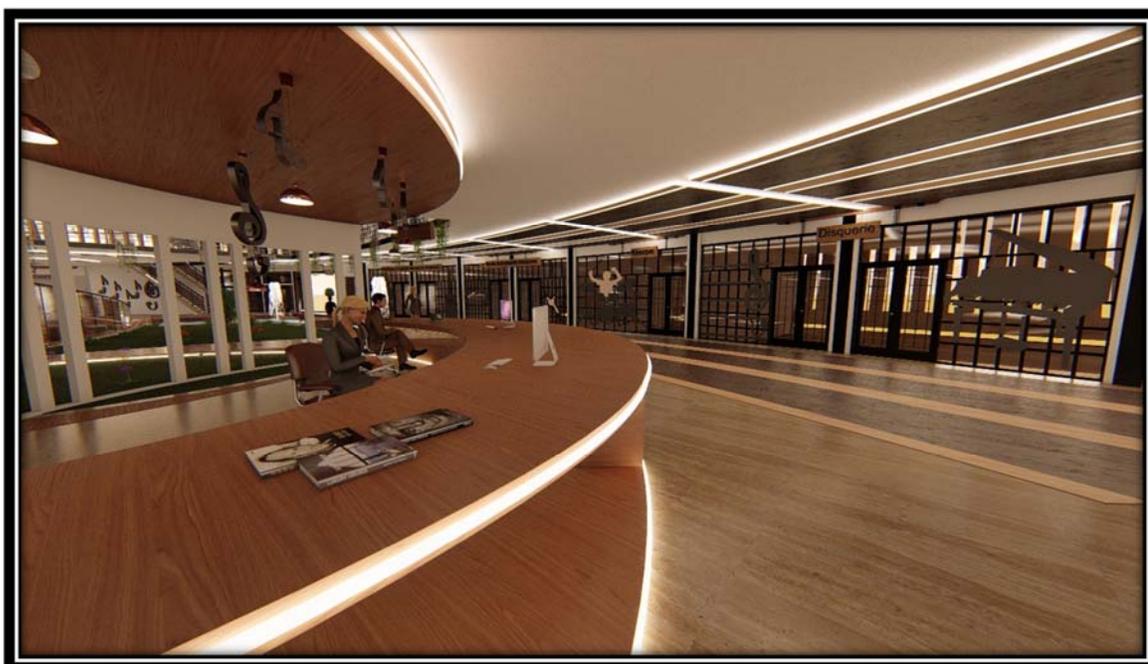
**Café de musique niveau 4.69**

**Scène de musique**





**Les boutiques(-disquerie-vente instruments musicaux-kiosque-souvenirs miniature musicaux.....)**



Salle de concert

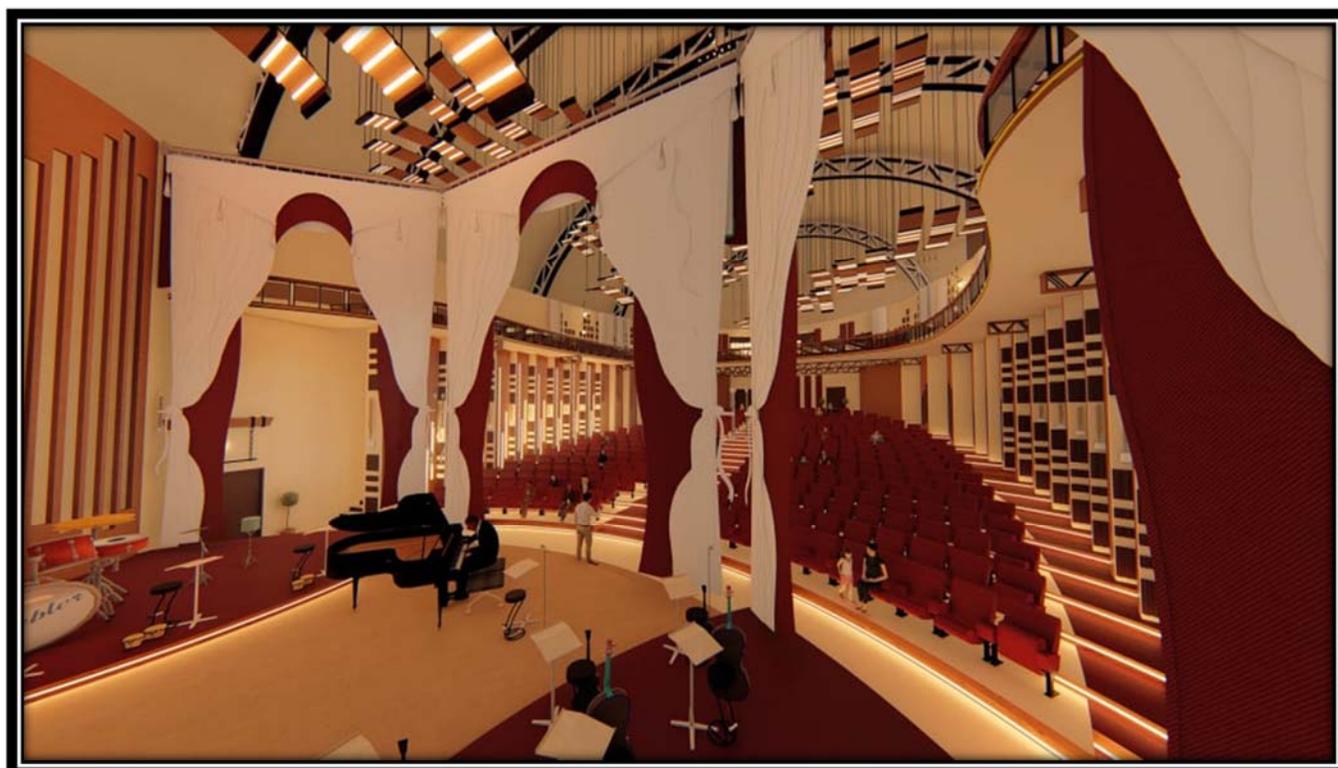
Panneau de correction acoustique latérale harmonieuse courbé- panneaux sonores plafond

Escalier d'arrière à gauche qui mène vers le balcon niveau +8.67



Escalier d'arrière à gauche qui mène vers le balcon niveau +8.67

Sortie de la salle de spectacle vers les salles de répétitions-et les loges d'artiste-et vers l'axe musicale



## ❖ Chapitre théorique

### ➤ Annexe 1 :

#### - Les catégories du son :



Figure n°1 : Échelle des fréquences. Source : Ministère de la communauté française, Périodique trimestriel N°17, février 2005, page 29.

