



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

MÉMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences et Technologies
Filière : Architecture et Urbanisme
Spécialité : ARCHITECTURE ET ENVIRONNEMENT
Réf. :

Présenté et soutenu par :
BENABDALLAH RIDHA

Le : samedi 20 juillet 2019

Thème :
Acoustique Architecturale
Projet :
Centre des conférences à Biskra

Jury

Mme. TIBERMACHINE SOUHILA	MAA	Université de Biskra	Président
Mme. MSELLEM	MCB	Université de Biskra	Président
M. BENFERHAT MOHAMED LADAoui	MAA	Université de Biskra	Rapporteur
Mme. BENCHIKH LINDA	MAA	Université de Biskra	Examineur

Année universitaire : 2018 - 2019

Dédicace

Je dédie ce mémoire à mes chers parents :

Ma mère qui a œuvré pour ma réussite, de part son amour, son soutien et sa présence dans ma vie.

Mon père qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie.

Ma chère sœur pour ses encouragements permanents et son soutien moral.

Mes chers frères qui m'ont assistés dans les moments difficiles et qui m'ont servi d'exemple de persévérance et de courage.

Toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire.

Mes amis qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés et qui m'ont accompagné durant mon chemin d'études supérieures.

REMERCIEMENTS

A ALLAH Le tout puissant, le miséricordieux Qui nous a donné la force, la volonté et le courage pour surmonter les épreuves que nous avons rencontré tout au long de la réalisation de ce mémoire.

*A Monsieur **Benferhat Mohamed ladaoui**, Je remercie pour l'honneur que vous j'ai fait en acceptant de diriger mon travail. Je remercie pour vos conseils, vos encouragements tout au long de ce travail, Ainsi que pour le temps que vous nous avez consacré. Permettez-moi de vous exprimer toute mon gratitude et mon profond respect.*

AU Jury : Je vous remercie de m'avoir fait l'honneur de participer à l'évaluation de ce travail .Je vous remercie également pour votre présence et pour votre lecture attentive de mon mémoire et l'enrichir par vos propositions. Enfin veuillez accepter tous mes respects et ma gratitude.

Je remercie toute les personnes qui mon aidé et encouragé à réaliser ce travail

Résumé

La conception architectural est un processus complexe , les architectes sont contraint à répondre à un grand nombre de paramètres interférents et combinés, l'approche complexe d'abord à la phase d'esquisse, fait que généralement, ces concepteurs pondèrent certains indicateurs de conception par rapport à d'autres par exemple le paramètre de la forme face à la propagation du son dans cette forme, les spécificités intrinsèques du son et les spécificités liées à ce concept ne sont pas fréquemment prises en considération d'une manière détaillée à la phase d'esquisse, Ce qui mène à des productions architecturales dépourvues généralement de qualité sonore et du confort acoustique à l'intérieur de l'espace.

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

L'objectif de cette recherche est de développer une forme optimale et des recommandations qui permettent une propagation harmonieuse du son dans toute la salle de conférence et qui fournit aux auditeurs un confort acoustique optimal et qui permet de prendre en considération le facteur du son des phases d'esquisse du projet à travers deux études (étude architecturale-étude technique).

Du point de vue de la durabilité, le son est devenue un élément principal dans la conception architecturale surtout dans la phase d'esquisse que l'architecte doit utiliser de manière intelligente et appropriée afin d'assurer le confort acoustique.

Mots clés : la salle de conférence – l'acoustique architectural – le confort acoustique – la conception acoustique.

ملخص

تصميم المشروع هو عملية معقدة؛ على المهندسين ان يحترموا عدد معين من المعايير المتداخلة. النهج المعقد في مرحلة الرسم يجعل بشكل عام هؤلاء المصممين يوازن بين بعض المؤشرات على سبيل المثال معيار الشكل مقارنة بنشر الصوت والراحة الصوتية داخل المساحة الخصائص الجوهرية والخصائص المرتبطة بهذا المفهوم غير مأخوذة بعين الاعتبار في مرحلة الرسم مما يؤدي الى الحصول على انتاجات معمارية خالية من جودة الصوت والراحة الصوتية داخل المساحة.

هناك دراسات عديدة سابقة في المجال السمعي حاولت ان تعطي للمهندسين نماذج معمارية تسمح بالتحكم في الصوت داخل المساحة ومع ذلك هناك انتقادات لهذه النماذج لان لكل مساحة سلوكها الخاص اتجاه الصوت.

الهدف من هذه الدراسة هو تطوير أفضل نموذج وتوصيات تسمح بانتشار متناغم للصوت داخل جميع انحاء قاعة المؤتمرات توفر للمستمعين راحة سمعية التي تسمح بالأخذ بعين الاعتبار عامل الصوت في المرحلة الأولى من تصميم المشروع العمراني من خلال دراستين دراسة معمارية ودراسة تقنية.

من وجهة نظر الاستدامة أصبح الصوت عامل رئيسي في التصميم المعماري خاصة في مرحلة الرسم والتي يجب على المهندس استعمالها بطريقة ذكية ومناسبة لضمان الراحة الصوتية.

Table des métiers

Introduction générale	1
Problématique	2
Hypothèse	2
Objective	2
Méthodologie	3
Partie I : partie théorique	
CHAPITRE I : Acoustique architectural	
I.1. Introduction.....	7
I.2. Principes généraux d'acoustique	7
I.2.1. Le son	7
A. Définition du son	7
B. Catégories du son	8
1. Catégorie 1 : BASSE fréquence	8
2. Catégorie 2 : moyenne fréquence	8
3. Catégorie 3 : Haute fréquences	8
C. La perception du son	8
D. CARACTÉRISTIQUES D'UN SON.....	9
E. Types de son	9
1. Son pur	9
2. Son complexe	9
3. Son confus	10
I.2.2. Le Bruit	10
A. Sources du bruit	10
1. Sources ponctuelles	10
2. Source linéaires	10
I.2.3. La propagation du son dans l'espace architectural	11
A. Le son direct	12
B. Les premières réflexions	12
C. L'intelligibilité d'un son	13
D. La performance acoustique	14
1. Coefficient d'absorption α	14
2. Aire d'absorption équivalente A	14
E. Durée de Réverbération	14
I.3 Étude de l'acoustique dans un espace architectural.....	15
I.3.1 Volume	16
I.3.2 La forme	16
A. Principe de plan	16
B. Principe de coupe	17
C. Matériaux	18
I.3.3 La correction acoustique : (technique)	18
1. Le continuum : Correcteur d'ambiance acoustique	19
2. Les Réflecteurs	19
3. L'isolation acoustique	20
I.4. Conclusion	22
CHAPITRE II : Acoustique des salles de conférence	
II.1. Introduction	23
II.2. Principales définitions	23
II.2.1. Salle de Conférence	23
II.3. Aperçu historique	23
II.3.1. Antiquité	24

A. Théâtres grecs	24
B. Théâtres romaine	25
II.3.2. Moyen Âge et la Renaissance	25
II.3.3. Entre le Moyen-Âge et aujourd'hui	25
II.4. La qualité acoustique d'une salle de conférence	26
II.4.1. La perception des sources sonores présentes dans la salle	26
II.4.2. L'isolement acoustique de la salle vis-à-vis de l'extérieur	26
II.4.3. Le problème de la qualité acoustique des salles de conférences	26
II.5. Etude de l'acoustique dans les salles de conférence	26
II.5.1. Les Critères de la qualité acoustique	27
II.5.2. Exemples de traitement acoustique	28
A. Pour les petites salles	28
B. Pour les grandes salles	28
II.5.3. Typologies des salles de conférence et leurs comportements sonores	32
A. Principe de plan	32
1. Salle en boîte à chaussure (boîte dans la boîte)	32
2. Salle en arène	34
3. Salle en éventail	35
4. Salle en Asymétrique	36
B. Principe de coupe	37
1. Optimisation par : matériaux composants	37
2. Optimisation par : l'inclinaison de la toiture	38
II.6. Études des articles	40
I.4.1. L'article 1	40
I.4.2. L'article 2	43
I.4.3. L'article 3	46
II.7. Recommandations	49
II.8. Conclusion	50
Partie II : Analytique	
Chapitre I : projet (centre régional de conférence)	
I.1. Introduction	53
I.2. Analyse des exemples	53
I.2.1. Présentation des projets	53
I.2.2. Programme	54
I.2.3. étude urbaine	55
I.2.4. étude Architectural	57
I.2.5. Analyse spatiale et fonctionnelle	59
I.2.6. Analyse acoustique	60
A. Caractéristiques de la salle	60
B. Les matériaux composants	61
C. Correction acoustique (isolement acoustique)	62
I.3. Programmation	66
I.3.1. Normes surfaces et dimensions	66
A. Taille de la salle	66
B. Le volume de la salle	69
I.3.2. Processus de programmation	70
I.3.3. La relation forme / volume	72
I.3.4. Les critères de choix de forme d'une salle de conférence	72
I.3.5. Programme	73
I.4. Conclusion	75
Chapitre II : Approche conceptuelle (centres de conférences)	
II.1. Introduction	77

II.2. Analyse de site	77
II.2.1. Etude de contexte	77
A. Situation	77
B. Environnement immédiat	78
C. Le terrain	79
D. Forme urbain	79
E. Etude climatique	80
1. L'ensoleillement	80
2. Les vents dominants	80
F. Nuisance sonore	81
II.2.2. analyse séquentielle	82
A. Le repérage	82
B. Dynamique de la forme architecturale	83
C. La perception visuelle	83
II.2.3. Recommandations	84
II.3. Genèse de projet	85
II.4. Application des recommandations	91
II.5. La conception acoustique de la salle de conférence	91
II.5.1. Choix de la forme	91
II.5.2. Les Problèmes	91
II.5.3. La correction architecturale et technique	91
II.5.4. Application	93
A. Avant la correction	93
B. Après la correction	94
II.5.5. Résultat	95
II.6. Conclusion Générale	96

Table des Figures

Partie I : partie théorique

CHAPITRE I : Acoustique architectural

numéro	Titre	Source	N° de page
Fig. I.1	Représentation graphique d'une onde sonore	Steve Cherpillod.2011	8
Fig. I.2	Schéma graphique des caractéristiques de son	verre.weebly.com	9
Fig. I.3	Source sonore ponctuelle	BOUKADOUM Amina.2012	10
Fig. I.4	Source sonore linéaire	BOUKADOUM Amina.2012	11
Fig. I.5	Chemin de la propagation du son dans une salle.	Caroline, la Conception acoustique d'une salle.2017.)	11
Fig. I.6	Le trajet du son pour atteindre l'auditeur	Caroline, la Conception acoustique d'une salle.2017.)	12
Fig. I.7	Réflexion d'une onde acoustique	BOUKADOUM Amina.2012	13
Fig. I.8	Coupe schématique de la propagation du son direct et des premières réflexions	Steve Cherpillod, 2011	13
Fig. I.9	Temps de réverbération selon la fonction de l'espace	Steve Cherpillod, 2011	15
Fig. I.10	Les réflecteurs acoustiques sur le plafond	Neufeurt 10	15
Fig. I.11	Les réflecteurs acoustiques sur les murs	Caroline, la Conception acoustique d'une salle.2017.)	17
Fig. I.12	Plots anti vibratiles.	Caroline, la Conception acoustique d'une salle.2017.)	17
Fig. I.13	Présentation du dispositif architectural	Source : auteur	18

CHAPITRE II : Acoustique des salles de conférence

Fig. II.1	Théâtre de Dionysos	Neufeurt 10	24
Fig. II.2	Théâtre Marcellus	Neufeurt 10	24

Fig. II.3	Théâtre d'Epidaure.	Guillaume Pellerin. 2006	24
Fig. II.4	Le Théâtre de Pompéi	Guillaume Pellerin. 2006	25
Fig. II.5	Schéma exprime l'étude de l'acoustique dans les salles de conférence.	Source auteur	27
Fig. II.6	Traitement des parois latérales	BOUKADOUM Amina.2012	29
Fig.II.7	Traitement des fonds de salle	BOUKADOUM Amina.2012	29
fig.II.8	Risque de focalisation aux formes concaves	BOUKADOUM Amina.2012	30
fig.II.9	Les zones d'ombre acoustique	BOUKADOUM Amina.2012	30
Fig.II.10	Disposition de réflecteurs et matériaux absorbants dans un amphithéâtre	BOUKADOUM Amina.2012	30
Fig.II.11	Influence de la conception des balcons dans la propagation des bruits	BOUKADOUM Amina.2012	31
Fig.II.12	Traitement acoustique du plafond et fond de la salle	BOUKADOUM Amina.2012	31
Fig.II.13	Favoriser les premières réflexions	BOUKADOUM Amina.2012	32
Fig.II.14	Schéma de propagation sonore dans une salle d'une forme de : Boit a chaussure	Steve Cherpillod, 2011	33
Fig.II.15	Congo Kintele Congress Centre	ArchDaily.com	33
Fig.II.16	Schéma de propagation sonore dans une salle d'une forme : en arène	Steve Cherpillod, 2011	34
Fig.II.17	CIC Alger : Centre International de Conférences	Source www.cic-alger.com	35
Fig.II.18	Schéma de propagation sonore dans une salle d'une forme : en éventail	Steve Cherpillod, 2011	35
Fig.II.19	Centre de congrès de Dublin	ArchDaily.com	36
Fig.II.20	forme asymétrique	Steve Cherpillod, 2011	37
Fig.II.21	New Conference Hall for the World Intellectual Property Organization	ArchDaily.com	37
Fig.II.22	surface de réflexion sur le mur arrière d'une salle	Steve Cherpillod, 2011	38
Fig.II.23	Réflexion de mur arrière d'une salle	Steve Cherpillod, 2011	38
Fig.II.24	Plafonds à géométrie complexe	Steve Cherpillod, 2011	38

Partie II : partie analytique

Chapitre I : projet (centre régional de conférence)

Fig. I.1	Positions et dimension des sièges/spectateurs	Neufeur 10	57
Fig. I.2	Coupe longitudinale sur un amphithéâtre	Neufeur 10	57
Fig. I.3	Surélévation des sièges (pente) dans la salle	Neufeur 10	58
Fig. I.4	Proportion d'une salle traditionnelle de spectacle	Neufeur 10	58
Fig. I.5	La largeur de la salle de spectacle	Neufeur 10	59
Fig. I.6	Construction du contour de la salle de spectacle au grand théâtre de Bordeaux.	Neufeur 10	60
Fig. I.7	Processus de programmation	auteur	61
Fig. I.8	Le fonctionnement des différentes secteurs et espaces de projet	auteur	62
Fig. I.9.	Le projet en construction	Article 1.	65
Fig. I.10	Source d'absorption	Article 1.	66
Fig. I.11	Distribution de l'énergie sonore	Article 1.	66
Fig.I.12	Distribution du son dans l'auditorium	Article	67
Fig.I.13	Justification de la focalisation et de la distribution	Article 1.	68
Fig.I.14.	Géométrie de l'auditorium	Article 2.	69
Fig.I.15	La position de sources et de récepteurs	Article 2.	70
Fig.I.16	Durée de la réverbération en fonction de fréquence	Article 2.	70
Fig.I.17	Cas d'étude	Article 3.	72
Fig.I.18	Résultat de simulation	Article 3.	73

Chapitre II : Approche conceptuelle (centre des conférences)

Fig. II.1	Plan de situation.	auteur	76
Fig. II.2	Plan de situation	auteur	77
Fig. II.3	Environnement immédiat	auteur	78
Fig. II.4	La forme de terrain	auteur	78
Fig. II.5	Le tracé urbain	auteur	78
Fig. II.6	Coupe urbain transversal	auteur	79
Fig. II.7	Coupe urbain longitudinal	auteur	79
Fig. II.8	Parcours solaire par rapport au terrain	auteur	79
Fig. II.9	Direction des vents dominants	auteur	81
Fig. II.10	Présentation des nuisances sonores	auteur	81
Fig. II.11	Le repérage de terrain	auteur	82
Fig. II.12	Lecture de la forme architecturale	auteur	83
Fig. II.13	La perception visuelle	auteur	85
Fig. II.14	Les trois points de repérage	auteur	85
Fig.II.15	les trois spirales d'or de repérage	auteur	85
Fig.II.16	Intégrer le bâtiment dans le contexte du paysage et l'inspiration des ondes sonores	auteur	86
Fig.II.17	Explorer la continuité du paysage par une fluidité des toitures	auteur	86
Fig.II.18	Interaction avec le paysage urbain, VUE - SOLEIL - PLUIE	auteur	86
Fig.II.19	L'application des ondes sonores par trois rythmes 1 - 2 - 3	auteur	86
Fig.II.20	Schéma de propagation des ondes sonores dans une salle	auteur	92
Fig.II.21	Schéma des premières réflexions des murs latéraux et de mur de fond	auteur	93
Fig.II.22	Schéma des premières réflexions de plafond vers le fond de la salle	auteur	94
Fig.II.23	Schéma de propagation du son après la correction optimale	auteur	94

Fig.II.24	La position des réflecteurs verticaux	auteur	94
Fig.II.25	La propagation sonore homogène dans toute la salle de conférence	auteur	95

Liste des tableaux

Partie I : partie théorique

CHAPITRE I : Acoustique architectural

Tableau I.1	Valeurs des fréquences critiques des matériaux du bâtiment	BOUKADOUM. 2012	15
Tableau I.2	La Propagation du son selon les différentes formes en plan	auteur	17
Tableau I.3	La Propagation du son selon les différentes formes de toitures	Neufeurt 10	17
Tableau I.3	Coefficient d'absorption du son pour différents états de surface.	Neufeurt 10	18
Tableau II.1	Typologies des salles de conférence	auteur	39

Partie II : partie analytique

Chapitre I : projet (centre régional de conférence)

Tableau I.1	Présentation des projets analysés	auteur	43
Tableau I.2	Présentation des programmes	auteur	44
Tableau I.3	Étude urbaine	auteur	45
Tableau I.4	Étude architectural	auteur	47
Tableau I.5	Analyse spatiale et fonctionnelle	auteur	49
Tableau I.6	Caractéristiques de la salle	auteur	51
Tableau I.7	Les matériaux composants	auteur	52
Tableau I.8	La Correction acoustique	auteur	52
Tableau I.9	Fiche technique des espaces	auteur	54
Tableau I.10	Typologie des salles de réunion	auteur	56
Tableau I.11	La relation forme / volume	auteur	62

Introduction générale

Introduction générale :

L'architecture est une partie intégrante de son environnement. Au-delà de sa dimension plastique, l'architecture offre pour ses usagers un ensemble d'ambiances très particulières. La perception de l'espace architecture s'effectue à travers nos sens, nous obtenons les plus importantes informations de notre espace à partir de deux sens la vue et l'ouïe (BENFERHAT, Mohamed Ladaoui.2010)

L'acoustique, en tant que science physique du son, occupe une place particulière dans les champs de la science moderne. Elle constitue un élément essentiel, générateur de la vie sur la terre, elle présente une partie indéniable de notre vécu quotidien et nous influence psychologiquement. (Guillaume Pellerin.2006)

Il est vrai que, lors de la conception architecturale les préoccupations acoustiques sont toujours reléguées au second plan par rapport aux visuelles (BOUKADOUM Amina.2012), la complexité du comportement du son conduit beaucoup d'architectes à négliger les qualités du son dans l'espace. Les solutions aux problèmes acoustiques ne seront élaborées que lorsque l'ouvrage est achevé et cela que par de simples solutions techniques.

Même si le confort acoustique n'est pas toujours pris en compte dans le domaine de la construction et des aménagements dans notre pays, il est de plus en plus recherché par les algériens qui sont soucieux de leur qualité de vie. Pour la première fois en Algérie, un colloque qui traite du bruit et ses méfaits a été organisé le 29 Mars 2008, son objectif étant de sensibiliser les pouvoirs publics, les entreprises et les citoyens afin d'agir pour réglementer les nuisances sonores. (BOUKADOUM Amina.2012)

Le domaine d'acoustique architecturale est l'objet de recherches depuis fort longtemps. A l'Antiquité des savants tels que Pythagore, qui étudiaient les cordes vibrantes, et des architectes réfléchissaient au cheminement du son. Au moyen âge l'acoustique occupait une place prépondérante dans l'enseignement scientifique sans qu'elle connaisse pour autant d'avancée significative. (Guillaume Pellerin. 2006).