#### - Les types de son

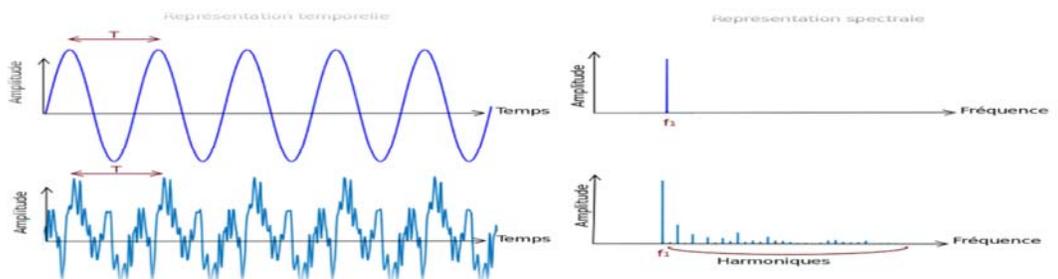


Figure n°2 : Types de sons ; Oscillogrammes et spectres d'un son pur sinusoïdal (haut) et d'un son complexe issu d'une clarinette (bas). (Source: Mazzuoli.Shriver Louise., 2007).

- **Le son et le bruit** : Le son (caractérisé par une courbe périodique), soit le bruit (matérialisé par une courbe non périodique), <sup>1</sup>

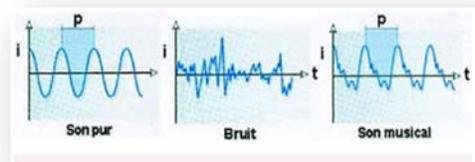


Figure n°3 : Caractérisation d'un son et d'un bruit. Source : <http://slideplayer.fr/slide/521107/>

### ➤ Annexe 2 :

#### - Décibel :

Les bruits sont donc caractérisés par leur niveau sonore et leur fréquence.

Le rapport entre la pression minimale détectable (seuil d'audibilité  $2 \cdot 10^{-5}$  Pa) et la pression maximale supportable (seuil de la douleur 20 Pa) est d'un million. Il est donc difficile de définir par des nombres simples l'ensemble des phénomènes compris entre ces deux seuils. Il a donc été créé, à cet effet, une unité de niveau sonore. Les niveaux sonores sont alors compris entre 0 dB et 120 dB (au lieu de  $2 \cdot 10^{-5}$  Pa à 20 Pa)

### ➤ Annexe 3 :

#### - Effet de masque et intelligibilité

Le bruit nuit à la qualité des communications orales car il est susceptible de provoquer un *effet de masque*, phénomène qui se produit lorsque deux sons d'intensité différente sont émis. A ce moment, le bruit le plus fort peut masquer partiellement ou totalement le second. L'effet de masque est d'autant

## Annexes

plus grand que les fréquences sont voisines et les sons graves masquent mieux les sons aigus que l'inverse. Or, les bruits extérieurs de trafic, correspondant à des sonorités graves, masquent largement la voix humaine et peuvent causer ainsi une gêne importante.

Pour une bonne intelligibilité, il faut que le bruit de fond à l'intérieur d'un local (lié à une mauvaise qualité acoustique ou à des sources extérieures diverses telles que les bruits de trafic) soit au moins inférieur de 10 dB(A) à celui du discours (sachant que la conversation normale est de l'ordre de 55 à 60 dB (A)).

### ➤ **Annexe 4 :** **- Champ auditif**

Le champ auditif de l'oreille humaine est représenté par le graphe de Wegel (fig.I-16). Il est limité par deux courbes: La courbe inférieure correspond au seuil d'audibilité<sup>31</sup> et la courbe supérieure au seuil de douleur<sup>32</sup>. La sensibilité de l'oreille humaine n'est pas la même à toutes les fréquences. On perçoit mieux les sons aigus que les sons graves.

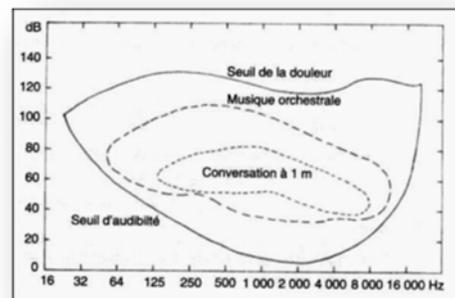


Figure n°10. Champ auditif (graphique de Wegel)  
(Source : Schriver-Mazzuoli Louise, 2007) Courbes d'isophonie

La sonie est l'intensité sonore perçue par l'oreille. A ne pas confondre avec l'intensité physique du son mesurée en décibels<sup>34</sup>, la sonie est un paramètre psycho acoustique qui varie avec le niveau sonore, la fréquence, la nature et la durée des sons.

### ➤ **Annexe 5 :** **- Système et processus auditifs**

#### **- Oreille externe :**

L'oreille externe comprend :

Le **pavillon**: est constitué de fibrocartilages, capte les vibrations acoustiques et les dirige vers le conduit auditif ;

Le **conduit auditif externe** joue le rôle d'amplificateur. Par un phénomène de résonance, les fréquences comprises entre 2000 et 5000 Hz se trouvent légèrement renforcées. De plus, l'orientation du conduit par rapport aux vibrations sonores permet de préciser l'emplacement des sources dans l'espace grâce à la différence d'énergie arrivant aux deux oreilles d'une part, au décalage temporel que met le son pour leur parvenir d'autre part. Cela explique pourquoi il est plus difficile de localiser des sons de fréquence basse que des sons de fréquences élevées, l'écart de temps étant moins significatif.

Le **tympan**, est une mince membrane fibreuse (1/10 de mm), de forme circulaire d'un diamètre d'une dizaine de millimètres. Le tympan capte les variations de la pression sonore. Les vibrations du tympan sont synchrones à celles du son et elles ont la même amplitude pour tous les sons d'égale intensité.

## Annexes

- **Oreille moyenne** : elle est composée de cavités creusées dans le rocher du temporal, se sont : la trompe d'Eustache, la caisse du tympan et les cavités mastoïdiennes.

La **trompe d'Eustache**, est un conduit long de 4cm, qui fait communiquer la caisse du tympan avec le pharynx permettant ainsi l'équilibrage des pressions de part et d'autre de tympan.

La **caisse du tympan** qui fait la liaison entre le tympan et la fenêtre ovale, laquelle s'ouvre sur l'oreille interne ; la fenêtre ovale ayant une superficie 20 fois inférieure à celle du tympan (respectivement 3 mm<sup>2</sup> et 60 mm<sup>2</sup>), il se produit une importante amplification de vibrations acoustiques.

La caisse du tympan comprend la **chaîne des osselets** (marteau, enclume et étrier) qui transmet les vibrations acoustiques du tympan à la fenêtre ovale. Elle est maintenue par des ligaments suspenseurs et par des muscles qui se contractent sous l'influence de bruits importants. En effet, lorsque le bruit est supérieur à 85 dB et dure plus de 1s, les muscles des osselets se contractent et diminuent les vibrations, c'est le réflexe stapédien. Le réflexe stapédien est *un* réflexe naturel de l'ouïe, il permet de protéger partiellement l'oreille de l'impact des bruits intenses par la contraction des muscles sustentateurs de la chaîne des osselets, ainsi l'étrier se trouve séparé de son point de contact avec l'oreille interne.

- **Oreille interne** : appelée également *labyrinthe*, du fait de sa complexité structurale. Elle comprend

L'**organe vestibulaire**, qui préside au sens de l'équilibre ;

La **cochlée**, ou « limaçon », est l'organe proprement dit de l'audition. Formée d'un sac membraneux de très petite taille flottant dans l'oreille interne, elle englobe un grand nombre de cellules en forme de cils d'où partent les fibres nerveuses qui se réunissent pour constituer le nerf cochléaire ou nerf auditif. Ce dernier transmet les informations au cerveau qui interprète le message sonore.

- **Annexe 8 :**
- **Implantation des bâtiments**

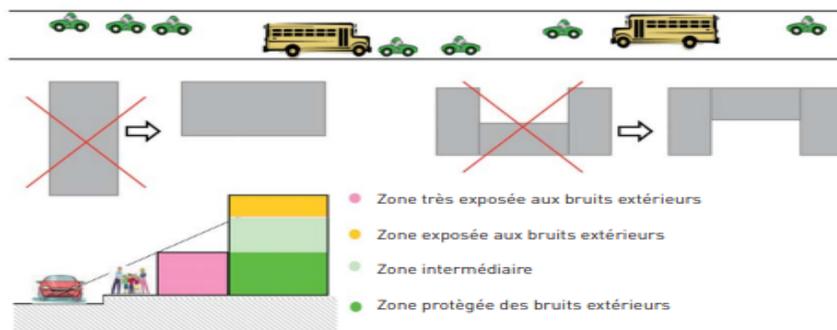
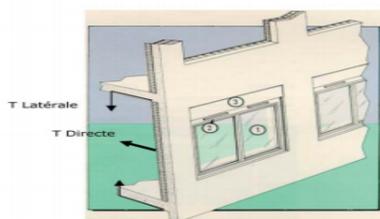


Figure n°12 : Implantation des bâtiments par rapport aux espaces extérieurs

➤ **Annexe 9 :**  
 - **Qualité de l'enveloppe du bâtiment**



**SOLUTION DE BASE : ISOLEMENT DE FAÇADE DE 30DB**  
**1.** Fenêtre ou porte fenêtre ESA4 avec  $R_w + C_w \geq 30$  dB avec ou sans coffret roulant  
**2.** Entrées d'air :  
 • Locaux types salle de classe, salle de repos, restauration : entrées d'air insérées impérativement en maçonnerie et non dans les fenêtres  $D_{n,w} + C_w \geq 47$  dB.  
 • Autres locaux de type bureaux ESA4  $D_{n,w} + C_w \geq 36$  dB si au plus une entrée d'air par 10m<sup>2</sup> au sol ; ESA5  $D_{n,w} + C_w \geq 39$  dB pour plus d'une entrée d'air par 10 m<sup>2</sup> au sol.  
**3.** Coffre de volet roulant traversant ESA4  $D_{n,w} + C_w \geq 42$  dB si non inclus dans le bloc fenêtre.  
 Limites :  
 Local : rapport surface fenêtre / surface au sol < 0,2  
 Mur de façade : masse surfacique  $\geq 180$ kg/m<sup>2</sup> ou  $R_w + C_w$  équivalent  $\geq 40$  dB recouvert d'un doublage thermo-acoustique ESA4 de type complexe à base de plaques de plâtre et PSEE (polystyrène expansé élastifié) ou laine minérale.

**SOLUTION OPTIMISÉE : VIS À VIS DE VOIES BRUYANTES AVEC VENTILATION PAR DOUBLE FLUX**

**Isolément de façade de 35 dB**  
**1.** Fenêtre ou porte fenêtre ESA5 avec  $R_w + C_w \geq 33$  dB avec ou sans coffre de volet roulant  
**Isolément de façade de 38 dB**  
**1.** Fenêtre ou porte fenêtre ESA6 avec  $R_w + C_w \geq 36$  dB avec ou sans coffre de volet roulant

Figure n°13 : Transmission du bruit par les

➤ **Annexe 10 :**  
 - **Types de matériau absorbant**

Types de matériaux absorbants	Coefficient d'absorption en fonction de la fréquence					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Murs en béton peint	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
Paroi vitrée (verre > 4mm)	0.10	0.07	0.04	0.03	0.02	0.02
Porte en bois	0.30	0.20	0.020	0.10	0.07	0.04
Sol en plastique	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02

Types de matériaux absorbants	Coefficient d'absorption en fonction de la fréquence					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Flocage de 20 mm de fibres minérales	0.14	0.30	0.55	0.67	0.68	0.62
<b>Parois verticale sans espace</b>						
Textile non feu avec sous couche en mousse de polyuréthane de 20 mm	0.02	0.05	0.08	0.13	0.25	0.41
<b>Parois verticales avec espace</b>						
Produit cellulaire devant une laine minérale de 100 mm dans le plenum de même dimension	0.77	0.83	0.80	0.82	0.82	0.57
Brique à parement perforé 1 500 trous de 9 mm/m <sup>2</sup> avec laine de roche	0.30	0.80	0.85	0.70	0.40	0.40
Bloc de béton creux avec 3 fentes et laine minérale	0.76	0.96	0.65	0.77	0.49	0.45

Tableau : Coefficient d'absorption alpha de matériaux en fonction de la fréquence (source : Loic.Hamayon,2008)