L'acoustique en architecture a pour objectif d'offrir la qualité de son la plus adaptée aux lieux selon leurs fonctions principales. La conception acoustique d'une salle de spectacles n'est pas similaire à un lieu de culte, ou une bibliothèque. Dans ce présent travail il est question d'étudier l'acoustique dans les salles de conférences. ...etc.

Introduction générale

Problématique (Question de recherche) :

Selon de multiples recherches, les salles de conférences se caractérisent par une particularité par rapport aux espaces similaires notamment une salle de concert ou un théâtre. La conception acoustique se base sur deux principaux volets ; l'isolation phonique et la correction acoustique. Le choix des matériaux, volume et/ou forme doit répondre à la spécificité de la salle des conférences.

Question de recherche :

On a voulu savoir plus précisément, Alors que notre problématique de recherche peut être formulée de la manière suivante :

Comment peut-on assurer une qualité acoustique optimale dans les salles de conférence ?

Hypothèses :

- Seule la forme et les matériaux choisis sont déterminants d'une qualité sonore optimale.
- Le recours aux réflecteurs est indispensable car les solutions architecturales ne sont pas suffisantes.

Objectifs :

Définir une forme optimale qui permet d'assurer une propagation harmonieuse du son dans les salles de conférence.

Prendre en considération les matériaux pouvant créer un espace acoustique confortable et en mesure de transmettre du bien-être aux utilisateurs.

Trouver les solutions techniques (réflecteurs, amplificateurs, ...etc.) adéquates et compatibles avec les solutions architecturales (forme, volume, matériaux...etc.)

Proposer des recommandations qui permettent aux architectes de prendre en compte le facteur du son dans les salles de conférence dès la phase de la conception architecturale.

Méthodologie :

De nombreux travaux de recherches ont été réalisés dans le même contexte que la nôtre.

Cette recherche consiste à chevaucher les lectures de ces travaux dans le but de répondre à la question posée. Une recherche théorique est susceptible de nous situer par rapport aux recherches antérieures.

Introduction générale

Structure du mémoire :

Ce travail s'articule sur deux parties :

Partie I : Acoustique

CHAPITRE I : l'Acoustique architectural.

CHAPITRE II : l'Acoustique dans les salles de conférences.

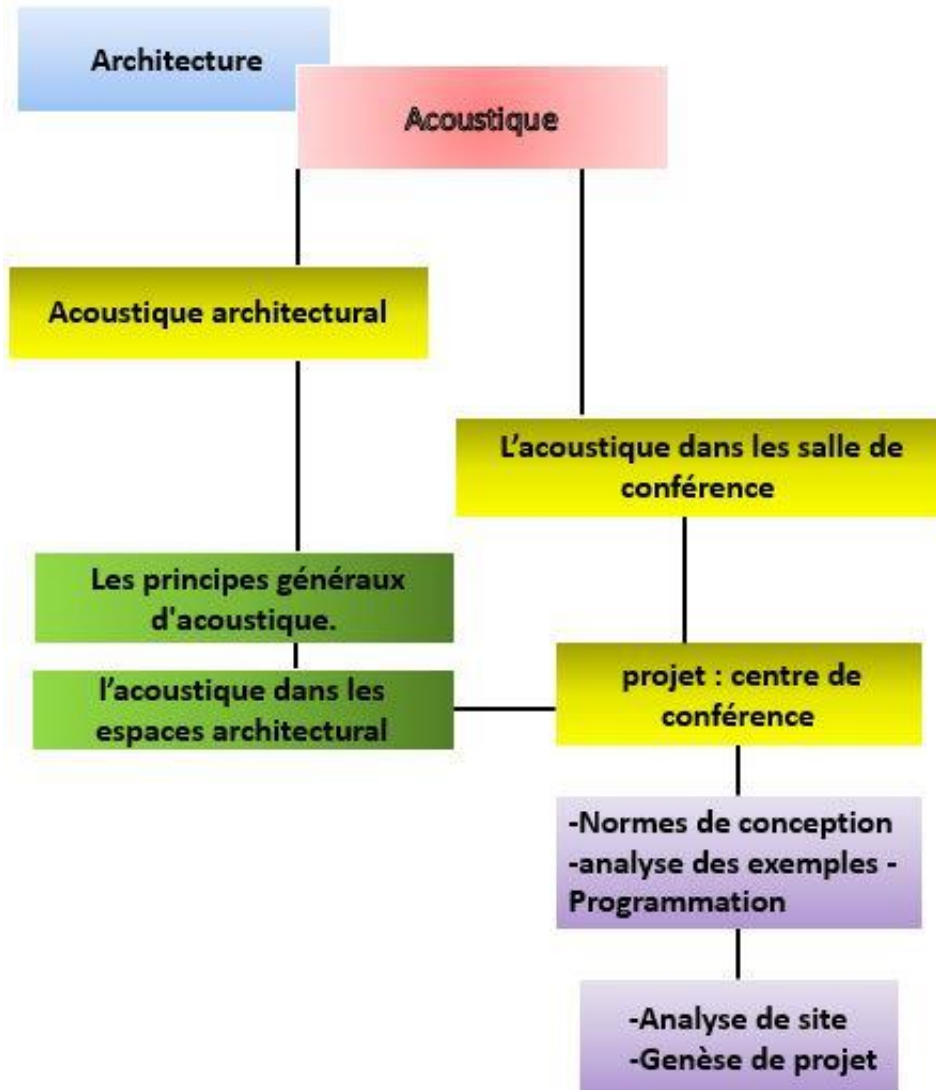
Partie II : Architecture

Chapitre I : projet (centre régional des conférences).

- Les Normes de conception
- analyse des exemples
- Programmation
- étude des articles

Chapitre II : Approche conceptuelle.

- Analyse de site
- Genèse de projet
- application des recommandations
- conception acoustique de la salle de conférence
- conclusion général



Partie I
Partie théorique

CHAPITRE I

Acoustique architectural

Partie I : partie théorique

CHAPITRE I : Acoustique architectural

I.1. Introduction :

La manière dont l'homme entend, et dont il est physiologiquement affecté par le son a été un sujet de discussion pendant des années. De nombreuses études en acoustique ont donc été menées pour atteindre cet objectif.

Dans un premier temps, nous étudierons les principes de l'acoustique (les notions de base) et les caractéristiques du son ainsi que les différents problèmes acoustiques que rencontre l'architecte lors de la conception d'un projet architectural dans le but de comprendre toutes les propriétés du son qui vont nous servir de base pour commencer notre recherche.

I.2. Principes généraux d'acoustique :

I.2.1. Le son :

A. Définition du son :

Tout son résulte de la vibration d'un corps qui met en vibration l'air environnant, sous forme d'onde de pression et de dépression. C'est la variation de pression qui se déplace de proche en proche. L'onde acoustique est une onde de pression à l'image d'une onde à la surface de l'eau (Vincent CHAMPILOU, 2012).

Le son est une sensation auditive engendrée par une onde acoustique qui se propage dans un milieu élastique, « *La vitesse de propagation du son dans l'air est de 340 m/s* ». (Vincent CHAMPILOU, 2012).

Le son n'est pas figé comme une image, il bouge, se diffuse, et évolue dans l'espace-temps, et peut se déterminer en physique par un certain nombre de paramètres calculables ou mesurables, comme la fréquence, l'intensité.

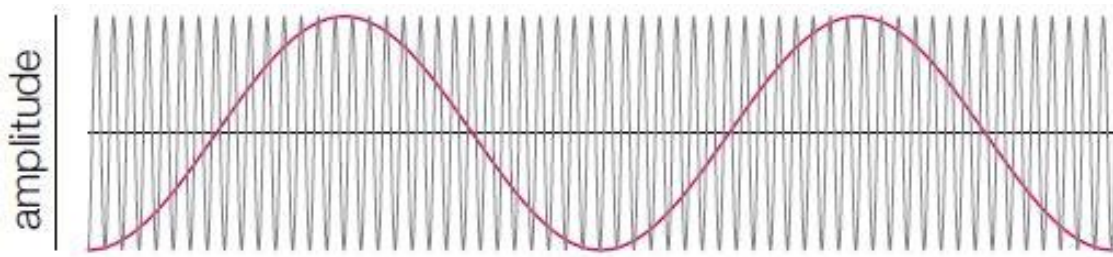


Fig. I.1. Représentation graphique d'une onde sonore

(Source : Steve Cherpillod.2011)

B. Catégories du son :

Selon sa fréquence, on distingue 3 catégories de son ; à savoir : (Vincent CHAMPILOU2012).

1. CATEGORIE 1 : BASSE FREQUENCE

Tous les sons d'une fréquence inférieure à 100 Hz.

2. CATEGORIE 2 : MOYENNE FREQUENCE

Le son d'une fréquence allant de 100 Hz à 2 KHz.

3. CATEGORIE 3 : HAUTE FREQUENCES

Le son d'une fréquence supérieure à 2 KHz.

C. La perception du son :

«Le fait qu'un son soit audible ou non dépend principalement de notre système auditif. Il a ses limites et il faut en tenir compte puisque le confort ou la correction acoustique sont liés à notre perception auditive» (Vincent CHAMPILOU, 2012).

Les limites de notre ouïe sont les suivantes :

- En dessous de 20 Hz : inaudibles infrasons.
- De 20 Hz à 400 Hz : audible : graves.
- De 400 Hz à 1600 Hz : audible : médiums.
- De 1600 Hz à 20 KHz : audible aigus.
- Au-dessus de 20 KHz : inaudible : ultrasons.

D. CARACTÉRISTIQUES D'UN SON :

- L'intensité d'un son correspond à l'amplitude de la vibration acoustique. En d'autres termes, elle caractérise le volume sonore qui nous permet de définir la force d'un son.
- La fréquence d'un son est liée à la vitesse de vibration de l'air, Les variations de la fréquence fondamentale permettent de situer un son sur l'échelle des graves et des aigus.
- Le timbre est donné par les harmoniques et les transitoires qui accompagnent la fréquence fondamentale. Il permet de différencier deux sons de même hauteur et de même amplitude. (Vincent CHAMPILOU, 2012).

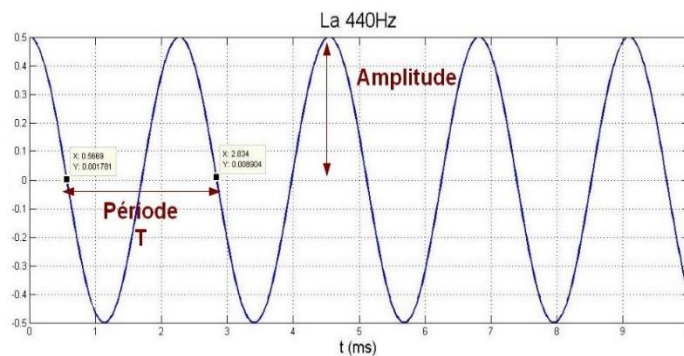


Fig. I.2. Schéma graphique des caractéristiques de son

(Source : verre.weebly.com)

E. Types de son :

Dans l'acoustique il existe différentes modalités de distinguer les sons les, mais celle qui suit est la plus simple et la plus logique (Bui Van Tran, 2009).

1. SON PUR :

C'est le son émis sur une seule fréquence et une amplitude par un diapason.

Dans l'acoustique du bâtiment, on rencontre rarement un son pur, d'une seule fréquence et avec une puissance propre, on observe plutôt des mélanges de son de fréquence et niveaux de puissances différents.

2. SON COMPLEXE :

C'est le son émis sur beaucoup de fréquence et d'amplitudes à la fois.

La variation de ce son se fait par la superposition de multitudes de son pur avec des ondes sinusoïdales.

CHAPITRE I : Acoustique architectural

3. SON CONFUS :

C'est mélange de sons sans périodicité précise, tel le bruissement des feuilles dans les arbres.

I.2.2. Le Bruit :

Le bruit est une sensation auditive considérée comme désagréable ou gênante. Il est caractérisé par sa fréquence (en hertz), son niveau (en décibels, dB ou dB(A), son spectre et sa durée (BOUKADOUM. Amina, 2012)

Une combinaison d'ondes sonores de fréquence et d'amplitude différente sera nommée bruit.

A. Sources du bruit :

On appelle source sonore tout sujet émettant des ondes sonores : l'homme parlant, hautparleur, machine en marche, feuillage devant le vent.

Deux types de sources sonores :

1. SOURCES PONCTUELLES :

C'est toute source dont les dimensions sont négligeable-ment petites par rapport aux distances de propagation des ondes (BOUKADOUM. Amina, 2012)

Exemple : instrument musical, hautparleur, machine ou voiture en marche.

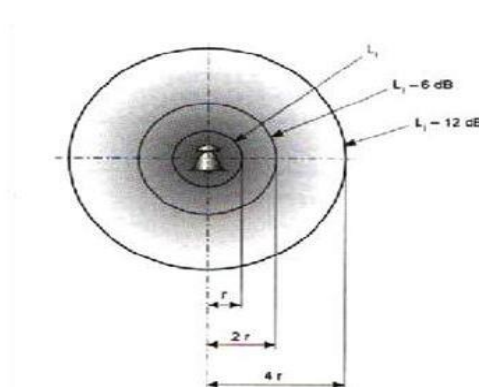


Fig. I.3. Source sonore ponctuelle

(Source : BOUKADOUM Amina.2012)

2. SOURCE LINEAIRES :

C'est l'atmosphère isotrope et homogène les sources linéaires produisent des ondes cylindrique (BOUKADOUM. Amina, 2012)

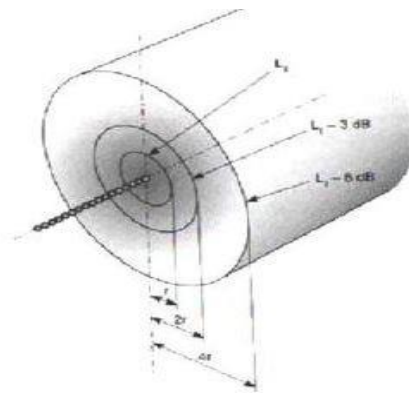


Fig. I.4. Source sonore linéaire

(Source : BOUKADOUM Amina.2012)

I.2.3. La propagation du son dans l'espace architectural :

«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...)» (BOUKADOUM. Amina, 2012)

Une onde sonore lors de sa propagation (figure 5) est soumise à des phénomènes de réflexion, diffraction, diffusion ou absorption par les obstacles rencontrés (sol, murs et plafond, mobilier ...).

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.

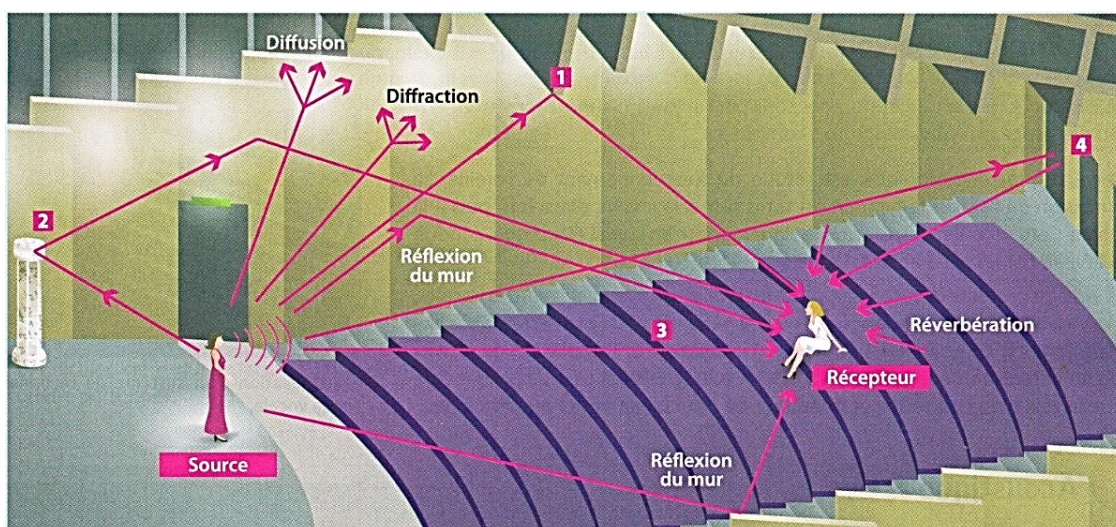


Fig. I.5. Chemin de la propagation du son dans une salle.

(Source : Caroline, la Conception acoustique d'une salle.2017.)

CHAPITRE I : Acoustique architectural

Les principaux facteurs qui interviennent dans la structure du champ rayonné sont :

- La source sonore.
- Le milieu de propagation.
- La nature des parois.
- La nature des obstacles.

L'acoustique, dans le cas qui nous concerne, peut donc se définir comme l'ensemble des techniques visant à assurer la qualité de la diffusion du son dans un volume.

Le son produit par une source émissive dans un espace peut se subdiviser temporellement et selon le trajet emprunté par le son pour atteindre l'auditeur. On distingue principalement : le son direct, les premières réflexions, et le son réverbéré.

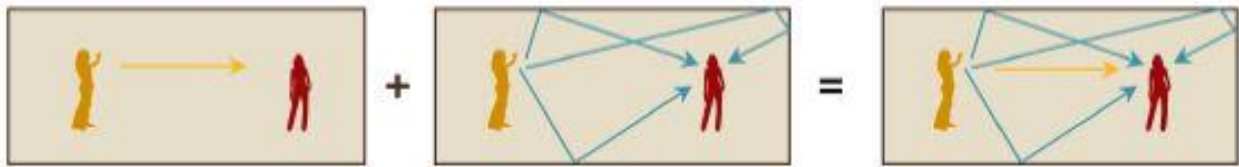


Fig. I.6. Le trajet du son pour atteindre l'auditeur

(Source : Caroline, la Conception acoustique d'une salle.2017.)

A. Le son direct :

Le son direct est, comme son nom l'indique, le son arrivant à nos oreilles en parcourant le chemin le plus direct : il provient donc directement de la source émissive. Le son direct nous permet de localiser où se situe dans l'espace la source sonore. Il est essentiel que le son direct arrive sans obstruction à l'auditeur pour des raisons de clarté et d'intelligibilité (Steve Cherpillod, 2011)

B. Les premières réflexions :

«Une onde acoustique est déviée de son trajet lorsqu'elle rencontre un obstacle rigide et de grande dimension par rapport à sa longueur d'onde : le phénomène est appelé « réflexion ». L'onde incidente frappe l'obstacle selon un angle φ_i , l'onde réfléchie repart selon un angle φ_r égal à φ_i »
(BOUKADOUM. Amina, 2012)

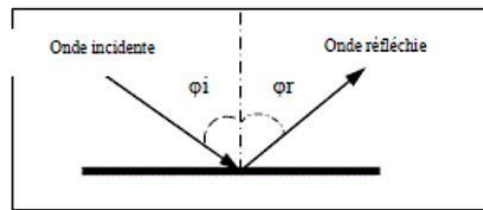


Fig. I.7. Réflexion d'une onde acoustique

(Source : BOUKADOUM. 2012)

Si une onde acoustique se déplace en ligne droite jusqu'à une paroi, l'onde sera réfléchie, alors qu'une partie de l'énergie sera absorbée par la paroi. La réflexion de l'onde sonore se fait selon un angle qui est théoriquement le même que celui d'incidence. C'est donc la forme de la salle qui détermine les premières réflexions. Il est essentiel que le temps écoulé entre le son direct et les premières réflexions soit inférieur à 50 ms (pour la parole) ou 80 ms (pour la Propagation du son dans une salle. (Steve Cherpillod, 2011)

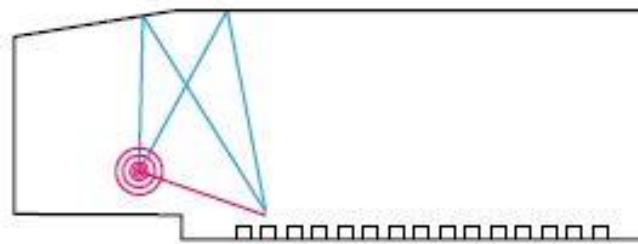


Fig. I.8. Coupe schématique de la propagation du son direct et des premières réflexions

(Source : Steve Cherpillod, 2011)

C. L'intelligibilité d'un son :

Le temps de réverbération du son résulte de la réflexion des ondes sonores sur les parois à l'intérieur d'un volume généralement fermé (salle, hall d'entrée, locaux communs, restaurant, cantines scolaires, salle de cours, salle polyvalente, etc...) (Vincent CHAMPILOU2012).

Il a été prouvé que l'intelligibilité de la parole s'améliore avec la diminution du temps de réverbération pour conserver un son audible et intelligible. Ce dernier influe sur la qualité acoustique d'une salle, quand il est trop long. La réverbération d'une paroi est sa capacité à absorber ou réfléchir les ondes sonores.

D. La performance acoustique :

«Les indices traduisant les performances acoustique des matériaux de construction ou des dispositifs architecturaux sont : le coefficient d'absorption α , l'aire d'absorption équivalente A , la durée de réverbération Tr , l'affaiblissement acoustique R pour les bruits aériens, isolement acoustique D , efficacité au bruit de choc ΔL et le niveau de pression acoustique du bruit de choc» (BOUKADOUM. Amina, 2012)

1. COEFFICIENT D'ABSORPTION α :

L'absorption d'une paroi, et notamment de son matériau de surface, est caractérisée par le coefficient d'absorption α . Il indique l'efficacité de ce matériau à absorber le son (BOUKADOUM Amina, 2012)

2. AIRE D'ABSORPTION EQUIVALENTE A :

L'aire d'absorption équivalente A est la valeur de la surface fictive d'une paroi (ou d'un matériau) totalement absorbante ayant la même absorption acoustique que la paroi (ou le matériau) considérée (BOUKADOUM. Amina, 2012)

E. Durée de Réverbération :

«La réverbération est la persistance d'un son dans un espace clos après interruption brusque de la source sonore» (Loic Hayaman.2008).

La durée de réverbération TR d'un local est le temps que met le son pour que son niveau d'intensité diminue de 60 dB après interruption de la source sonore, ce qui correspond à une intensité de $1/106$ de l'intensité initiale de la source sonore. Elle est exprimée en secondes. Elle dépend du volume de la salle et des qualités absorbantes des surfaces (BOUKADOUM. Amina, 2012)

Le tableau suivant montre la fréquence critique de quelques matériaux usuels :

CHAPITRE I : Acoustique architectural

<i>Matériaux</i>	<i>Masse volumique (kg/ m³)</i>	<i>f_c pour 1 cm d'épaisseur(Hz)</i>
Acier	7800	1000
Aluminium	2700	1300
Béton	2300	1800
Bois (sapin)	600	6000 à 18000
Plâtre	1000	4000
Polystyrène expansé	14	14000

Tableau I.1. Valeurs des fréquences critiques des matériaux du bâtiment
(Source : BOUKADOUM. 2012)

Le temps de réverbération dépend fortement de la fonction à laquelle est destinée la salle.

L'expérience a permis de définir un temps de réverbération optimal en fonction de leur utilisation.

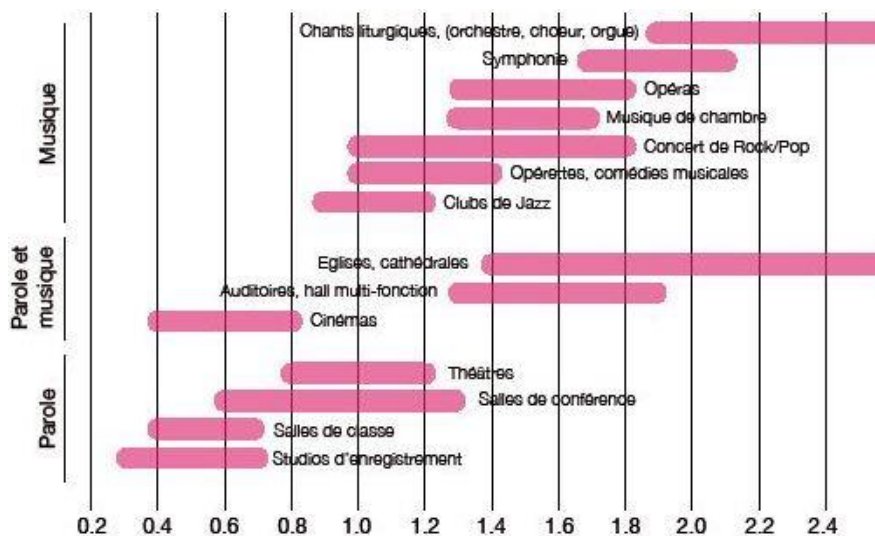


Fig. I.9. Temps de réverbération selon la fonction de l'espace
(Source : Steve Cherpillod, 2011)

I.3 Étude de l'acoustique dans un espace architectural :

Dans cette partie de notre recherche on va étudier la relation entre l'architecture et le son et solutions apportées pour une bonne qualité acoustique. Ensuite on a besoin de déterminer tous les dispositifs architecturaux et techniques qui assurent un confort acoustique à l'intérieur de l'espace.

I.3.1 Volume :

Les premières réflexions sont suivies par le son réverbéré. Ce son est d'une intensité plus faible car ayant subi de plus en plus d'absorption. Le volume de la salle joue donc un rôle déterminant dans la réverbération du son.

En Calcule un temps de réverbération en fonction du volume V de la pièce et de la surface équivalente d'absorption A par :

$$T = \frac{k \cdot V}{A}$$

où $k \approx 0,163$

(Vincent CHAMPILOU2012)

Le volume de la salle :

Résulte de la base des exigences acoustiques (résonance) comme suit : spectacle de 4 à 5 m³ par spectateur ; opéra de 6 à 8 m³ par spectateur (Neufeurt 10)

I.3.2 La forme :

L'architecture et la forme de l'espace jouent un rôle pour obtenir une bonne acoustique, il faut que la forme de l'espaces soit optimal, comment l'obtenir ?

On parle des caractéristiques géométriques :

On va se baser sur la recherche de Steve Cherpillod qui a divisé les faits de l'influence géométrique en deux principes.

A. Principe de plan :

Les formes des salles généralement utilisées ont chacune un comportement sonore propre à elle, ses problèmes acoustique et leurs propres solutions.

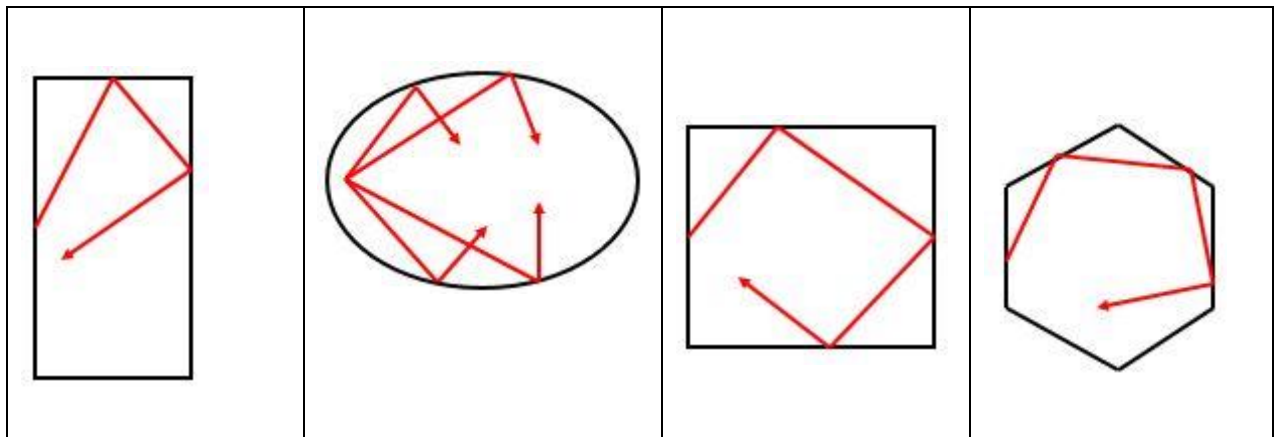


Tableau I.2. La Propagation du son selon les différentes formes en plan
(Source : auteur)

B. Principe de coupe :

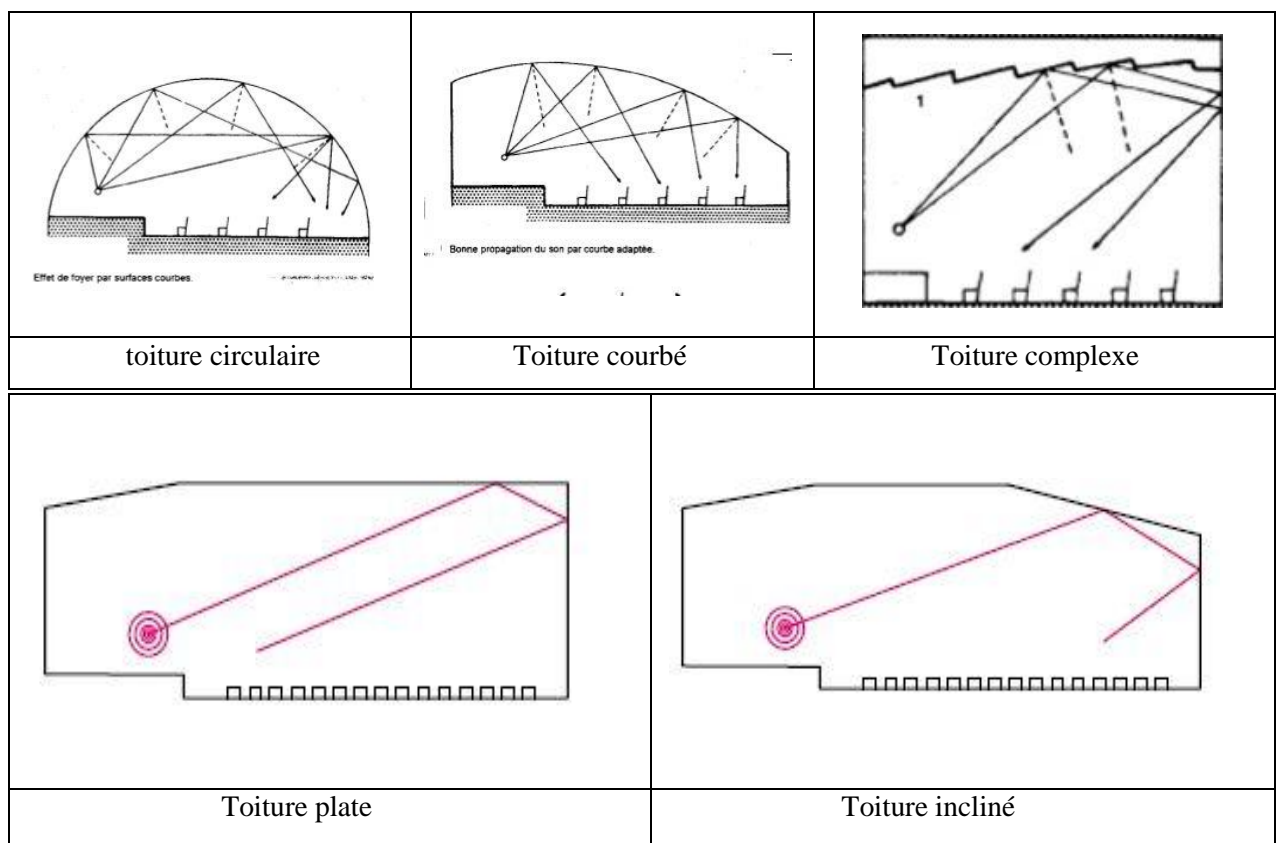


Tableau I.3. La Propagation du son selon les différentes formes de toitures
(Source : Neufeurt 10)

CHAPITRE I : Acoustique architectural

C. Matériaux :

Il n'y a pas que la géométrie d'une salle qui influence la propagation du son mais aussi les matériaux le composant. En effet, lorsqu'une onde sonore rencontre une paroi, une partie de l'énergie peut être absorbée, c'est le phénomène d'absorption acoustique. (Voir annexes)

Fréquence (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Panneau acoustique rigide	0,2	0,4	0,7	0,8	0,6	0,4
Panneau acous. monté sur cadre (réglable)	0,5	0,7	0,6	0,7	0,7	0,5
Enduit acoustique rugueux	0,1	0,2	0,5	0,6	0,7	0,7
Enduit normal sur lattes	0,2	0,15	0,1	0,05	0,04	0,05
Placoplâtre 16 mm sur tasseaux	0,3	0,1	0,05	0,04	0,07	0,1
Contre-plaqué 8 mm sur tasseaux	0,6	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1
Parpaing sans traitement de surface	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3
Béton peint	0,1	0,05	0,06	0,07	0,1	0,1
Béton net de décoffrage	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03
Terre cuite (tuile)	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,07
Tapis lourd sur béton	0,02	0,06	0,15	0,4	0,6	0,6
Tapis lourd sur feutrine	0,1	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
Revêtement du podium, bois	0,4	0,3	0,2	0,2	0,15	0,1
Vitrage	0,3	0,2	0,2	0,1	0,07	0,04
Tenture murale, velours moyen	0,07	0,3	0,5	0,7	0,7	0,6
Sièges capitonnés, occupés	0,4	0,6	0,8	0,9	0,9	0,9
Sièges capitonnés, libres	0,2	0,4	0,6	0,7	0,6	0,6
Sièges en bois ou métal, libres	0,02	0,03	0,03	0,06	0,06	0,05

Tableau I.3. Coefficient d'absorption du son pour différents états de surface.

(Source : Neufert 10)

I.3.3 La correction acoustique : (technique)

Pour les acousticiens, les musiciens et les professionnels du son, la correction acoustique repose principalement sur la diffusion acoustique qui reste pour eux un concept abstrait.

Un champ diffus est considéré comme parfait lorsqu'il répond à plusieurs critères : (à travers les articles)

- Possèdent peu d'irrégularités spatiales et fréquentielles
- Le déclin du son ne doit pas provoquer d'échos
- La courbe du TR doit être la plus exponentielle possible
- Le TR doit être sensiblement le même quel que soit l'endroit dans l'espace traité
- Un déclin de son similaire pour chaque fréquence.

CHAPITRE I : Acoustique architectural

La correction acoustique permet de maîtriser la propagation sonore et le temps de réverbération à l'intérieur d'une pièce, notamment par :

- La pose de matériaux réfléchissants pour mieux diriger l'onde sonore.
- L'installation des réflecteurs au plafond pour accentuer la clarté du son (distribuer les ondes sonores au milieu et au fond).
- L'intégration des obstacles à caractère diffuseurs, réflecteurs ou diffracteurs à l'intérieur de la salle.

1. LE CONTINUUM : CORRECTEUR D'AMBIANCE ACOUSTIQUE :

Continuum est dispositif qui permet la réalisation des corrections d'ambiances acoustiques dans les espaces clos où le confort et la qualité d'écoute sont recherchés. Avec une épaisseur qui ne dépasse pas les 45mm (Neufeurt 10)

➤ **Pour les basses fréquences :**

La pression exercée sur le dispositif sera traitée en harmonie sur toute la surface absorbante qui déclenche l'optimisation de la conversion en énergie de déplacement (Neufeurt 10)

➤ **Pour les moyennes et hautes fréquences :**

Dans le cas des moyennes et hautes fréquences les panneaux continuum se comportent comme une couche de matériau poreux qui actionnent une perte de chaleur progressive.

Pour renforcer les performances de l'absorption dans le cas des moyennes fréquences, une lame d'air a été intégrée dans la conception (Neufeurt 10)

2. LES REFLECTEURS :

➤ **Réflecteurs horizontaux au plafond :**

De taille variée, plats ou courbes, en une ou deux dimensions, ces réflecteurs sont très « visible » par le son, par contre, leur problème est de ne pas créer de réflexions latérales ni de mélange équilibré du son (Neufeurt 10).

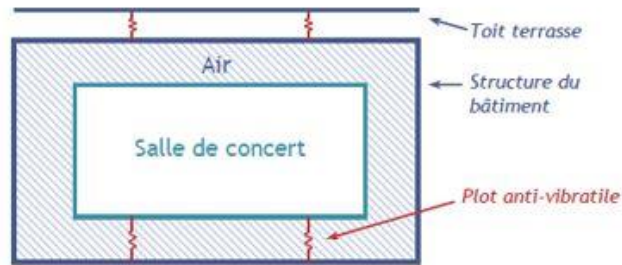


Fig. I.12. Plots anti vibratiles.

(Source : Caroline, la Conception acoustique d'une salle.2017.)

Présentation du dispositif architectural associé au thème :

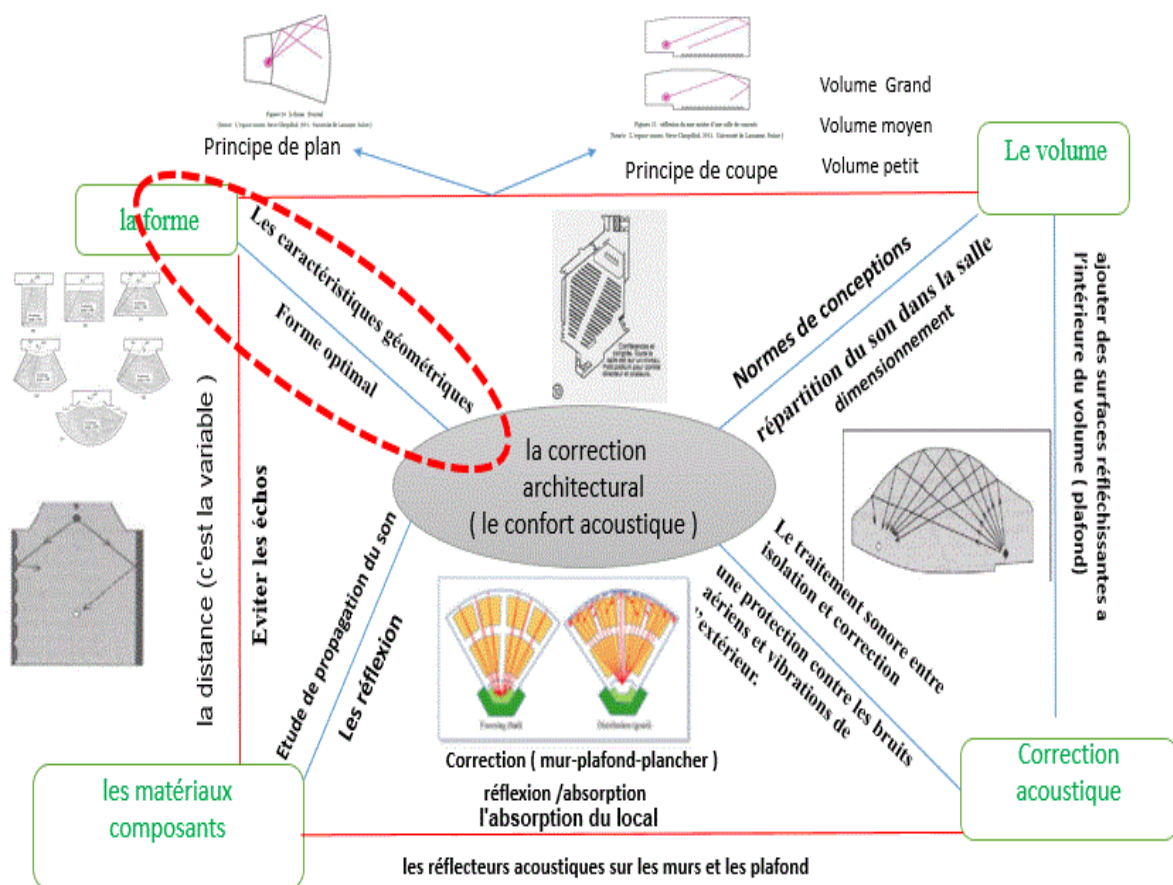


Fig. I.13. Présentation du dispositif architectural

(Source : auteur)

I.4. Conclusion :

Dans ce chapitre il a été clair que l'acoustique est l'étude des sons et bruit, de leurs natures, de leurs origines, de leurs propagations et de leur évaluation.