- **Annexe 11:**
- **Facteurs de l'isolement aux bruits aériens**
- **Transmissions du bruit entre deux locaux**

Quand un bruit est émis dans local, appelé « local d'émission », l'énergie acoustique est transmise dans le local voisin appelé « local de réception » par :

- Les parois séparatives il s'agit de la transmission directe (TD)
- Les parois séparatives ne doivent jamais s'arrêter au nu d'un plafond léger

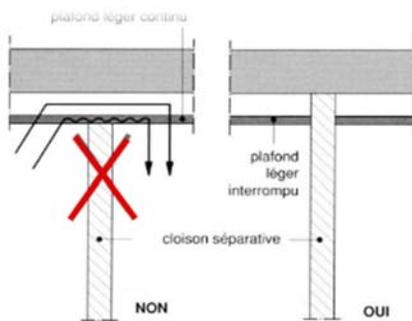


Figure : Parois séparatives dans un établissement d'enseignement (Source : Ricardo A, Suzel B, Nicolas R.CRESSON Ecole Nationale Supérieure d'architecture de Grenoble)

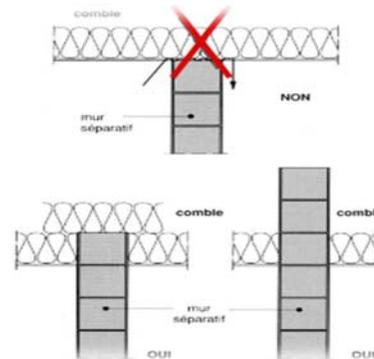


Figure : Parois séparatives sous un comble non accessible (Source : Ricardo A, Suzel B, Nicolas R.CRESSON Ecole Nationale Supérieure d'architecture de Grenoble)

### Les façades rideau engendrent d'importantes transmissions latérales

Doubler ces façades par une allège et un linteau limite les transmissions latérales !

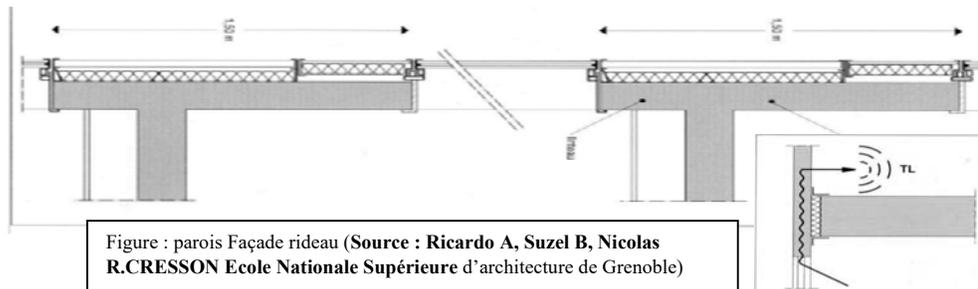


Figure : parois Façade rideau (Source : Ricardo A, Suzel B, Nicolas R.CRESSON Ecole Nationale Supérieure d'architecture de Grenoble)

- **Jonctions parois séparative / façade**

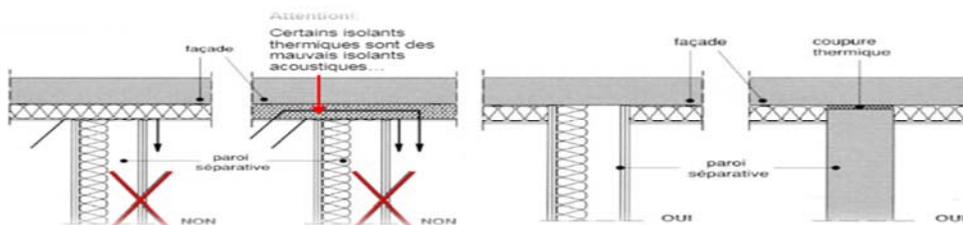


Figure n°1 : Source : Ricardo A, Suzel B, Nicolas R.CRESSON Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble

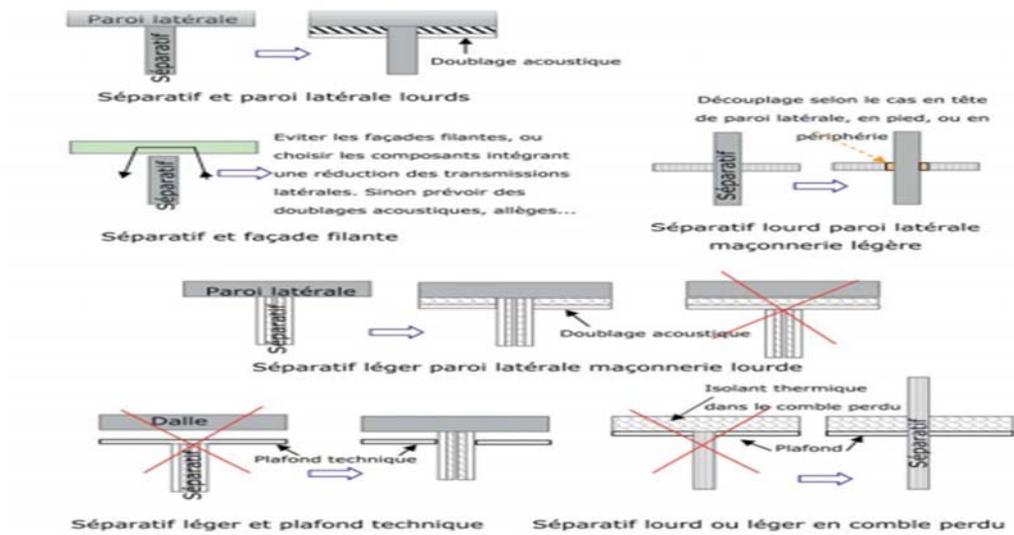


Figure 11 : Schéma de cas types de transmission latérale.