L'architecture en vrai relie la conception visuelle de l'espace aux phénomènes physique tel que les sons et leur perception, étant influencés directement par les caractéristiques de l'espace dans lequel ils sont produits.

Une bonne acoustique dépend de la façon dont se propagent les ondes sonores.

La salle dont la conception acoustique est le meilleur est celle qui assure aux oreilles une réception non déformée des sons de la parole. Cela nécessite de garder T à sa limite inférieure acceptée.

La problématique du bruit est un phénomène complexe qu'il n'est pas facile de circonscrire. Toutefois, il est nécessaire, aujourd'hui plus qu'hier, d'assurer aux habitants et usagers un environnement sonore sain qui favorise la qualité de vie et la quiétude.

Il est certain que la forme et l'espace architectural ne peuvent seuls assure la sensation du confort acoustique sans l'introduction des dispositifs technique, donc il faut métrer appel aux dispositifs technique pour arriver à ce confort.

Donc le confort acoustique va se partager entre la forme et ces dispositifs, c'est pour cette raison qu'il faut étudier et déterminer les spécificités de chaque dispositif technique et sa mise en œuvre dans l'espace pour assurer un bon confort.

La négligence de l'un ou de plusieurs éléments de cet ensemble qui s'avère complémentaire peut conduire à des problèmes de l'inconfort.

CHAPITRE II

**Acoustique des salles de
conférence**

CHAPITRE II : Acoustique des salles de conférence

II.1. Introduction :

Après avoir fourni sur les principaux fondements d'acoustique architecturale de manière générale ; on va étudier Dans cette partie l'acoustique dans les salles de conférences. L'objectif est de choisir parmi les formes existantes laquelle est la mieux adaptées pour notre projet. La connaissance des normes est indispensable. Les architectes se basent essentiellement sur les orientations de Neufert ; on va tenter de comparer ces normes aux différentes ressources bibliographiques dans le domaine d'acoustique architecturale. Il est question d'étudier en priorité l'impact de la forme architecturale sur la propagation du son.

II.2. Principales définitions :

II.2.1. Salle de Conférence :

Pour mieux cerner la définition d'une salle de conférence ; on définit tout d'abord le mot conférence ; qui est l'une des formes de conversation entre personnes

Donc, une salle de conférence est un lieu de conversation et de discuter des divers sujet (scientifique, politique, cultural...) ou le confort acoustique est une condition fondamentale pour ce type d'espace. Il faut assurer une bonne compréhension du message verbal c'est-à-dire une bonne intelligibilité de la parole.

II.3. Aperçu historique :

Evolution dans le temps : (théâtre)

Toute tentative pour appréhender les phénomènes acoustiques repose sur la maîtrise des connaissances de base rendues possibles grâce aux efforts et recherches de nombreux théoriciens à travers des siècles.

CHAPITRE II : Acoustique des salles de conférence

Construire un théâtre est une mission que les différentes sociétés se sont continuellement attribuées depuis plus de 2 500 ans.

De nos jours, chaque construction de théâtre est ancrée dans une grande tradition historique, mais en même temps marquée par la volonté d'échapper à la tradition.

II.3.1. Antiquité

Théâtre de Dionysos, début de la construction européenne de théâtres (fig. 1). Théâtre Marcellus : premier théâtre construit entièrement en pierres à Rome (fig. 2) (Neufeurt 10).

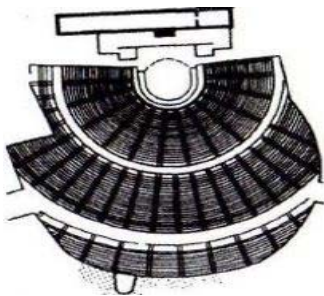


Fig. II.1. Théâtre de Dionysos

(Source : Neufeurt 10)

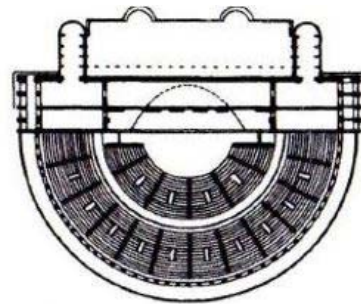


Fig. II.2. Théâtre Marcellus

(Source : Neufeurt 10)

A. Théâtres grecs :

Les premières salles de spectacle tenant compte de l'acoustique ont été construites par les grecques et datent de l'III^e siècle av. JC. Grâce à cet aménagement, les Grecs s'étaient rendu compte que le son se propageait mieux. Par exemple, une pièce de monnaie qui tombait sur la scène était entendue de tous, même des plus éloignés (Neufeurt 10).



Fig. II.3. Théâtre d'Epidaure.

(Source : Guillaume Pellerin. 2006)

B. Théâtres romaine :

Suite au succès des Grecs, la civilisation romaine entama elle aussi la construction de théâtres de même style architectural. Ces constructions possédaient, cependant, une moins bonne acoustique que celles de leurs prédécesseurs. En effet, les théâtres romains se situaient en milieu urbain alors que ceux des Grecs se situaient dans la nature et possédaient donc une moins bonne qualité sonore, puisque le milieu influe sur la réverbération et la durée des échos (Neufeurt 10).



Fig. II.4. Le Théâtre de Pompéi

(Source : Guillaume Pellerin. 2006)

II.3.2. Moyen Âge et la Renaissance :

Durant le Moyen-Âge et la Renaissance, de nombreuses salles de spectacles avec une excellente acoustique virent le jour, bien qu'aucunes découvertes majeures ne fussent faites à ces époques. Les architectes se fiaient à leur intuition pour la construction, obligeant les hommes à s'adapter aux salles, comme les prêtres qui devaient articuler et parler lentement afin d'être compris de tous (Neufeurt 10).

II.3.3. Entre le Moyen-Âge et aujourd'hui :

Entre le Moyen-Âge et aujourd'hui beaucoup de progrès ont été effectués, notamment au XIX^{ème} siècle, où l'on retrouve une modification de la forme des salles de spectacles passant d'une salle de forme elliptique à une salle de forme rectangulaire et bien d'autres. Grâce à ces nouvelles morphologies, le son est mieux mis en valeur et le temps de réverbération est plus long. C'est également à cette époque que l'utilisation des matériaux réfléchissants, absorbants ...a commencé. (Neufeurt 10).

II.4. La qualité acoustique d'une salle de conférence :

La qualité acoustique d'un espace architectural est fonction de l'isolement acoustique de la salle vis-à-vis de l'extérieur, et de la perception des sources sonores présentes dans la salle ; ce second point, associé au mode de propagation du son dans la salle.

II.4.1. La perception des sources sonores présentes dans la salle :

Le phénomène de réflexion, diffraction, diffusion ou absorption par les obstacles rencontrés (sol, murs et plafond, mobilier ...).

L'absorption acoustique permet de maîtriser la propagation sonore et le temps de réverbération à l'intérieur d'une pièce due à la multiplicité des échos renvoyés par les parois.

II.4.2. L'isolement acoustique de la salle vis-à-vis de l'extérieur :

L'ensemble des dispositions et les solutions prises afin de réduire la transmission de l'énergie acoustique depuis les sources qui produisent jusqu'aux lieux qui doivent être protégés.

II.4.3. Le problème de la qualité acoustique des salles de conférences :

Le problème de la qualité acoustique des salles de conférences est multidimensionnel : **géométrique** (physique) - **objectif** (lié au champ acoustique) - **Subjectif** (lié à la perception) (Steve Cherpillod. 2011)

Le volume et la forme de la salle, ainsi que l'étude des premières réflexions du son, se révèlent prépondérants.

II.5. Etude de l'acoustique dans les salles de conférence :

La qualité acoustique d'une salle de conférence est déterminée par deux études :

➤ Étude architectural :

Dans cette étapes en parle de la propagation du son dans une salle de conférence au niveau de la forme, le volume, les matériaux composantes.

En peut être formulée la problématique suivante :

-Quel est la forme géométrique optimale (performante) qui peut assurer un confort acoustique maximal dans la salle de conférence (solution architecturale) ?

➤ Étude technique :

CHAPITRE II : Acoustique des salles de conférence

En parle de la correction acoustique.

En peut être formulée la problématique suivante :

Quel sont les solutions technique adéquates et compatible avec la solution architecturale et qui doivent être prises en considération dès la phase d'esquisse pour atteindre le confort optimal dans la salle de conférence ?

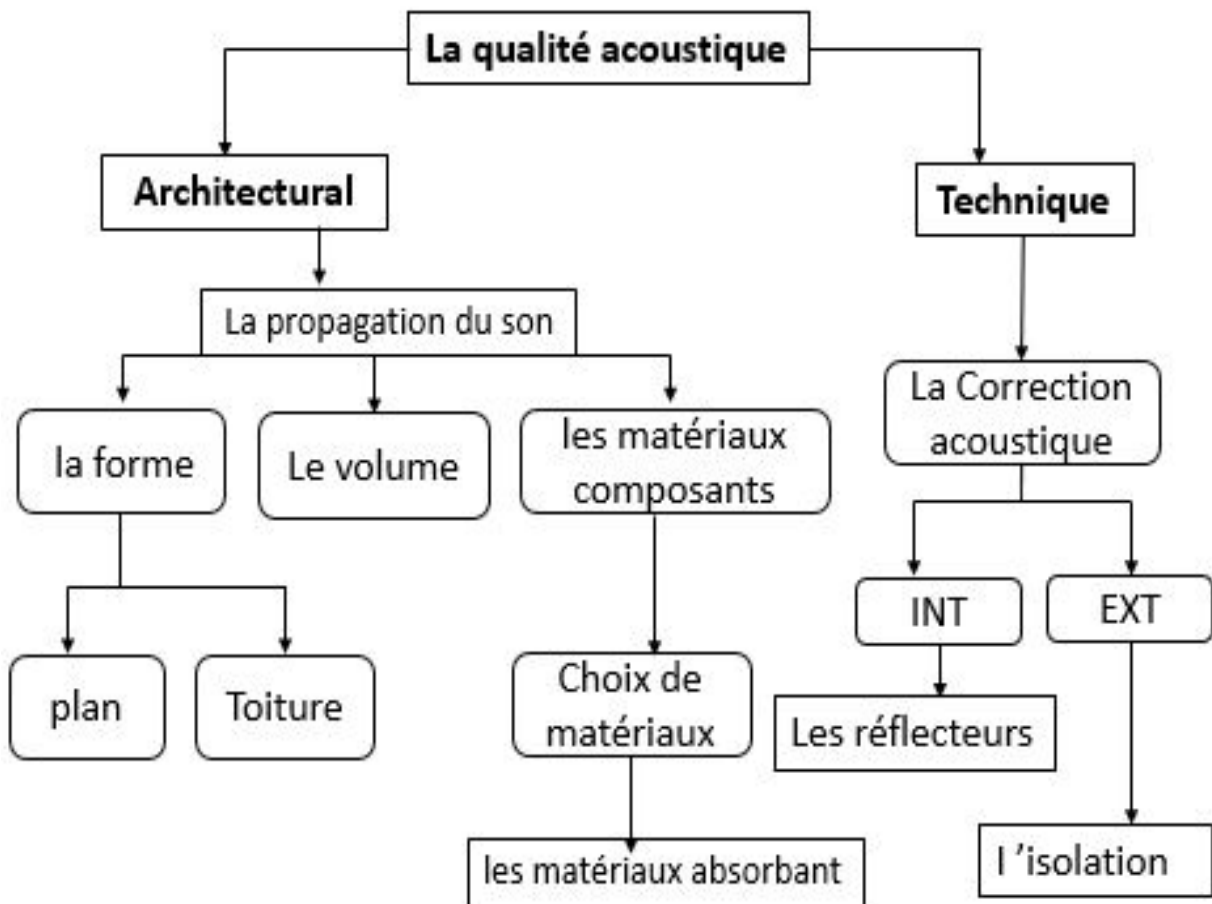


Fig. II.5. Schéma exprime l'étude de l'acoustique dans les salles de conférence.

(Source auteur)

II.5.1. Les Critères de la qualité acoustique :

- Une durée de réverbération adaptée à l'usage de la salle.
- Une bonne répartition du son dans la salle.
- Favoriser les sons directs et les premières réflexions.
- Eviter les échos, les échos flottants et les focalisations du son.
- Assurer une protection contre les bruits aériens et vibrations de l'extérieur.

II.5.2. Exemples de traitement acoustique :

A. Pour les petites salles :

Les parties de la salle à traiter sont la partie du plafond située vers le fond de la salle, le mur de fond et un mur latéral. (BOUKADOUM. 2012)

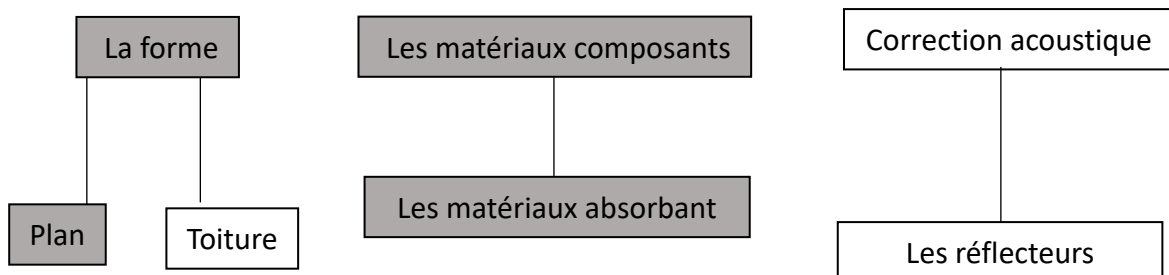
B. Pour les grandes salles :

La disposition des auditeurs en gradins favorise l'absorption, ce qui permet de limiter les zones traitées au mur de fond. Le plafond situé au-dessus du conférencier doit réfléchir les ondes sonores et les distribuées au milieu et au fond de la salle. (BOUKADOUM. 2012)

Les murs latéraux ne doivent pas être parallèles s'ils sont réfléchissants (risque de focalisations), Ils doivent être traités pour les rendre diffusants. La solution consiste à les habiller de reliefs pour briser leur parallélisme et homogénéiser le champ sonore. (Fig. II.6) (BOUKADOUM. 2012)

Quant aux formes, les plus adéquates acoustiquement parlant, elles sont fort variées et il n'est pas possible d'en préconiser certaines. Cependant il y a des erreurs de forme à éviter telles que :

- Les formes concaves, que ce soit en fond de salle ou en plafond pour éviter la focalisation des sons. Si par contre, une forme concave est imposée en fond de salle par exemple, elle doit être traitée avec des matériaux absorbants et diffusants (fig.II.7-fig.II.8) (BOUKADOUM. 2012)
- Les grandes surfaces réfléchissantes parallèles, les parois parallèles doivent être absorbantes ou diffusantes. (fig.II.6) (BOUKADOUM. 2012)
- Les grandes surfaces plates réfléchissantes. (BOUKADOUM. 2012)
- Les zones d'ombre acoustique sous les balcons, en veillant à ce que la longueur du balcon soit inférieur ou égale à $1/2$ la distance séparant le sol de la sous-face du balcon.(fig.II.9-fig.II.11) (BOUKADOUM. 2012)



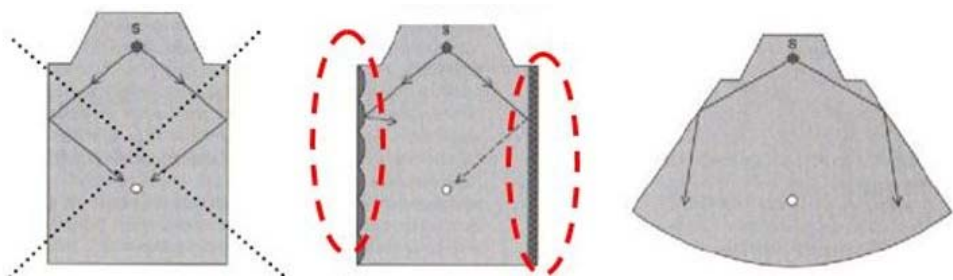


Fig. II.6.traitement des parois latérales
(Source : BOUKADOUM. 2012)

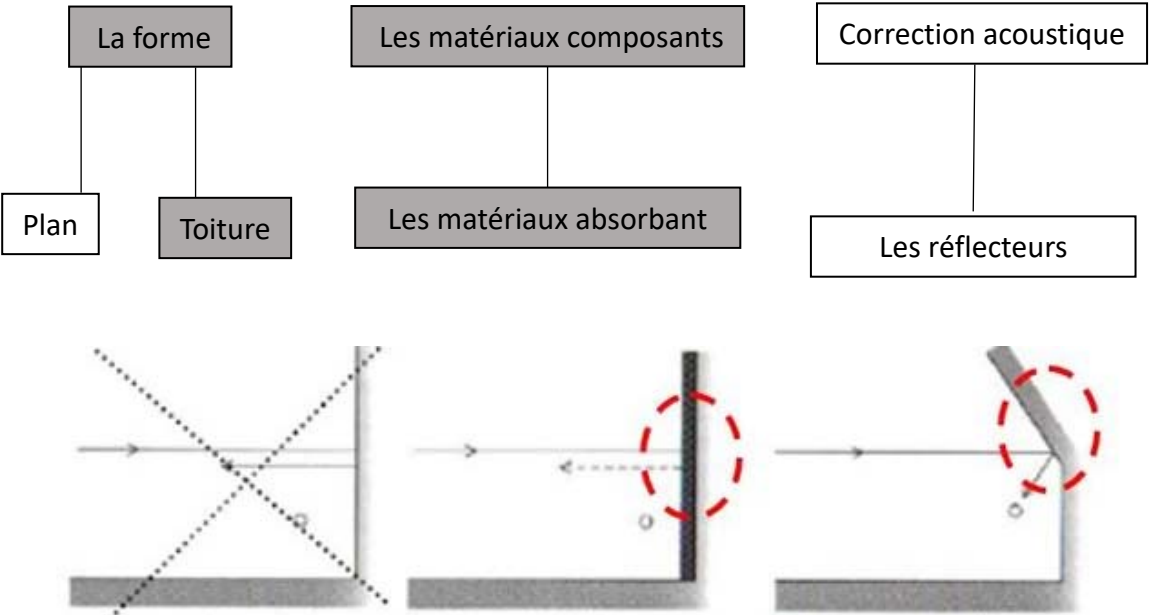
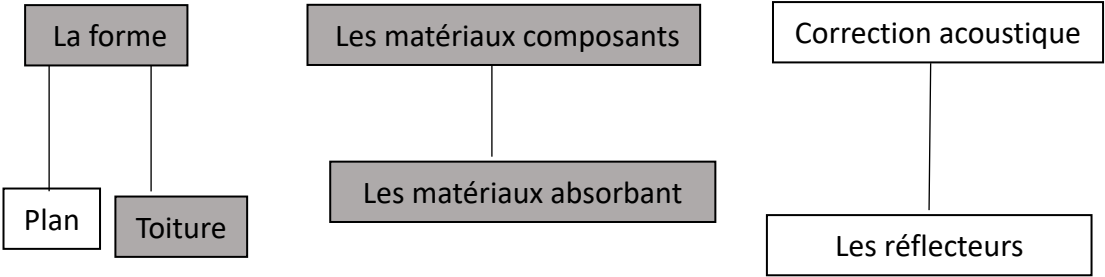


Fig.II.7. traitement des fonds de salle
(Source : BOUKADOUM. 2012)



CHAPITRE II : Acoustique des salles de conférence

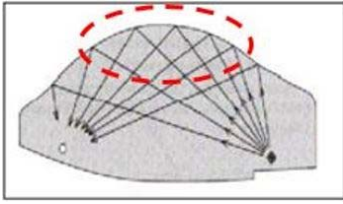


fig.II.8. risque de focalisation

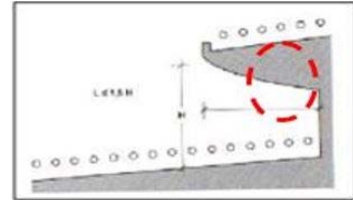


fig.II.9. Les zones d'ombre acoustique

(Source : BOUKADOUM. 2012)

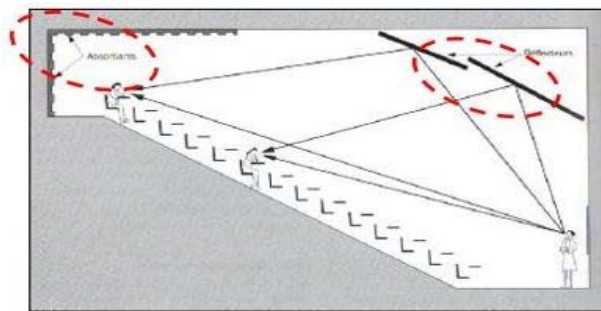
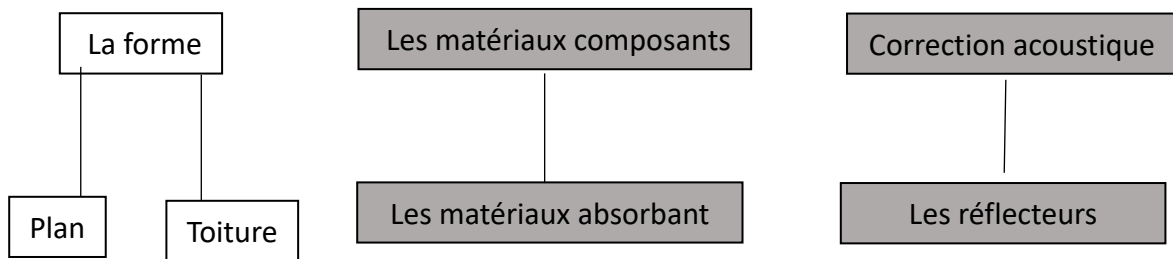
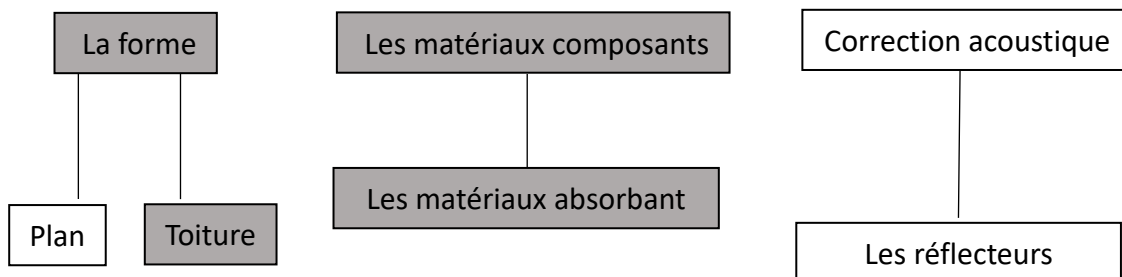


Fig.II.10. Disposition de réflecteurs et matériaux absorbants dans un amphithéâtre

(Source : BOUKADOUM. 2012)



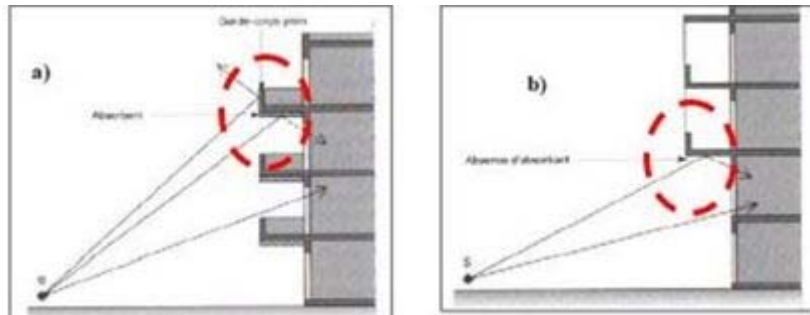


Fig.II.11. Influence de la conception des balcons dans la propagation des bruits

(Source : BOUKADOUM. 2012)

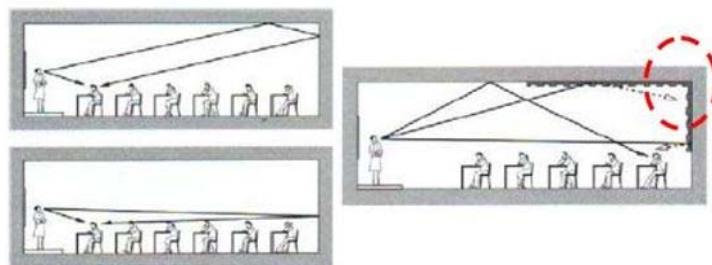
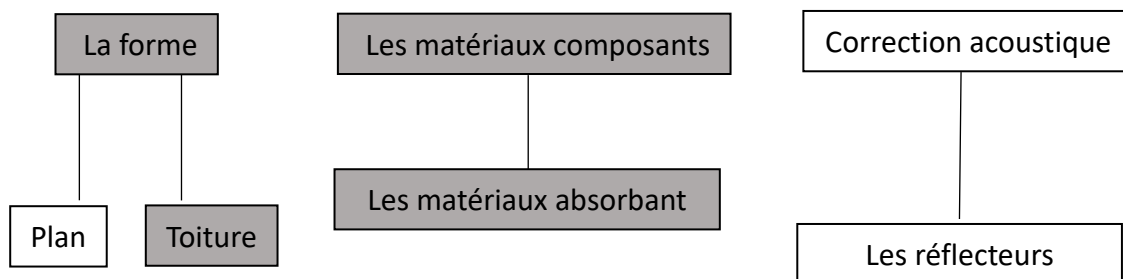


Fig.II.12. traitement acoustique du plafond et fond de la salle

(Source : BOUKADOUM. 2012)

-A droit : Salle non traitée, risque d'écho et de réverbération

-A gauche : salle traitée, premières réflexion favorisées et réverbération maîtrisée

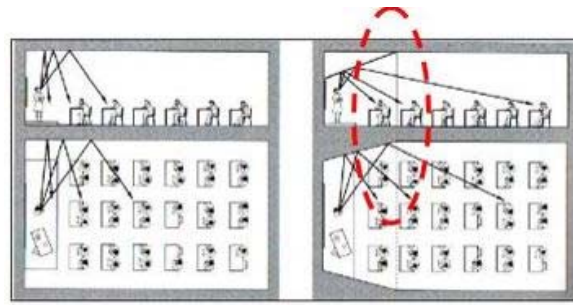


Fig.II.13. Favoriser les premières réflexions

(Source : BOUKADOUM. 2012)

II.5.3. Typologies des salles de conférence et leurs comportements sonores :

La qualité acoustique d'une salle de conférence est déterminée par son volume, sa forme et l'étude des premières réflexions

La géométrie de la salle influence directement la propagation sonore intérieure et chaque forme à ses propres effets sur le son. La forme en plan, tout en respectant la demande du programme pour une salle enveloppante et la relation public/scène.

C'est vrai qu'il existe autant de formes différentes de salles mais dans cette partie on va se baser sur la recherche de Steve Cherpillod.

A. Principe de plan :

A travers cette partie, on a pu suivre les différents types des formes des salles de conférences les plus adaptées et leur comportement sonore.

1. Salle en boîte à chaussure (boîte dans la boîte) :

La salle en forme de « boîte à chaussure » est la plus répandue, et plus standard

Cette forme était utilisée pour les salles de réception et de bal ainsi que dans les églises protestantes, où l'intelligibilité de la parole était considérée comme essentielle.

Ce type de salle est caractérisé par :

- Une forme rectangulaire avec une faible largeur
- Une grande hauteur de plafond, un plancher plat

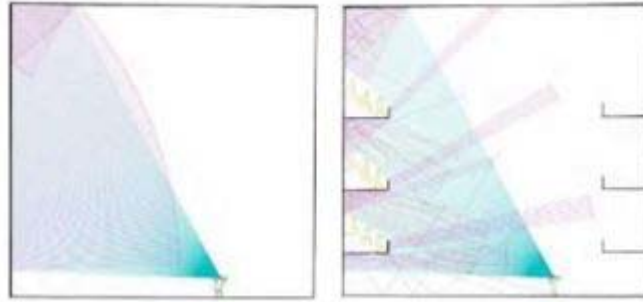


Fig.II.14. schéma de propagation sonore dans une salle d'une forme de : Boit a chaussure

(Source : Steve Cherpillod, 2011)

Comportement et propagation sonore :

Avantage :

- L'importance de l'effet de salle (La proximité des murs latéraux) et le sentiment d'être entouré par le son
- Le grand nombre d'ornementations permet de casser les effets néfastes des murs lisses et parallèles, qui répartissent mal le son dans l'ensemble de la pièce.

Inconvénient :

- Cette forme engendre généralement un problème d'écho qu'on peut éviter en inclinant les murs de scènes
- Simulation du trajet des rayons sonores en deux dimensions. Les traits bleus représentent les rayons incidents, les traits violets et rouges les rayons réfléchis

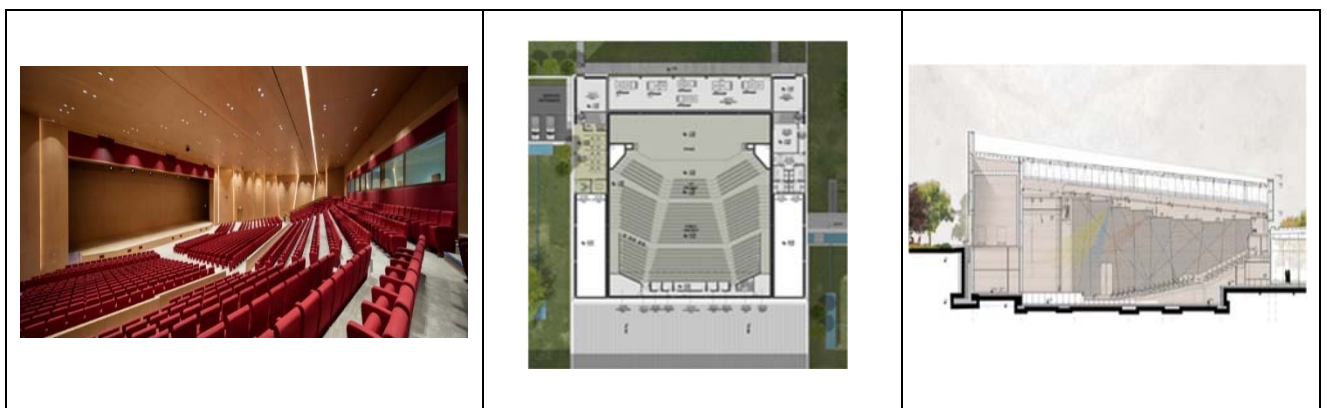


Fig.II.15. CongoKintele Congress Centre

(Source: ArchDaily.com)

CHAPITRE II : Acoustique des salles de conférence

2. Salle en arène :

Les salles en arène (ou en amphithéâtre) sont la modernisation des arènes et théâtres antiques, et donc de bons exemples acoustiques pour ce qui est de la parole et du théâtre

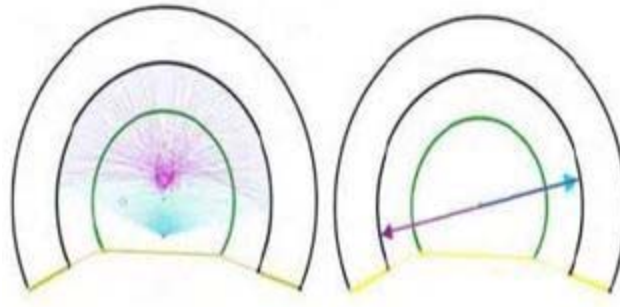


Fig.II.16. schéma de propagation sonore dans une salle d'une forme : en arène

(Source : Steve Cherpillod, 2011)

Comportement et propagation sonore :

Avantage :

- la forme minimise la distance entre les sources sonores et les spectateurs, ce qui permet la garantie d'énergie pour le son direct.

Inconvénient :

- le cercle favorise la transmission d'énergie entre une source et un récepteur situé à égale distance du centre du cercle, mais cette même transmission est mauvaise entre une source et un récepteur situés à des distances différentes par rapport au centre du cercle.
- Le cercle (et par extension une sphère) est une figure géométrique qui ne favorise pas la création d'un champ acoustique uniforme.
- Pour une source au centre de la salle, les seules réflexions réalisables sont le long du diamètre du cercle
- Aucune réflexion latérale n'est possible

La difficulté de ce type de salle : est d'une part d'éviter les focalisations et d'autre part d'assurer une acoustique homogène en tous points de la salle, car la qualité acoustique reste souvent différente entre les places proches de la scène et les places plus lointaines.

Pour faire fonctionner un amphithéâtre en forme d'arène, il est nécessaire :

- Introduire des éléments acoustiques (forte diffusion acoustique ou absorption partielle) sur les murs courbes de la salle pour « casser » la forme concave qui entraîne des focalisations.

CHAPITRE II : Acoustique des salles de conférence

- Ajouter des surfaces réfléchissantes a l'intérieure du volume pour obtenir une bonne distribution de l'énergie sonore.
- Par ailleurs, des réflecteurs acoustiques couvrant une partie de la scène et une partie du public peuvent permettre d'assurer une meilleure distribution de l'énergie sonore.

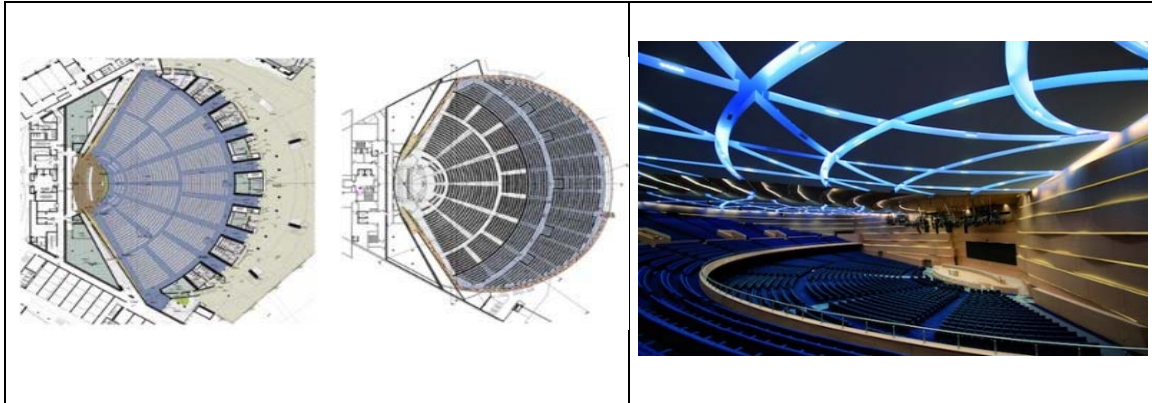


Fig.II.17. CIC Alger : Centre International de Conférences

(Source www.cic-alger.com)

3. Salle en éventail :

La plupart de ces salles ont été construites aux Etats-Unis, juste après la seconde guerre mondiale. Malheureusement, la notion de variabilité acoustique était peu développée à cette période

La salle en éventail est une forme à éviter, malgré son avantage à maximiser le nombre de spectateurs pour une distance minimale en fond de salle, tout en conservant un point de vue acceptable

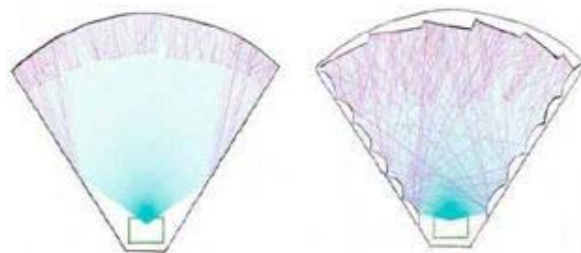


Fig.II.18. schéma de propagation sonore dans une salle d'une forme : en éventail

(Source : Steve Cherpillod, 2011)

Comportement et propagation sonore :

CHAPITRE II : Acoustique des salles de conférence

Avantage :

- L'avantage de cette forme de salle est qu'elle permet de maximiser le nombre de spectateurs pour une distance maximale donnée, tout en gardant un angle de vue acceptable vers la scène.
- Donner de bons résultats que si des réflecteurs appropriés sont judicieusement placés à l'intérieur même du volume de pour (casser) la forme en éventail
- Le manque de réflexions précoces lié à cette forme de salle peut être partiellement compensé par la présence de réflecteurs acoustiques sur les murs, mais également au plafond
- Permettra aux auditeurs quel que soit leur place, grâce à la trajectoire des ondes sonores de bien entendre de conférence tout en le voyant bien.

Inconvénient :

- L'inconvénient de ce type de forme est que, du point de vue acoustique, toutes les premières réflexions (des murs latéraux) sont dirigées vers le fond de la salle, d'où un manque d'énergie précoce (surtout de réflexions latérales) sur toute la partie centrale de la salle (un enveloppement sonore subjectif faible)

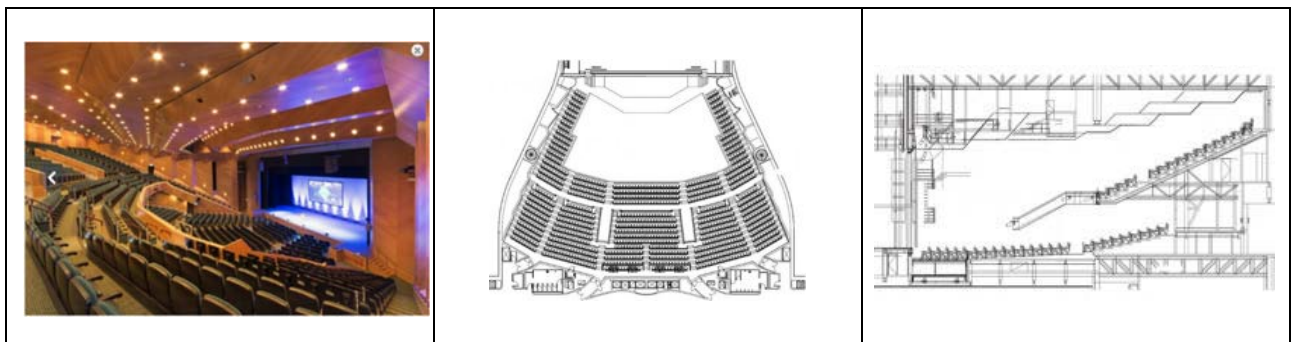


Fig.II.19. Centre de congrès de Dublin

(Source: ArchDaily.com)

4. Salle en Asymétrique :

C'est la plus récente qu'adoptent les salles contemporaines.

Elle offre aux spectateurs une visibilité différente de la scène selon leur position mais elle pose pas mal de problèmes d'homogénéité acoustique.