### Transmissions parasites

- Erreurs de conception ou d'exécution

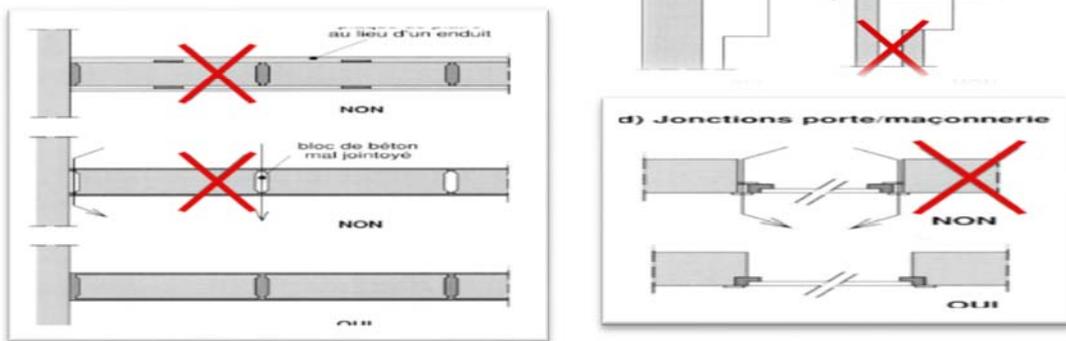


Figure n° 12 : Source : Ricardo A, Suzel B, Nicolas R. CRESSON Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble

- Annexe 12 :
- Maîtriser les transmissions latérales

### Protection contre les bruits de choc

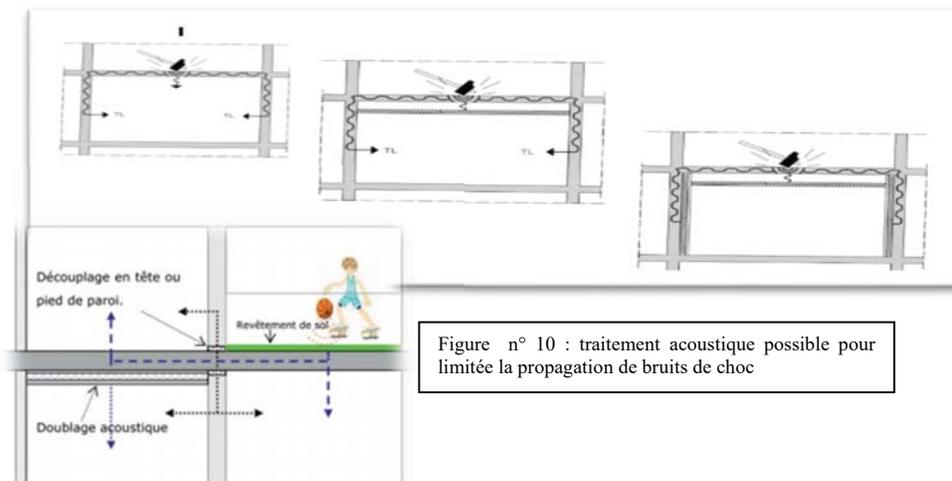


Figure n° 10 : traitement acoustique possible pour limitée la propagation de bruits de choc

➤ **Annexe 13 :**  
**- Dalle flottante / façade**

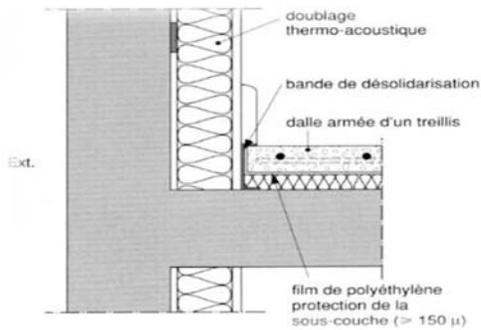


Figure n°14 : Source : Ricardo A, Suzel B, Nicolas R.CRESSON Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble

**- Dalle flottante : carrelage**

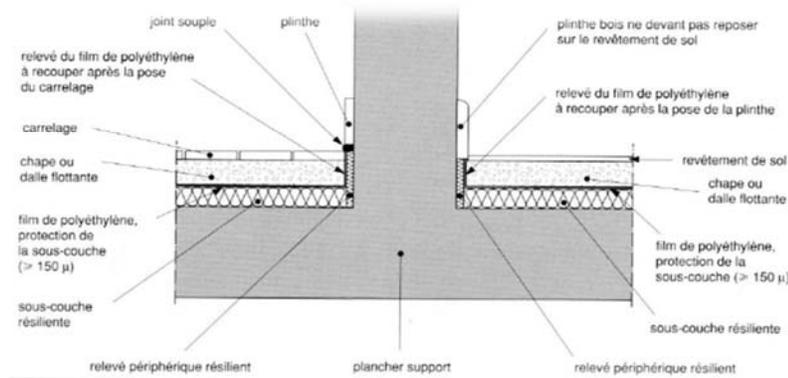


Figure n°15 : Source : Ricardo A, Suzel B, Nicolas R.CRESSON Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble

**- Exécution des dalles flottantes : pièges**

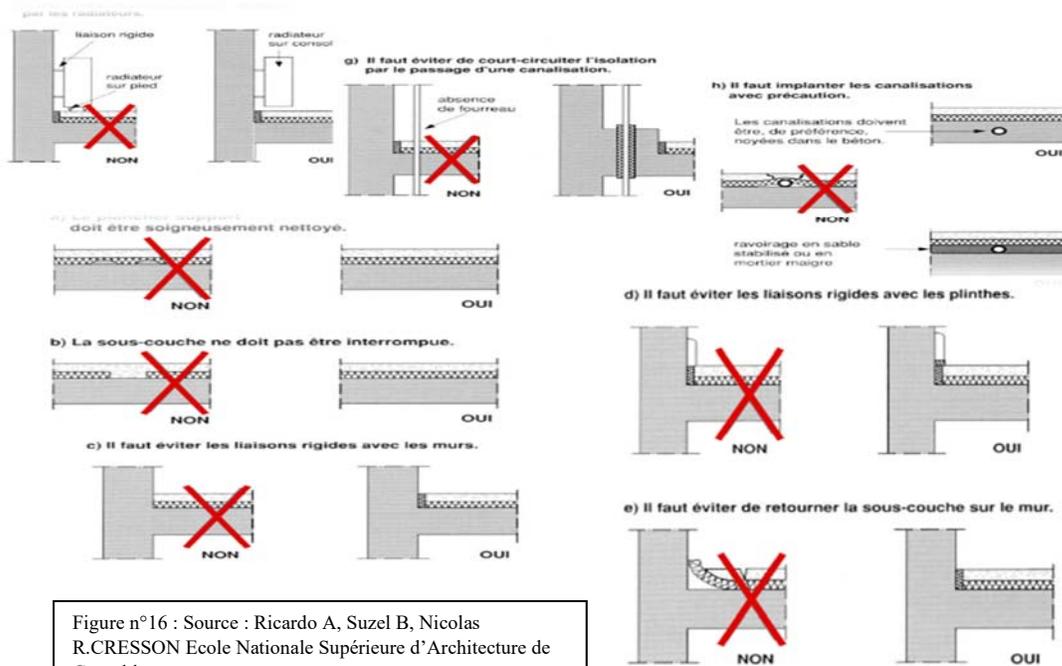


Figure n°16 : Source : Ricardo A, Suzel B, Nicolas R.CRESSON Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble

➤ **Annexe 14 :**

**Exemples de traitement acoustique des salles**

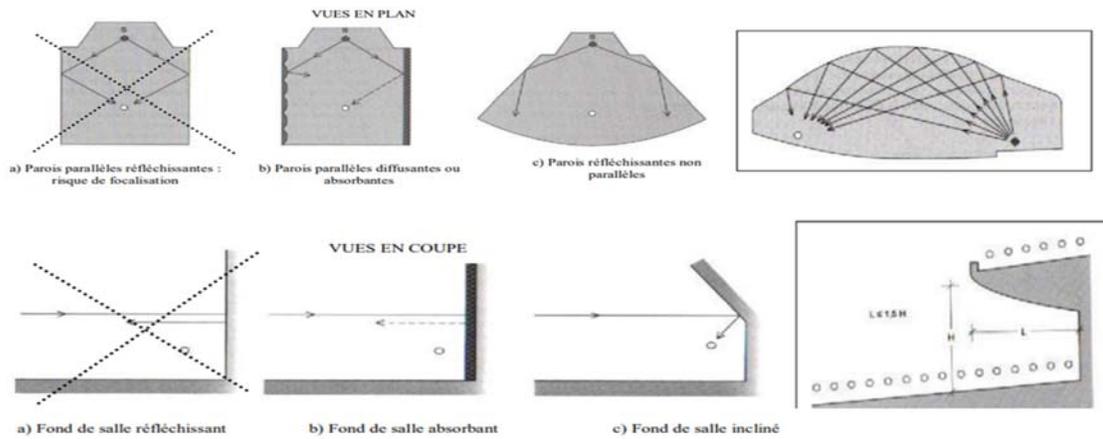


Figure n°17 : Source : Ricardo A, Suzel B, Nicolas R. CRESSON Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble

➤ **Annexe 15 :**

- **Principe de correction acoustique : Les surfaces réfléchissantes et absorbantes**



Figure n°18 : Réfléchissants



Figure n°19 : Absorbants (Source : Hamavon. 2008)

## ➤ Annexe 16 :

## Les normes des surfaces nécessaires des espaces dans une salle accueillant 350 personnes

Hall d'entrée	env.100 m <sup>2</sup>	Direction artistique et administration	305 m <sup>2</sup>
Billetterie, Librairie, Vestiaires, sanitaires publics	140 m <sup>2</sup>	Direction technique	155 m <sup>2</sup>
Foyers publics	400 - 600 m <sup>2</sup>	Vestiaires techniciens et personnel de salle	70 m <sup>2</sup>
Bar, restaurant, cuisines	env. 300 m <sup>2</sup>	Loges	190 m <sup>2</sup>
Salle principale	env. 400 m <sup>2</sup>	Foyer des artistes	80 m <sup>2</sup>
Régies	36 m <sup>2</sup>	Salles de répétition et de travail	80 m <sup>2</sup>
Scène et arrière-scène	500 m <sup>2</sup>	Salle de répétition	240 m <sup>2</sup>
Local moteur	50 - 80 m <sup>2</sup>	Locaux de rangement et régie	30 m <sup>2</sup>
Dessous de scène et Fosse	235-255 m <sup>2</sup>	Salles de travail complémentaires	90 m <sup>2</sup>
Locaux de stockage	630m <sup>2</sup>	Stocks dépôts	1'000-1'500m <sup>2</sup>
Ateliers de scène	142 m <sup>2</sup>	Entrée des artistes	45 m <sup>2</sup>
Ateliers de construction de décors costumes et accessoires	2'280 m <sup>2</sup>		
Locaux techniques et	300 m <sup>2</sup>		

Tableau 2 de normes des espace de salle de concert (source :neufert/ auteur)

## Parking personnel et public. (Norme neufert)

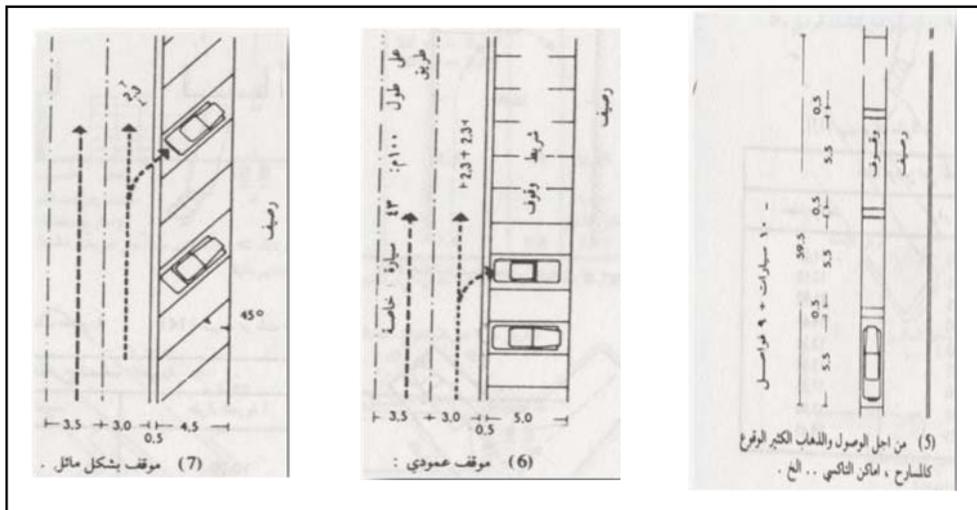


Figure n°20 : parking et bureau administratif (source : neufert 8)