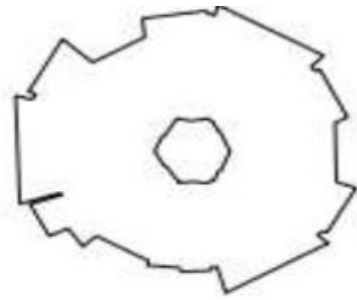


Fig.II.20. forme asymétrique
(Source: Steve Cherpillod, 2011)

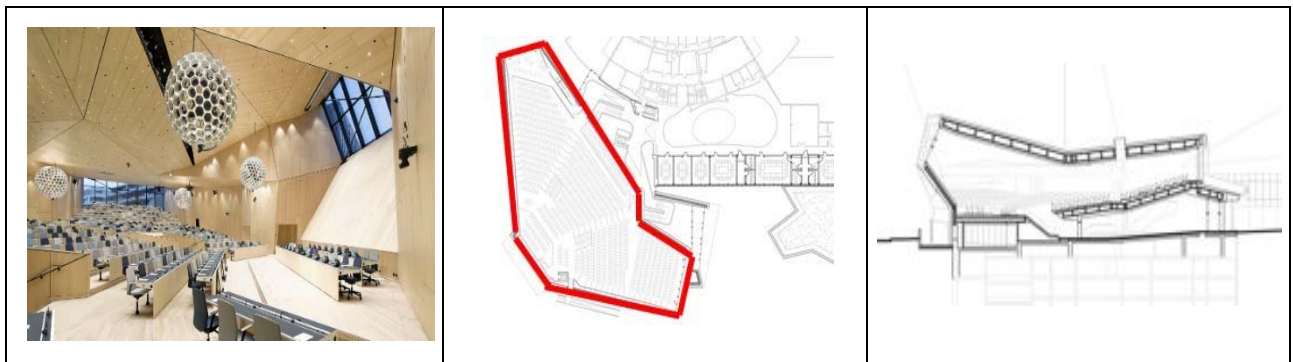


Fig.II.21. New Conference Hall for the World Intellectual Property Organization
(Source : ArchDaily.com)

B. Principe de coupe :

Les réflexions du mur arrière posent généralement des problèmes d'écho, car le son est renvoyé à son origine parallèlement à cause des angles droits. Ces réflexions peuvent être éliminées de différentes façons :

- La création d'angles dans le plafond pour éviter la réflexion parallèle avec le mur arrière.
- L'insertion d'un matériau absorbant sur le mur arrière pour diminuer la réflexion et absorber une partie des sons.
- L'insertion des surfaces diffusantes pour renvoyer les sons d'une manière à éviter l'écho.
- L'inclinaison du plafond permet d'éviter ce problème.

1. Optimisation par : matériaux composants :

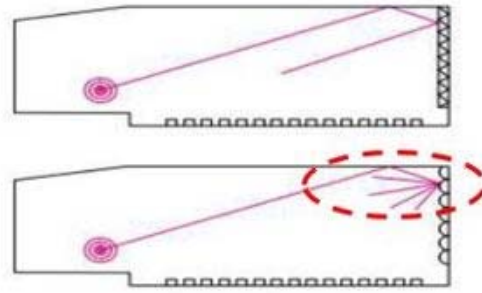


Fig.II.22. surface de réflexion sur le mur arrière d'une salle

(Source: Steve Cherpillod, 2011)

2. Optimisation par : l'inclinaison de la toiture :

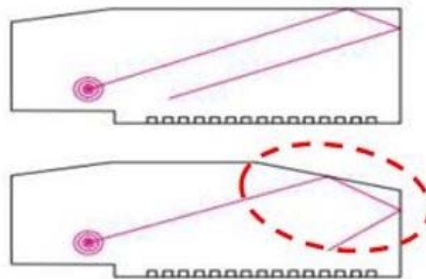


Fig.II.23. réflexion de mur arrière d'une salle

(Source : Steve Cherpillod, 2011)

D'autres types de plafonds ont apparu récemment qui sont les plafonds à géométrie complexe ou variable

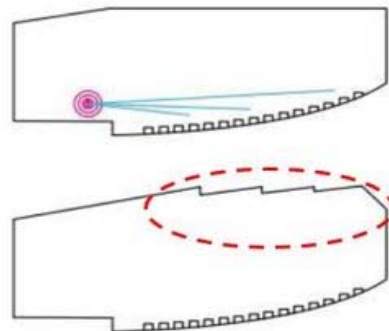


Fig.II.24. plafonds à géométrie complexe

(Source : Steve Cherpillod, 2011)

On résume les différentes typologies des salles de conférence qu'on a étudiée dans le tableau suivante :

CHAPITRE II : Acoustique des salles de conférence


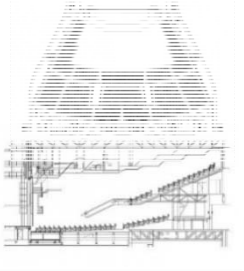
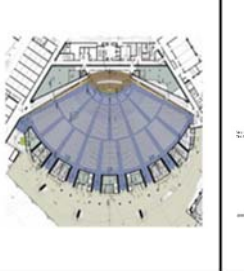
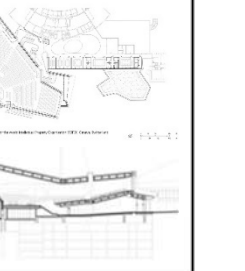
Typologie Formes	Boite à chaussure	Éventail	En arène	Asymétrique
Plan Toiture				
Volume Nombre max de spectacle	Volume petit 150-200 places	Volume Grand 400-800 et plus Volume moyen 300-400 places	Volume Grand 400-800 et plus place	Volume Grand 400-800 et plus place
Avantages	-La proximité des murs latéraux) et le sentiment d'être entouré par le son	-maximiser le nombre de spectateurs pour une distance maximale -un angle de vue acceptable -Bon propagation des ondes sonores	Permet la garantie d'énergie Pour le son direct	-elle pose pas mal de problèmes d'homogénéité acoustique -Elle offre aux spectateurs une visibilité différente – grand nombres
Inconvénients	Problème d'écho	Le manque de réflexions précoces -premières réflexion vers le fond de la salle	-une figure géométrique qui ne favorise pas la création d'un champ -aucune réflexion latérale n'est possible	-Problème de correction -Problème de réalisation
Type de correction mur/plafond	-casser les effets néfastes des murs lisses et parallèles	-(casser) la forme en éventail -les réflecteurs acoustiques sur les murs et les plafonds	-« casser » la forme concave qui entraine des focalisations (mur) -ajouter des surfaces réfléchissantes au volume (plafond)	-les réflecteurs acoustiques sur les murs et les plafonds - Les absorbant

Tableau II.1. Typologies des salles de conférence

(Source : auteur)

CHAPITRE II : Acoustique des salles de conférence

II.6. Études des articles :

II.6.1. L'article 1 :

Le titre : Conception acoustique pour un projet d'auditorium

Auteurs : M. A. Schnabel.

Issue de conférence : décembre 2017

Les mots clé :

Acoustique architecturale, Simulation de la performance du bâtiment, qualité de conception, Auditorium

La problématique :

Comment la simulation des performances du bâtiment aide les architectes à améliorer leur conception et à améliorer la qualité architecturale. ?

Quel est la recommandation de conception concerne la manière de minimiser l'absorption acoustique et d'obtenir une réverbération suffisant ?

Cas d'étude :

Un auditorium en cours de construction.



Fig.II.25. Le projet en construction

Les Objectifs

L'acoustique n'était pas pleinement prise en compte. Les architectes n'étaient pas convaincus de sa performance acoustique. Les auteurs ont donc été invités à les aider à vérifier leur conception et à améliorer la qualité de la conception, en particulier sur l'acoustique architecturale pendant la phase de construction.

CHAPITRE II : Acoustique des salles de conférence

L'environnement acoustique d'un projet d'auditorium peut être amélioré dans les domaines suivants (Barron, 1993) :

- La surface au sol et le volume de l'auditorium doivent être maintenus à un minimum raisonnable pour assurer un volume sonore suffisant dans chaque partie de l'auditorium.
- Des caractéristiques de réverbération optimales devraient être fournies dans l'auditorium afin de faciliter toute fonction requise.
- L'énergie sonore doit être uniformément répartie dans la pièce.
- La pièce doit être exempte de défauts acoustiques (échos distincts, échos de battement, écho des palissades, ombrage du son, résonance de la pièce, concentrations sonores et réverbération excessive).

Technique de recherche :

Simulation à l'aide du logiciel Odeon 5.0.

Les auteurs ont également utilisé des études de cas pour discuter des implications de la conception et proposer des recommandations de conception.

Les résultats :

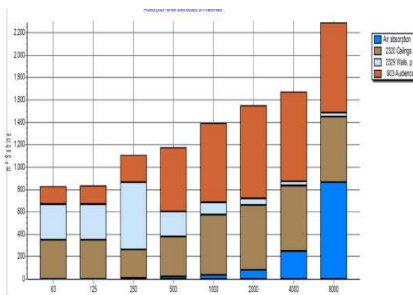


Fig. II.26. source d'absorption

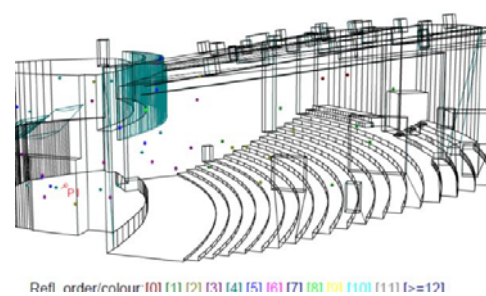


Fig. II.27. Distribution de l'énergie sonore

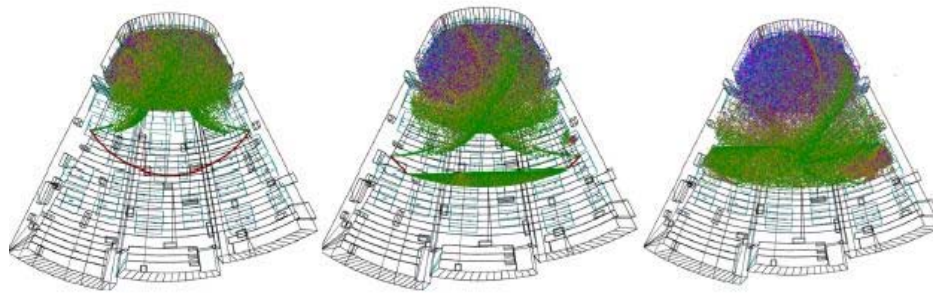


Fig.II.28.Distribution du son dans l'auditorium : 48 ms (à gauche), 60 ms (au centre) et 73 ms (droite)

Le T_r pour l'auditorium aux moyennes fréquences (500 Hz) est estimé entre 1,4 à 1,7 secondes. Tandis qu'aux hautes fréquences (1000 Hz, 2000 Hz, etc.) le T_r est inférieur à 1,0 seconde.

En effet le public a absorbé la plus grande partie du son. Compte tenu de l'absorption due au public qui est difficile à changer, des efforts devraient être faits sur les plafonds, pour assurer une meilleure propagation du son à travers toute la salle.

Il a été constaté que la partie supérieure de la scène empêche la propagation du son vers le public.

Le son direct (boules rouges profondes) ne peut pas atteindre la paroi arrière. Cela signifie que la sortie de la scène nécessite un traitement acoustique. Des réflecteurs doivent être envisagés.

Il a été constaté aussi que les murs de la scène ont contribué à une focalisation du son dans les premières lignes (rangées) de l'auditorium.

L'énergie sonore focalisée causera une distorsion du son, ce qui devrait être évité. La raison principale est que le mur est concave.

Recommandations de conception :

La recherche identifie les principales conclusions et recommandations de conception suivantes :

- 1- L'expérience tirée du petit auditorium consiste à surélever le toit pour augmenter la réverbération.

CHAPITRE II : Acoustique des salles de conférence

- 2- Les résultats montrent que l'auditorium doit être conçu de manière à **réduire l'absorption**. Les absorptions sonores des plafonds et des murs doivent être minimisées lors de la sélection des **matériaux**.
- 3- La diffusion du son dans l'auditorium n'est pas avantageuse à la sortie de la scène. **Des réflecteurs** doivent être placés pour distribuer l'énergie sonore au public.
- 4- La concentration de l'énergie sonore a été trouvée aux premières rangées (début) de l'auditorium. La paroi arrière de la scène doit être conçue pour éviter la focalisation du son.
- 5- Les murs sur des surfaces «ondulées» afin de supprimer la focalisation provoquée par des murs concaves.

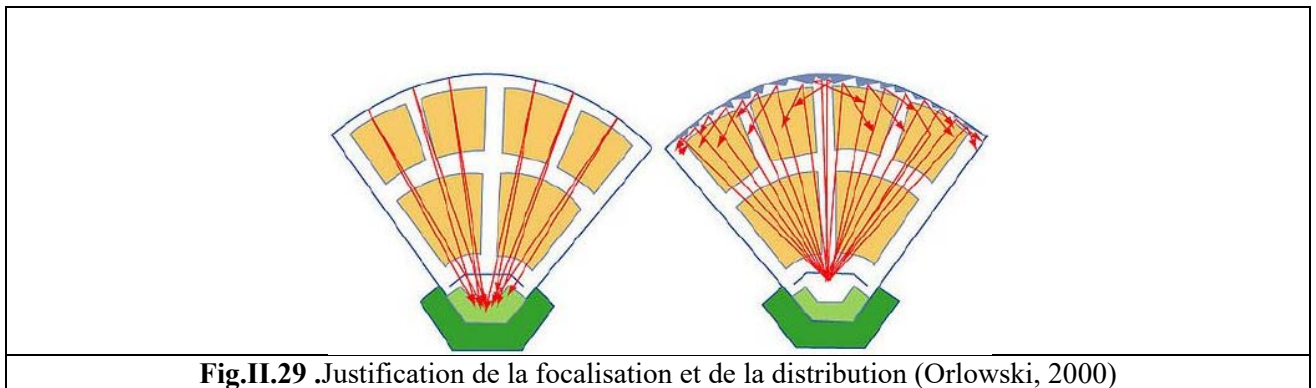


Fig.II.29 .Justification de la focalisation et de la distribution (Orlowski, 2000)

Conclusion

Les études de performance de ce projet sont arrivées à une étape avancé ; ainsi, certains défauts acoustiques (tels que la focalisation du son due à la forme concave)

Ce projet montre comment les études de performance des bâtiments peuvent aider les architectes à améliorer la qualité de leur conception. En réponse au débat soulevé au début de cet article.

Les auteurs estiment que la simulation des performances du bâtiment est en effet un instrument important qui devrait être utilisé dans la conception architecturale.

II.6.2. L'article 2 :

Titre : Étude du comportement acoustique des salles

CHAPITRE II : Acoustique des salles de conférence

Auteurs : Abdelghani Gramez

Issue de conférence : 10ème Congrès Français d'Acoustique, Lyon, 12-16 Avril 2010

Les mots clé :

Clarté, L'intelligibilité, La réverbération, La sensation de l'espace, Modélisation de comportement acoustique

La problématique :

Quels sont les paramètres significatifs pour simplifier les problèmes et assurer une bonne qualité acoustique ?

Les Objectifs :

Présenter le vocabulaire utilisé pour décrire le comportement acoustique d'une salle.

Cas d'étude : Auditorium

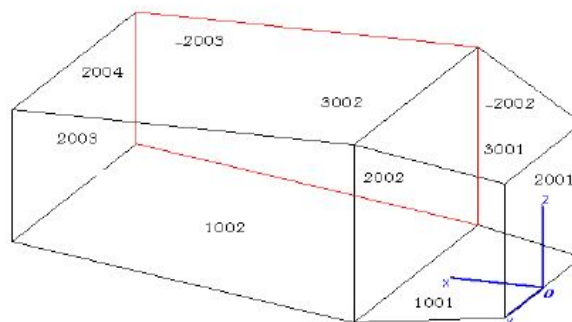


Fig.II.30.géométrie de l'auditorium

Technique de recherche :

Méthodes empiriques et statistiques :

- les méthodes ondulatoires
- les approches géométriques.

-L'implantation de la géométrie de la salle ainsi que le calcul des paramètres acoustiques selon la norme ISO 3382 peuvent être effectués avec la plupart des logiciels de simulation acoustique des salles (ODEON, CATT, EASE, ...etc.).

Résultat :

CHAPITRE II : Acoustique des salles de conférence

Les propriétés des surfaces intérieures de l'auditorium sont présentées dans le tableau 1.

La nature et les coordonnées des sources sont présentées dans la figure 3 et le tableau 2.

Surface	1001	1002	2001	-2002 2002	-2003 2003	2004	3001	3002
Superficie (m ²)	78	259,256	75	58,697	139,52	119,04	84,5	256
Matériau (base de donnée ODEON)	11001	11005	4042	4042	4042	4042	4042	4042
Coefficient de diffusion	0.7	0.7	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

Table 1. Les propriétés des surfaces intérieures

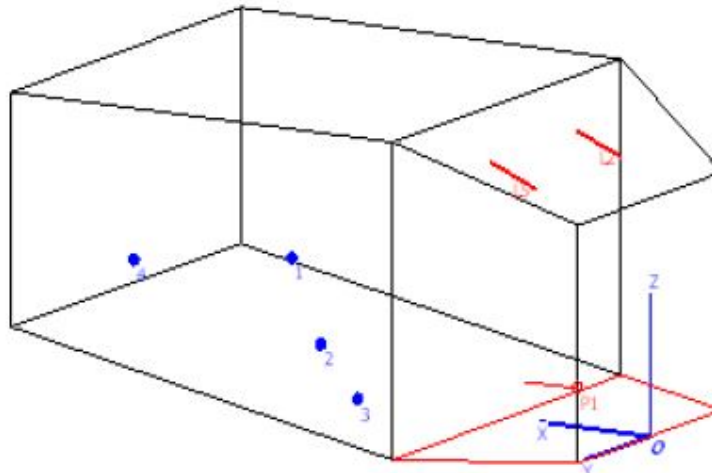


Fig.II.31. la position de sources (en rouge) et de récepteurs (en bleu).

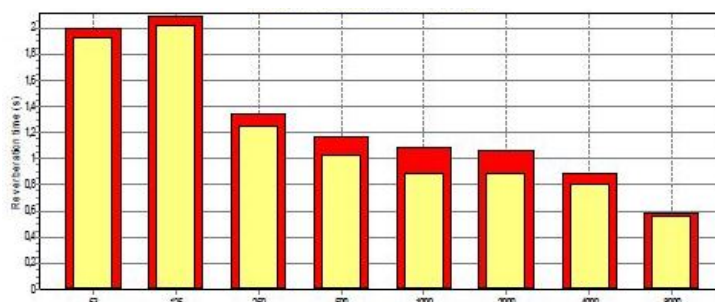


Fig.II.32. Durée de la réverbération en fonction de fréquence

CHAPITRE II : Acoustique des salles de conférence

- La durée de réverbération du local est de l'ordre de 2,4 secondes aux moyennes fréquences (500 Hz). Pour une activité basée sur la communication orale cette valeur est **trop** élevée (valeur conseillée entre 0,6 et 1s).
- À cause de l'effet de masque, la réflexion sera inaudible si elle atteint l'oreille très rapidement après le son direct et/ou son niveau est très bas par rapport au son direct.

Recommandations

- Il est recommandé de réduire la durée de réverbération par la couverture de murs latéraux de l'assistance par exemple par des matériaux absorbants (velours lourd).
- Afin de renforcer le niveau sonore dans les zones les plus défavorisées (loin de sources) et améliorer l'homogénéité de la répartition du niveau sonore, il est envisageable d'installer deux sources linéaires identiques aux deux premières déjà existantes.

Conclusion :

Ce travail avait pour objet de présenter les différents paramètres et les approches utilisées pour évaluer le comportement acoustique des salles. Un exemple a été exécuté sur un environnement de simulation afin de calculer les paramètres utiles pour une évaluation précise de la qualité acoustique d'une salle.