Salle de concert

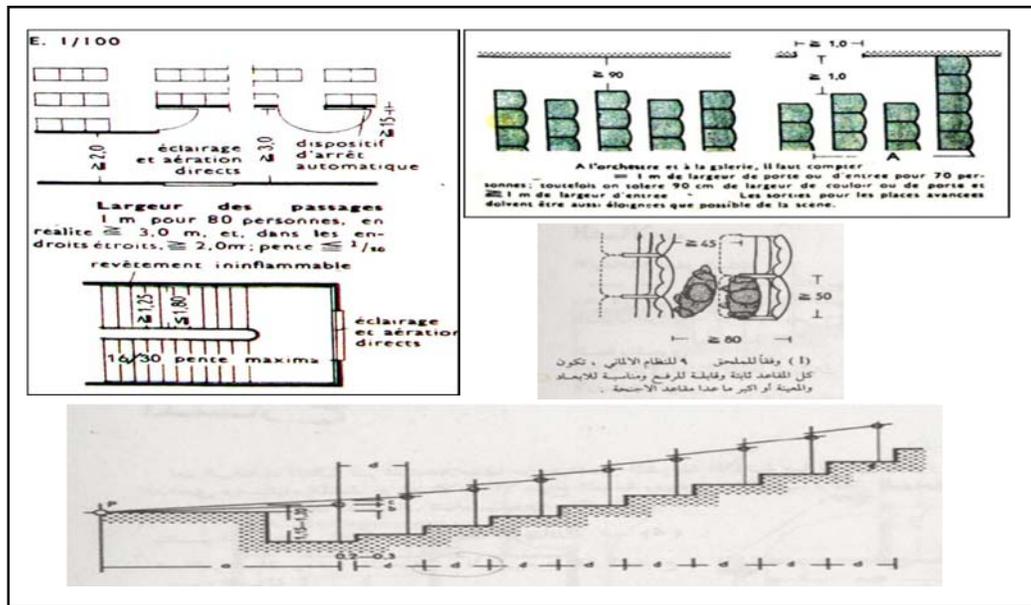


Figure n°21 : (source : neufert 8)

- Si l'établissement comporte plusieurs étages, il doit posséder un ascenseur.
- Le guichet doit être accessible par le handicapé

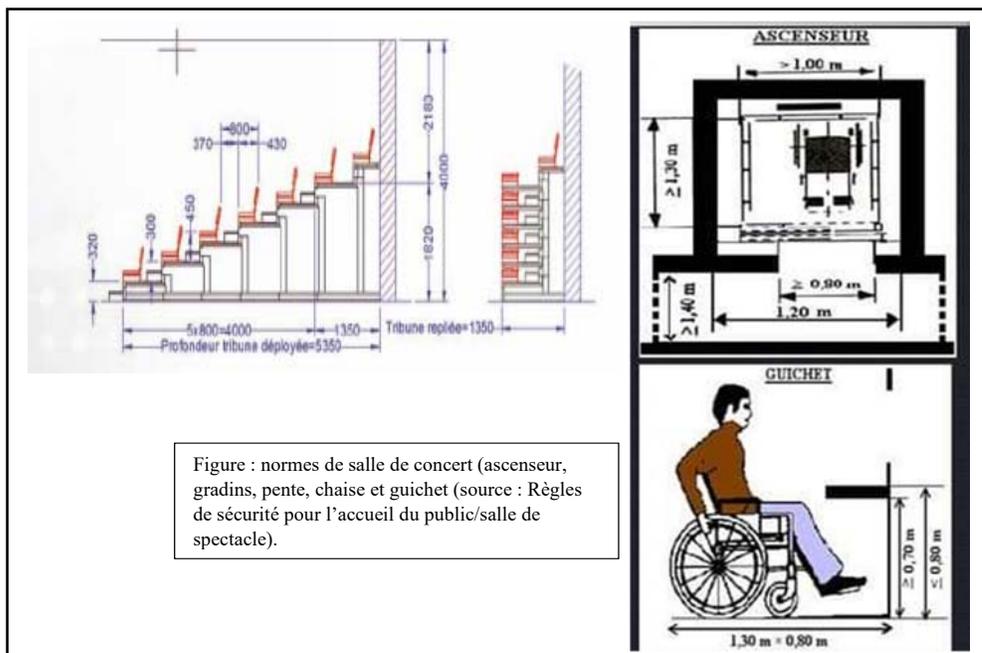


Figure : normes de salle de concert (ascenseur, gradins, pente, chaise et guichet (source : Règles de sécurité pour l'accueil du public/salle de spectacle).

## ❖ L'état d'art

## ➤ Annexe 17 : Article 03

## - Description de cylindre sonore

Le Cylindre Sonore est intégré dans un jardin en bambou, paysage creux et vallonné du parc parisien de la Villette en 1987.

C'est une architecture sonore commandée et réalisée comme œuvre d'art public, comme intervention artistique, pour la 4ème section du parc. L'extrémité supérieure du double cylindre est au même niveau que les allées limitrophes. En venant du parc, on descend un long escalier dans l'espace sonore avant d'entrer effectivement le jardin. En le quittant, on parcourt à nouveau l'espace sonore avant de monter au parc situé à un niveau supérieur. Le son que l'on peut entendre de l'extérieur attire les passants, les invitant à s'arrêter et à se concentrer sur la forme statique et stationnaire.

Une architecture fermée, ne couvrant que par le ciel ouvert, conçu comme une délimitation consciente du grand parc. Un espace cylindrique qui permet une écoute concentrée du lieu, une redécouverte contemplative de soi-même dans la transcendance du lieu.



Figure 1 Cylindre Sonore

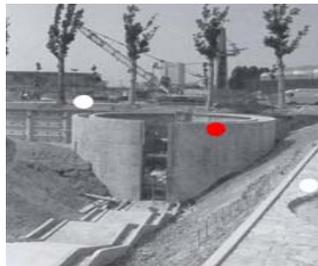


Figure. 2 Cylindre sonore au cours de réalisation

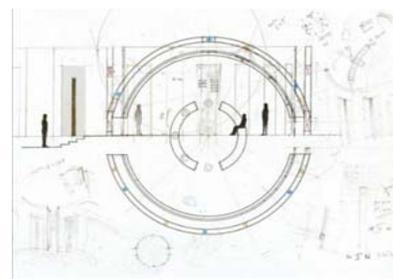


Figure. 3 Cylindre Sonore

Le diamètre intérieur du double cylindre est de 10 m, la hauteur de 5 m. Derrière les huit éléments de béton perforés, trois haut-parleurs ont été montés verticalement comme une colonne. L'espace circulaire entre les deux parois courbes est un espace fonctionnel pour l'entretien des haut-parleurs. Il donne accès à la salle de contrôle sous terre. Cependant, l'anneau est avant tout une chambre de résonance qui consolide le son au moyen du poids et de la tension des surfaces courbes.

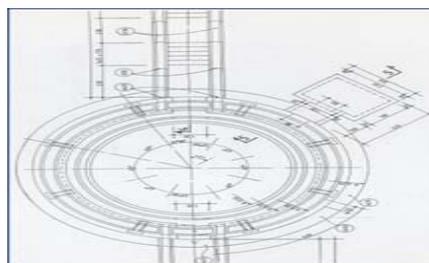


Figure. 4 Plan de cylindre sonore

À partir de chaque élément en béton, l'eau forme des ruisseaux étroits dans le bassin qui entoure le sol de l'espace cylindrique à la manière d'une île. Le son de silence distrait des sons de l'environnement urbain, neutralisant ainsi l'espace. Les ruisseaux accordent acoustiquement l'espace intérieur.

Ils sont indispensables pour que les capteurs acoustiques et les cellules, les oreilles, la peau, le corps et le cerveau puissent écouter de manière concentrée.

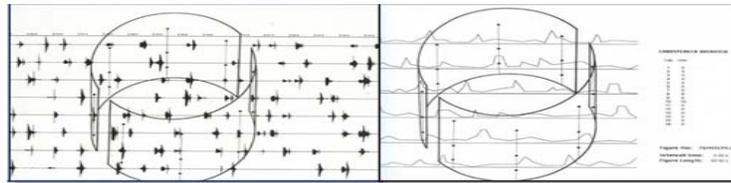


Figure. 5 Organisation sonore

Les espaces sonores sont construits, développés et variés dans le cylindre Sonore entre les colonnes sonores situées derrière les huit éléments de béton perforés, c'est-à-dire entre 24 haut-parleurs. Ce sont des espaces temporels.

**- Examiner les échantillons**

Au départ, il est nécessaire d'établir un diagramme pour définir les défis et les avantages liés au prototype de laboratoire en créant un modèle polyvalent.

Principalement la configuration requise pour créer des dérives d'interaction, le principal point dans le calcul de ces composantes est l'absence d'interaction sociale dans l'espace vacant qui a donné lieu à vide de l'emplacement pour toutes les fonctions, persiste alors sur un espace vide axé sur la résolution des défis.

Échantillon prototype prouvé par la fonction de flûte et le vent soufflant par interprète : les interprètes créent une note différente en soufflant et en bloquant les bouches d'aération dans la flûte (fig. 8).

Dans le modèle actuel, l'artiste interprète ou exécutant interprète le vent comme dominant l'ouest, ce qui nécessitait une musique produite par une opération d'intensité et de soufflage. (Fig. 9)

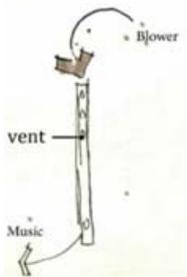


Figure. 8 Système de flûte et sa fonction

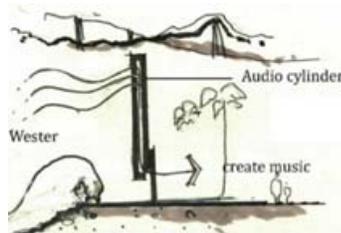


Figure. 9 Tube sonore et son fonctionnement

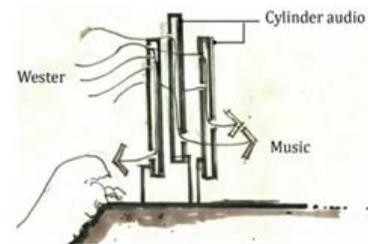


Figure. 10 Combinaison de tubes sonores pour la création de musique

Après l'expérience de finalisation et le calcul de l'efficacité du modèle principal, les éléments concernés produisent la musique requise en mettant en place les tubes sonores en fonction des différentes bouches de sortie d'air, voir fig.

Après l'assemblage de ces tubes sonores et la réalisation d'expériences, le modèle démontre son efficacité, le modèle discuté attire les hommes en un point. À l'origine, l'architecture encourageait les gens à se rencontrer pour l'interaction, tandis que divers ensembles et mélodies créés en raison de mois annuels.

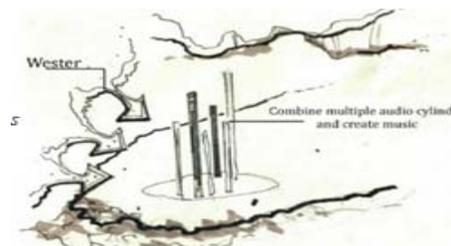


Figure. 11 La configuration et fonctions de tubes sonores dans le milieu

➤ **Annexe 18 : Article 04**

- Opéra de Sydney

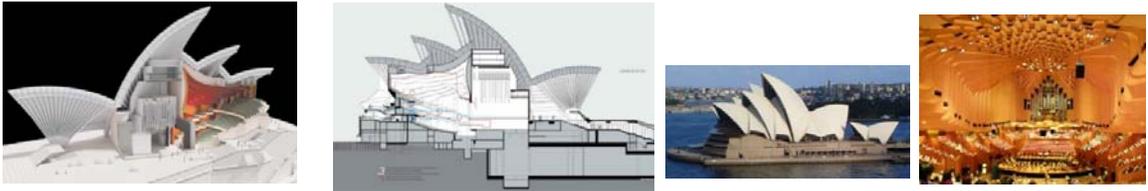


Figure : opéra de Sydney (source : acoustic Inline and hero image : Prudence Upton)

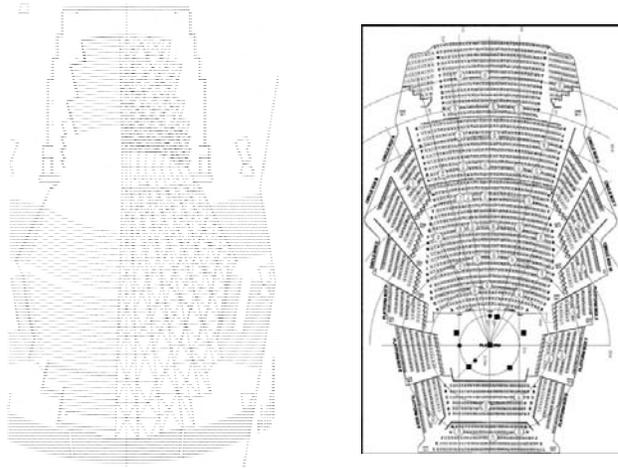


Figure : vue en haut d'opéra de Sydney (source : acoustic Inline and hero image : Prudence Upton)

Figure : Plan d'opéra de Sydney (source : acoustic Inline and hero image : Prudence Upton)