II.6.3. L'article 3 :

Le titre : La conception acoustique du nouvel auditorium de conférences

Auteurs : Pr. Ahmed Elkhateeb - Dr. Mourad Abdel Kader, Dr. A. Zakaria

Issue de conférence : Le 29 juin 2012

Les mots clé :

Acoustique architecturale, Salle de conférence, Absorption acoustique, Isolation acoustique

CHAPITRE II : Acoustique des salles de conférence



Fig.II.33. cas d'étude

Les Objectifs :

Les objectifs de ce travail sont :

- Présenter les techniques acoustiques et les matériaux de finition appliqués dans la salle considérée.

-Comparez les mesures de terrain enregistrées après la construction de la salle avec les valeurs optimales recommandées pour l'intelligibilité de la parole, ainsi qu'avec les valeurs attendues tôt dans les phases de conception.

Objectifs d'une bonne acoustique :

On peut dire que l'acoustique architecturale en général et l'auditorium acoustique en particulier, visent deux objectifs principaux

-Le premier est à l'intérieur de la pièce : créer un bon environnement acoustique, appelé absorption et propagation du son.

-La seconde : l'isolation acoustique.

Technique de recherche :

Le travail compare enfin entre les mesures enregistrées après la construction de l'auditorium, les valeurs attendues pendant la phase de conception acoustique (en utilisant ODEON version 4.2) et les valeurs optimales pour les indicateurs d'intelligibilité de la parole

Type d'étude :

1- approche architecturale :

2-Description des phases de la conception acoustique de la pièce considérée :

• Première phase ; vérifier l'uniformité et la diffusivité du champ sonore

CHAPITRE II : Acoustique des salles de conférence

- phase deux ; déterminer les valeurs optimales et l'absorption requise
- phase trois ; analyse détaillée par simulation

3- Comparaison

Résultat :

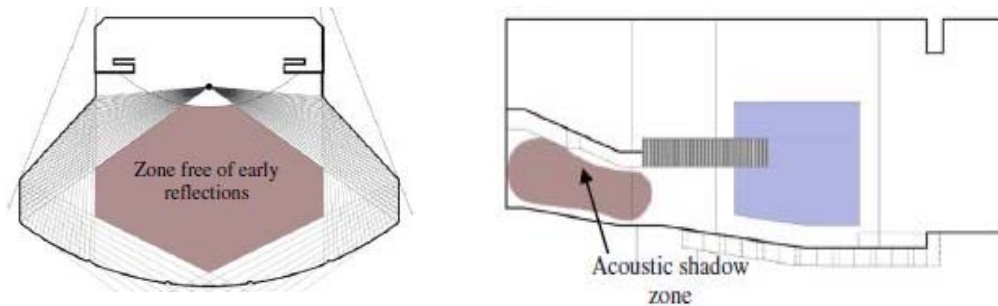


Fig.II.34. résultat de simulation

- L'existence d'une grande zone au milieu de la pièce, libre de réflexions précoces.
- Une zone d'ombre acoustique dans la zone située sous le balcon en raison de son porte-à-faux qui obstrue l'arrivée de rayons dans cette zone.
- Des échos en particulier aux banquettes avant si elle dépasse la limite de perceptibilité.

Les Mesures sur le terrain par rapport aux valeurs attendues et optimales :

- En raison de contraintes architecturales, les valeurs optimales pour certains des indicateurs acoustiques mentionnés ne peuvent pas être atteintes.
- Les mesures sur le terrain donnent dans la plupart des cas des valeurs meilleures que celles attendues tôt dans les phases de conception et d'analyse.
- Le temps de réverbération estimé pour la salle occupée était proche de l'optimal, en particulier dans les bandes de fréquences moyennes et hautes.

Recommandations

- Abaisser la hauteur de la pièce en installant un plafond suspendu sur une hauteur inférieure à la hauteur réelle de la pièce
- Réduit le volume de la pièce d'environ 4 760 m³ (environ 22% par rapport au volume brut de la pièce d'origine).
- Réduire le T optimal de la pièce.

CHAPITRE II : Acoustique des salles de conférence

- Limité la différence de temps entre les rayons directs et réfléchis afin de ne pas dépasser la limite de perceptibilité.
- Les sons dans ces plages peuvent être absorbés par les matériaux poreux (Les tapis, les dalles acoustiques, les rideaux, le coton et la fibre de verre). Ces matériaux se caractérisent par un facteur d'absorption relativement élevé dans ces bandes de fréquences
- Couvrir les matériaux absorbants par des plaques perforées constituées de différents matériaux tels que les textiles, le bois (naturel ou usiné) ou les tôles métalliques. Tout d'abord protège les matériaux absorbants contre les dommages. Deuxièmement, cela améliore grandement leur apparence.
- Le pourcentage de perforation ne doit pas être inférieur à 15 à 20% de la surface totale du panneau.

Conclusion :

Ce travail présente les phases de la conception acoustique d'un auditorium de conférences

Ces restrictions ont été imposées avec des matériaux de finition réfléchissants (marbre et granit pour les sols, panneaux MDF pour les murs et panneaux de gypse pour le plafond). En plus l'éclairage naturel et la ventilation doivent être utilisés.

Les mesures sur le terrain qui ont été enregistrées à l'aide du système MLSSA ont montré que les matériaux de finition utilisés permettaient d'atteindre un bon niveau d'intelligibilité de la parole dans l'auditorium.

La distribution des rayons peuvent être traitées en reformant les limites de la pièce (murs / plafond).

II.7. Recommandations :

Enfin on va tirer des recommandations sur la forme qui permet de réaliser une bonne conception acoustique de projet afin d'assurer un bon confort.

Après les différentes études de la propagation du son dans les salles de conférences. On a choisi la forme en éventail qui est combinée avec la toiture inclinée parce que :

CHAPITRE II : Acoustique des salles de conférence

- Le niveau de la réverbération au centre de la salle et aux gradins est faible.
- L'absence de la réverbération au niveau des murs latéraux
- L'inclinaison de la toiture permet une bonne propagation du son au centre et aux derniers rangs dans la salle
- Elles contiennent une grande zone de confort

Pour le choix de la forme en éventail il faut adopter une toiture inclinée avec l'utilisation d'une solution technique celle de l'intégration d'un matériau absorbant au niveau des gradins pour minimiser la réverbération

Il Ya une possibilité aussi d'utiliser la forme courbe de toiture avec l'intégration des réflecteurs au plafond pour traiter le manque des rayons sonores directs au centre de la salle

II.8. Conclusion :

La salle de conférence est parmi les espaces où le son doit être géré et traité d'une manière qui permet aux auditeurs de profiter de haute qualité du son.

La forme d'une salle joue un rôle important car les propriétés géométriques ont une influence directe sur la propagation des ondes sonores. De plus, le rapport scène-salle se trouve changé en fonction de la géométrie.

Il est évident que la qualité acoustique doit être soignée dans toute la surface de la salle de conférence et pour cela on va définir la meilleure forme, qui influe sur la propagation du son et l'optimisation des conditions d'émission et de réception des ondes sonores dans l'espace.

Pour la conception d'une salle de conférence qui a une grande performance acoustique au niveau de la propagation du son directe et la réverbération sonore il faut combiner entre la forme en éventail en plan avec la toiture inclinée en coupe.

Partie II

Analytique

Chapitre I
projet centre régional de
conférence

Partie II : Analytique

Chapitre I : projet (centre régional de conférence)

I.1. Introduction :

À travers ce chapitre, nous souhaitons de découvrir les détails de projet et ses différents secteurs à partir des deux étapes importantes qui sont l'analyse des exemples et l'programmation pour passer à phase de conception.

I.2. Analyse des exemples :

Le choix des exemples a été fait selon plusieurs critères ayant une relation directe avec notre thème de recherche et notre projet, en allant du programme architectural, les typologies des salles utilisées et les différents contextes urbains aux techniques acoustiques et architecturales mise en œuvre.

I.2.1. Présentation des projets :

Nouvelle salle de conférence de l'OMPI	Le Centre international de conférence de Congo	Le Centre international de conférence d'Alger
		
<ul style="list-style-type: none">-Architecte : Architectes Behnisch-Situation : Genève, Suisse-Réalisation : 2014-Surface : 7700.0 m²	<ul style="list-style-type: none">-Architecte : Architectes AVCI-Situation : kintele, congo-Réalisation : 2017-Surface une superficie d'environ 8 hectares	<ul style="list-style-type: none">-Architecte : l'agence italienne Fabris&Partners-Situation : Alger/Algérie-Réalisation : la fin de 2016-Surface : 220.000-119.320 m²

Tableau I.1. Présentation des projets analysés

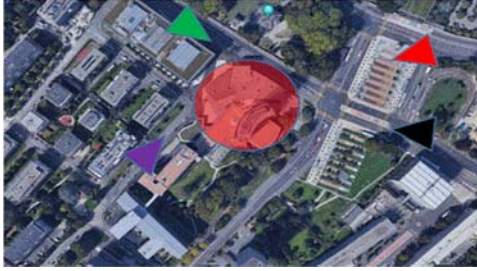
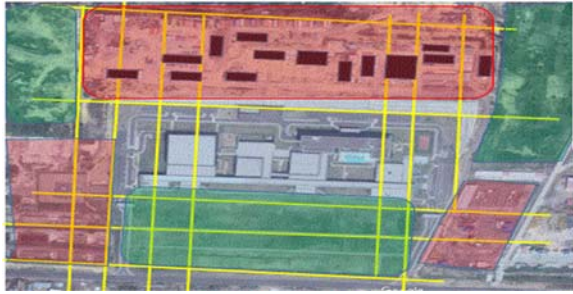

Chapitre I : projet (centre régional de conférence)

I.2.2. Programme :

Nouvelle salle de conférence de l'OMPI	Le Centre international de conférence de congo	Le Centre international de conférence d'Alger
<ul style="list-style-type: none"> -Salle de conférence -Salles de réunion -Salon -Salle Bilger - Cabines d'interprètes - Cabine de régie -Salle de repos - Pièces annexes - Foyer - secteur administratifs 	<ul style="list-style-type: none"> - salle de conférences de 59657m² -une salle des Présidents de 375 sièges, 3721m -une salle de presse de 148 places. -trois salons VIP de 152m² -une salle des banquets de 2285m² pouvant accueillir 1000 personnes -un musée d'art de 691m² -un bâtiment technique de 1052m² -un restaurant public de 885m² -un Piazza de 1150m² -quatre boutiques 	<ul style="list-style-type: none"> -l'auditorium principal de 6.000 places. -Salle de Conférence : 705 places -6 salles polyvalentes pour séminaires -1 salle banquets, 3.000 places -7 restaurants de 1.700 couverts. -1 salon d'honneur -1 espace EXPO de 12.000 m2 -Salle de presse 110 place -61 bureaux délégations -4 studios radio-4 studios TV -bibliothèque

Tableau I.2. Présentation des programmes

I.2.3. étude urbaine :

Projet	Nouvelle salle de conférence de l'OMPI	Centre international de conférence de Congo	Le Centre international de conférence d'Alger	Synthèse
Repérage	 <p>-le projet est visible sur toute la continuité des routes principales - Le projet est une icône dans le paysage</p>	 <p>-le projet est visible sur toute la continuité de la route principale - Le projet est un joyau architectural pour le paysage urbain</p>	 <p>-L'intégration du projet dans son site à travers une continuité urbaine assurée par la toiture continue,</p>	<p>- Dans l'exemple 1 le repérage de projet est assuré grâce à son emplacement dans le site et aussi de sa forme et leur revêtement en bois -Dans l'exemple 2-3 le repérage est assuré grâce de la continuité urbaine de projet</p>
Intégration urbain	<p>-forme irrégulière par rapport les axes urbain intégration par contraste - Le projet est bien intégré dans son environnement Pour Valoriser le site urbain / naturel (bâtiment complémentaire à ses bâtiments voisins pour Continuité de l'espace urbain)</p>	<p>- forme régulière par rapport les axes urbain - Le projet situé dans un milieu naturel - urbaine -Le site offre une vue panoramique sur le fleuve Congo.</p>	<p>-L'objectif principal de la modélisation de la forme extérieure a été d'intégrer le bâtiment dans le contexte du paysage dans lequel il se lève et d'ici l'inspiration aux dunes qui marquent le site.</p>	<p><u>Ex 1-2</u> - Le projet est intégré dans son environnement Pour Valoriser le site <u>Ex 3</u> -L'objectif d'intégrer le bâtiment dans le contexte du paysage (l'inspiration aux dunes qui marquent le site.)</p>
Identité	<p>-l'intégration de bâtiment avec les bâtiments administratifs existante pour donner au bâtiment une identité politique -l'identité d'un contexte administratif</p>	<p>-la grande surface de projet exprime l'importance de ce joyau architectural -l'identité d'un contexte politique</p>	<p>-le CIC est une étape importante dans la ville. -l'identité d'un contexte politique</p>	<p><u>Ex 1</u> -Donné ou bâtiment une identité politique -l'intégration de bâtiment avec les bâtiments administratifs <u>Ex 2-3</u> -la grande surface de projet</p>

<p>Approche, accueil, attraction</p>	 <p>-le corps de bâtiment flotte telle une sculpture monumentale dans le paysage qui l'entoure -L'entrée est le seul point qui est en ancrage avec le sol.</p>	 <p>-les Eléments d'attraction pour l'entrée principal</p>	 <p>-L'attraction de projet par le style architectural de projet et la continuité de toiture</p>	<p>-L'Attraction de projet par la silhouette urbain -l'utilisation des Eléments d'attraction pour le marquage de l'entrée principal</p>
<p>Accessibilité</p>	 <p>-La situation du terrain indique qu'il est bien accessible par 2 voie principal avec flux piéton entourée le projet</p>	 <p>-Le projet est accessible à cause d'un flux mécanique -la faible densité de bâti facilite l'accessibilité au projet</p>	 <p>L'accessibilité au projet par des flux mécanique et des accès piéton entourée le projet</p>	<p>-Le projet est accessible à cause des flux mécanique et aussi grâce de l'importance de contexte urbain (contexte politique)</p>

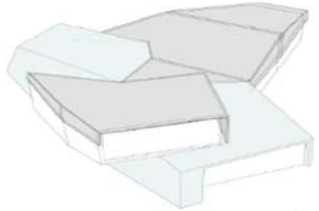
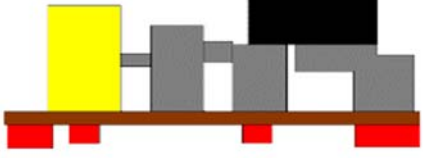
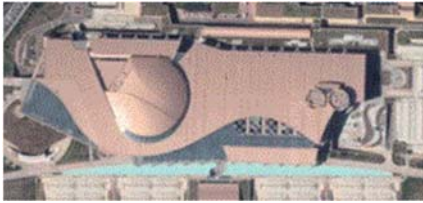
Tableau I.3. Étude urbaine

Synthèse :

- L'importance de Repérage de projet dans le site
- L'Attraction de projet par la silhouette urbain
- Le choix de la zone d'étude élargie selon la nature de projet pour être Complémentaire des autres projets de la zone
- La participation de la forme du projet et de son traitement extérieur au paysage urbain.
- Conception d'un projet et respecté l'environnement naturelle
- L'intégration du projet dans son site à travers une continuité urbaine
- identité le projet par rapport sa nature et son environnement
- Le site doit être connecté aux réseaux routiers principaux

Chapitre I : projet (centre régional de conférence)

I.2.4. étude Architectural :

Étude Projet	Nouvelle salle de conférence de l'OMPI	Centre international de conférence de Congo	Le Centre international de conférence d'Alger	Synthèse
Type d'architecture	Architecture postmoderne «déconstructivisme»	Architecture moderne	Le style traditionnel local rencontre avec le style moderne et technologique.	L'architecture moderne donne au projet un bon niveau sonore
Volume	 <p>La forme est caractérisée par l'agencement de 4 volumes en forme de boîtes</p>	 <p>La forme est caractérisée par l'agencement de plusieurs volumes et une colonnade de liaison</p>	 <p>Une forme libre couverte par une toiture fluide continue</p>	<p>Ex : 1 Organisation linéaire</p> <p>Ex : 2-3 Organisation centrée</p>
Enveloppe	Les revêtements en bois	-revêtement plus léger par les lambris d'aluminium.	Le forme a été confectionnée à travers la pose d'un toit aux formes fluides pour se conformer aux les dunes	L'utilisation des revêtements en bois et en aluminium
Couleur et matériaux	L'architecte utilise les matériaux moderne tell que : Le bois, le métal, le verre	-utiliser des matériaux naturels en tout temps comme le bois, et la pierre -des éléments d'ombrage verticaux sont une finition bronze/laiton de couleur plus claire,	-l'atmosphères sub-sahariens à travers les couleurs et les formes - La façade principale réalisée en plâtre sculptée dans le contexte moderne.	-utiliser des matériaux naturels le bois, et la pierre -Le contraste de texture entre le bois et le verre
Structure	-Système mixte en boîtes continues -une structure en bois contemporaine d'une approche durable	Système mixte	-Système mixte -systèmes d'installation technique moderne.	- l'utilisation des Système mixte Le Béton –le bois –le métal

Chapitre I : projet (centre régional de conférence)

L'éclairage naturel et artificiel	<p>-le projet est orienté vers le nord pour bénéficier de lumière Naturel Par : les baies vitrées</p> <p>-Des lanterneaux en toiture (éclairage zénithaux).</p> <p>-Les installations d'éclairage artificiel par rapport la norme SIA 380/4</p>	<p>-le vitrage est toujours profondément fixé à la façade au nord et la faible lumière du soleil de l'est et de l'ouest est minimisée par des éléments d'ombrage verticaux et des écrans métalliques perforés.</p>	<p>- la bénédictité de la lumière naturel à travers la grande transparence des façades</p> <p>-l'éclairage zénithal au niveau de hall d'accueil</p>	<p>La recherche de la lumière Naturel dans la zone publique (latérale et zénithale)</p> <p>L'installation d'éclairage artificiel selon les normes</p>
--	---	--	---	---

Tableau I.4. Étude architectural

Synthèse :

- L'inspiration des idées de conception à travers le contexte et l'environnement immédiat.
- L'utilisation d'un seule volume pour la réussite de projet ' la maitrise de leur fonctionnement'.
- L'utilisation des textures inspirées à travers le site
- L'utilisation des couleurs claire pour le confort visuelle et réduire l'effet de soleil
- Utilisation les matériaux locaux dans l'environnement pour l'aspect écologie
- L'utilisation de l'transparence pour le rapport : intérieure - extérieure
- L'utilisation de la lumière Naturel latérale et zénithale (réduire la consommation énergétique d'éclairage artificiel)
- Le contraste entre le vide et le plein
- L'utilisation d'un système structural facilite la flexibilité de circulation et le fonctionnement de projet.
- L'utilisation d'une architecture moderne permet d'intégrer le projet dans le site et bénéficier de lumière et d'aérations Naturel

I.2.5. Analyse spatiale et fonctionnelle :

A travers les divers exemples qu'on a eus à analyser on a constaté que les relations spatiales et fonctionnelles dépendent de la disposition plane de la salle de conférence et on a pu tirer deux différents cas de disposition :

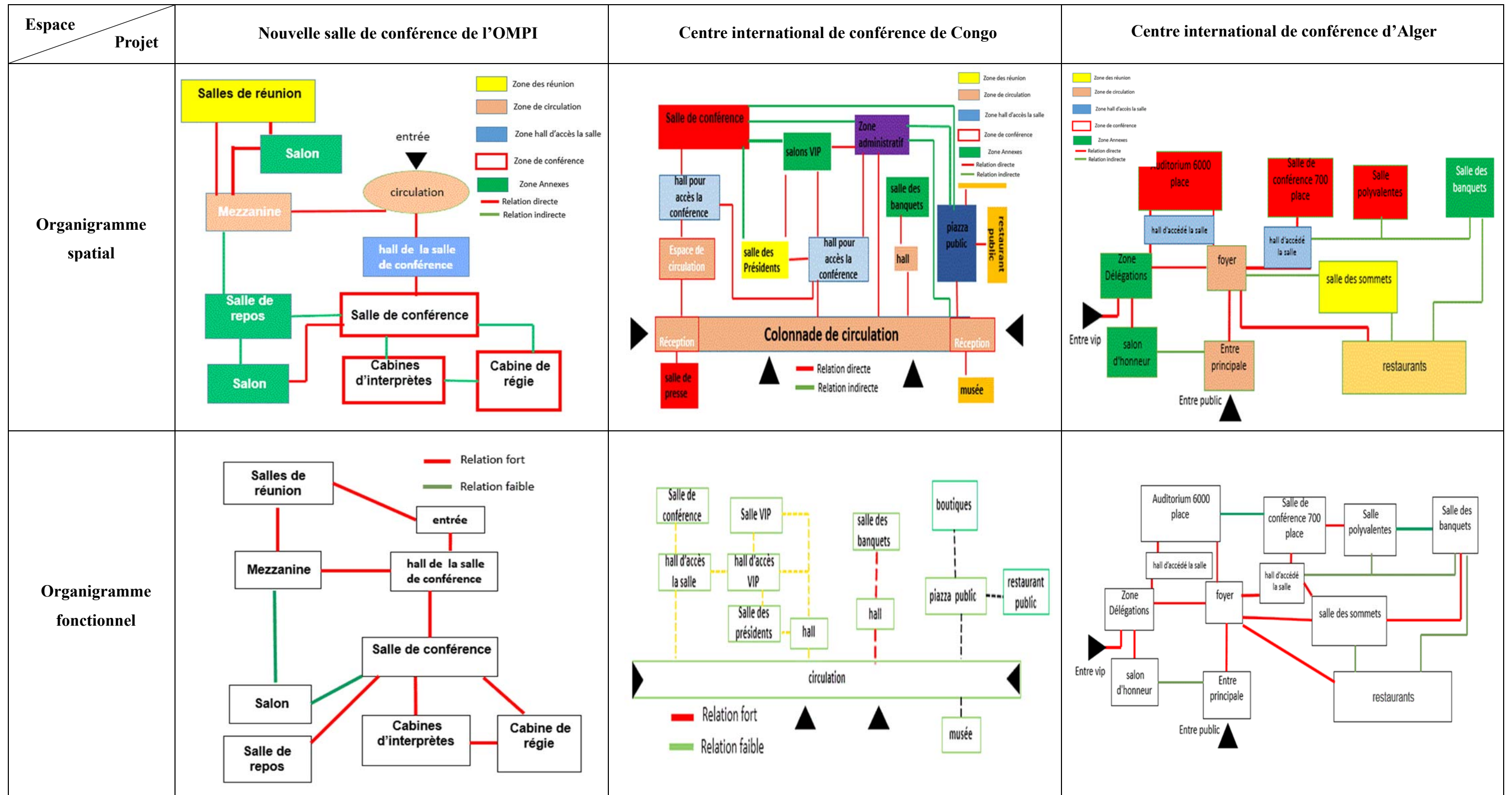


Tableau I.5. Analyse spatiale et fonctionnelle

Chapitre I : projet (centre régional de conférence)

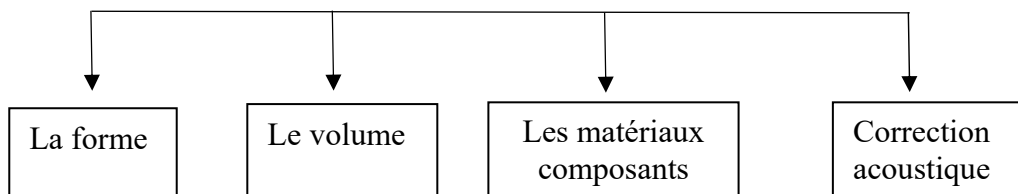
Synthèse :

- La flexibilité des espaces pour réussir à répondre aux exigences les plus différentes aussi par divisions en zones soit en horizontal qu'en vertical.
- La séparation des espace par rapport la fonction : espace public - espace vip - espace de salle de conférence
- La relation visuelle entre les différent niveaux à travers les mezzanines.
- Les espaces dédiés au grand public sont en relation directe avec la salle de conférence, en assurant une certaine fluidité de circulation à travers des espaces ouverts sur l'extérieur ou de simples halls.
- Les espaces dédiés aux VIP donnent directement sur la salle de conférence en s'appuyant sur une circulation directe et rectiligne.

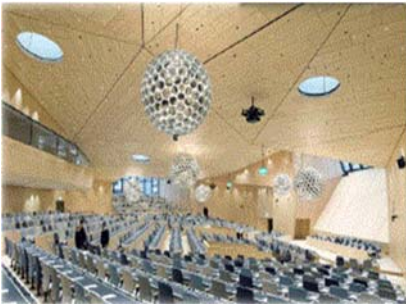
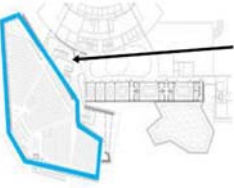
I.2.6. Analyse acoustique :

Les dispositifs architecturaux

L'acoustique des salles de conférence



A. Caractéristiques de la salle :

Les dispositifs architecturaux	La forme		Le volume	
	Type	Disposition	Capacité	Volume
 <p style="text-align: center;">EX 1</p>	Asymétrique	 <p style="text-align: center;">Disposition latérale</p>	871 sièges orientés en léger arc de cercle en direction de la tribune.	3484 m ³

Chapitre I : projet (centre régional de conférence)




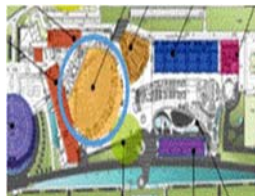
	Type	Disposition	Capacité	Volume
 EX 2	Boite à chaussure	 Disposition latérale	Une capacité de 1500 sièges	6000 m3
 EX 3	En arène	 Disposition : élément central	Une capacité de 6.000 places	24000 m3

Tableau I.6. Caractéristiques de la salle

B. Les matériaux composants :

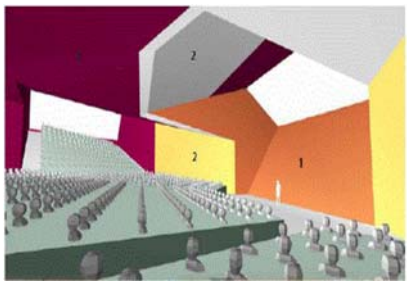


Nouvelle salle de conférence de l'OMPI	Centre international de conférence de Congo	Centre international de conférence d'Alger
		
<ul style="list-style-type: none"> -Superficiés des parois et du plafond à réaliser, absorbantes (le bois) -les réflecteurs acoustiques sur les murs et les plafonds -Revêtement intérieur en bois intelligent 	<ul style="list-style-type: none"> -Revêtement en panneaux de laine de roche absorbant placé sur les murs latéral -Au plafond, lambris acoustiques réduisant la réverbération des sons 	<ul style="list-style-type: none"> -l'objet d'un double traitement acoustique - panneaux agglomérés perforés sur mesure pour d'absorption sonore - surfaces en verre réfléchissantes.

Tableau I.7. Les matériaux composants

Chapitre I : projet (centre régional de conférence)

C. Correction acoustique (isolement acoustique)

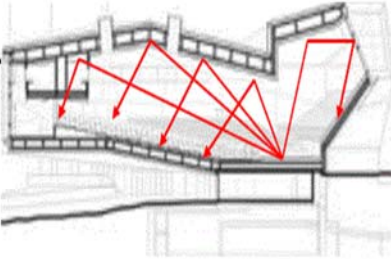
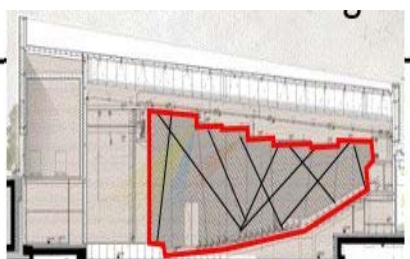
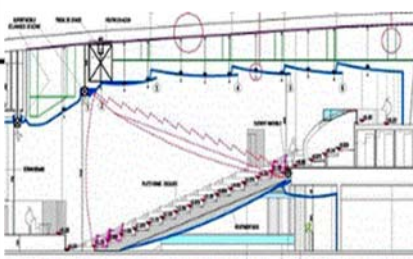
Nouvelle salle de conférence de l'OMPI	Centre international de conférence de Congo	Centre international de conférence d'Alger
 <p>-Toiture sur plots anti vibratiles. -La Soustraction de la salle permet d'éviter les vibrations de sol -Les couches épaisses de bois rigides permettent de satisfaire aux critères de l'isolation acoustique de la salle</p>	 <p>-L'installation des réflecteurs au plafond pour accentuer la clarté du son -une structure indépendante de la salle pour le but d'isolation acoustique</p>	 <p>-L'installation des réflecteurs au plafond pour faciliter la propagation -une structure indépendante de la salle pour le but d'isolation acoustique</p>

Tableau I.8. La Correction acoustique

Synthèse :

Au niveau de La forme :

- Chaque forme à ses propres effets sur le son.
- La forme d'une salle joue un rôle important car les propriétés géométriques (la forme et les dimensions et le volume) ont une influence directe sur la propagation des ondes sonores.
- Dans chaque forme on a des avantages et des inconvénients et dans chaque forme on a besoin des traitements de correction pour un confort optimal




Au niveau de la salle principale :

- Une structure indépendante (entre le bâtiment et la salle de concerts) aide à assurer une bonne isolation vis-à-vis l'extérieur.
- La salle nécessite une isolation vis-à-vis l'extérieur et une correction sonore intérieure.

Chapitre I : projet (centre régional de conférence)

- La création d'angles dans le plafond pour éviter la réflexion parallèle avec le mur arrière.
(Solution architectural)
- L'utilisation des matériaux absorbants comme solutions (des matériaux adaptés aux basses, moyennes et hautes fréquences.).
- L'installation des réflecteurs au plafond pour faciliter la propagation (solution technique)

Fiche technique des espaces :

Activité	Espace	Aspect qualitatif et quantitatif							
		Solidité		Utilité			Beauté		
		Matériaux	Orientation	Confort	Éclairage	Ventilation	Aménagement	Couleur et texture	Revêtement
				Acoustique/ thermique	Natural/ artificiel	Natural/mé canique			
<u>Zone des réunions</u>	Salle des réunions	Traitement en matériaux ayant des caractéristiques techniques qui permettent la réduction nuisances sonores	Choix de l'architecte	Une bonne isolation thermique et acoustique	Besoin d'éclairage Natural et artificiel	Assurée une bonne ventilation naturel et artificiel		Lisse	Le sol doit être confortable et silencieux
<u>Zone des réunions</u>	Salle des Présidents	Traitement en matériaux ayant des caractéristiques techniques qui permettent la réduction nuisances sonores	Choix de l'architecte	Une bonne isolation thermique et acoustique	Besoin d'éclairage artificiel -Lumières globulaires -Les grandes listères	Assurée une bonne ventilation naturel et artificiel		Lisse Couleurs claire	Besoin de décoration
<u>Zone conférence</u>	Salle conférence	Matériaux ayant des caractéristiques qui permettent l'isolation acoustique de la salle	Elément central dans le projet	Une bonne isolation acoustique	Besoin d'éclairage artificiel Ligne LED	Assurée une bonne ventilation naturel et artificiel		Les couleurs sont choisis pour créer une ambiance	Le sol et le plafond doivent être confortables et silencieux

Chapitre I : projet (centre régional de conférence)






<u>Zone conférence</u>	Salle de presse	Choix de l'architecte	Proche de la salle de conférence	Une bonne isolation acoustique	Besoin d'éclairage artificiel	Assurée une bonne ventilation		Lisse Couleurs claire	Le sol et le plafond doivent être confortables et silencieux
<u>Zone espace vip</u>	Salon d'honneur	Matériau qui permet de libre beaucoup d'espace	Choix de l'architecte	Une bonne isolation thermique	Besoin d'éclairage Natural	Assurée une bonne ventilation Natural		Couleurs créer une ambiance	Besoin de décoration
<u>Zone espace vip</u>	Hall d'honneur	Matériau qui permet de libre beaucoup d'espace	Choix de l'architecte	Une bonne isolation thermique	Besoin d'éclairage Natural	Assurée une bonne ventilation Natural		Couleurs créer une ambiance	Besoin de décoration
<u>Zone espace public</u>	Salle des banquets	Matériau qui permet de libre beaucoup d'espace	Orientation nord	Une bonne isolation thermique	Besoin d'éclairage Natural	Assurée une bonne ventilation naturel et artificiel		Couleurs créer une ambiance	Besoin de décoration
<u>Zone espace public</u>	Espace exposition	Matériau qui permet de libre beaucoup d'espace	Orientation nord	Une bonne isolation thermique	Besoin d'éclairage Natural	Assurée une bonne ventilation Natural		Couleurs claire	Choix de l'architecte

Tableau I.9. Fiche technique des espaces

Chapitre I : projet (centre régional de conférence)

Typologie des salles de réunion :

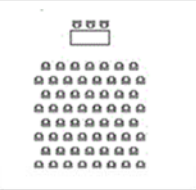
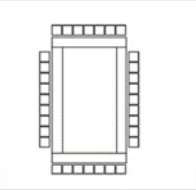
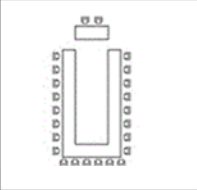
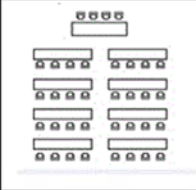
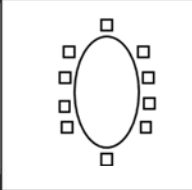
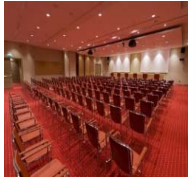




Type	Théâtre	Carré	En 'U'	En classe	Circulaire
Plan					
Aménagement					

Tableau I.10. Typologie des salles de réunion

I.3. Programmation :

I.3.1. Normes surfaces et dimensions :

A. Taille de la salle :

Les grands amphithéâtres pour cours magistraux sont placés de préférence dans les bâtiments pour conférences.

Le nombre de spectateurs donne la surface totale nécessaire. Il faut compter 0,5 m²/ spectateur pour les spectateurs assis.

Ce chiffre résulte de :

1. Largeur du siège multipliée par distance entre les rangées 0,45 m² par place

Adjonction 0,5 x 0,9 = 0,05 par place

Soit au total >_ 0,50 m²

2. Sorties, voies de secours 1 m de large pour 150 personnes (mais au minimum 0,80m).

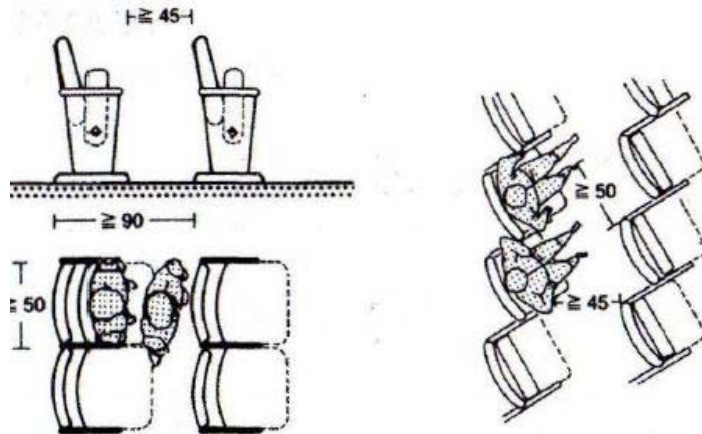


Fig. I.1. Positions et dimension des sièges/spectateurs

(Source : Neufeurt 10)

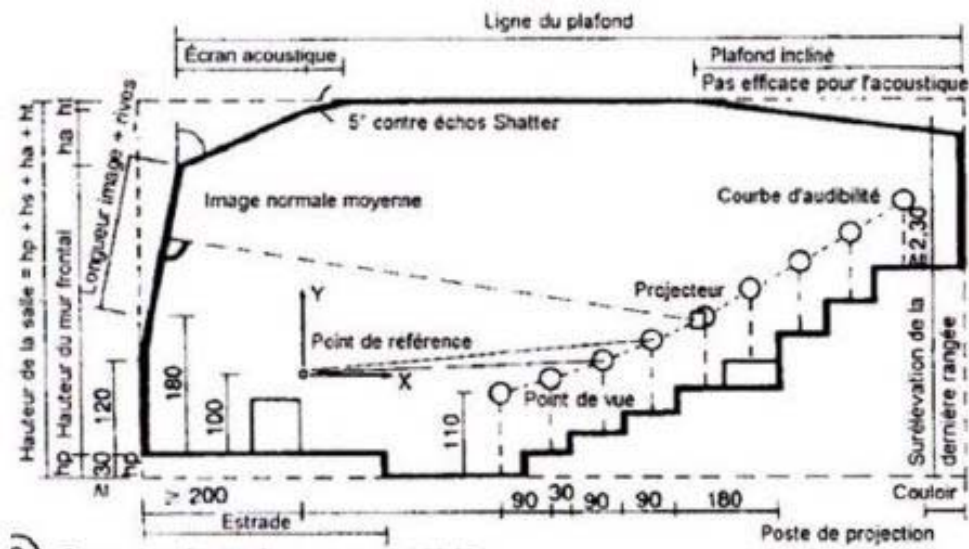


Fig. I.2. Coupe longitudinale sur un amphithéâtre

(Source : Neufeurt 10)

Surélévation des sièges (pente) dans la salle :

La surélévation des sièges résulte des lignes de vision. La construction selon les lignes de vision vaut pour toutes les places dans la salle du parterre aux balcons (fig. 3).

On part du principe que les spectateurs sont assis en " chicane » et qu'ainsi il n'y a qu'une rangée sur deux qui nécessite une surélévation totale pour la vue (12 cm).

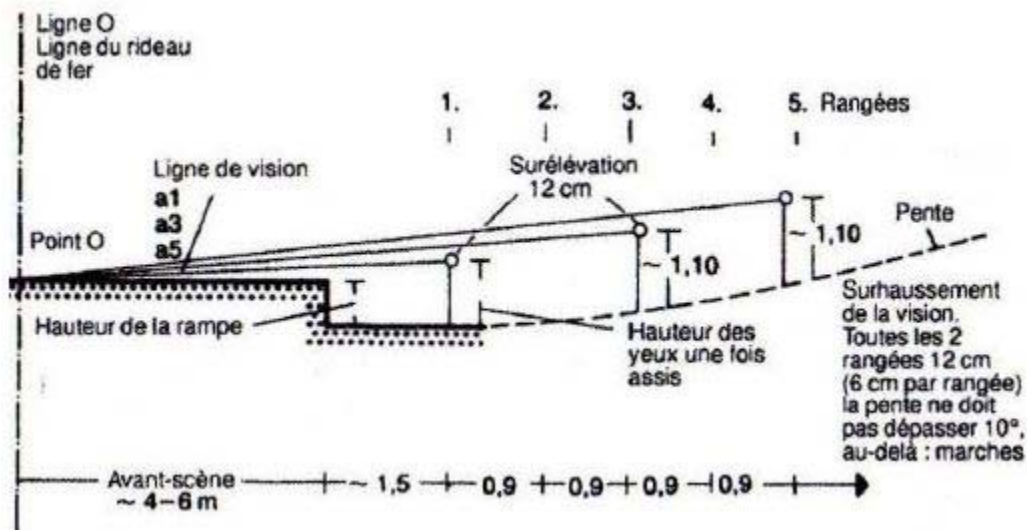


Fig. I.3. Surélévation des sièges (pente) dans la salle

(Source : Neufeurt 10)

Proportion d'une salle de spectacle classique :

- La distance entre la dernière rangée et la ligne du rideau de fer (début de la scène) ne doit pas dépasser la valeur suivante.
- Spectacle maximum 24 m (distance maximale pour reconnaître les mimiques/ expressions du visage).

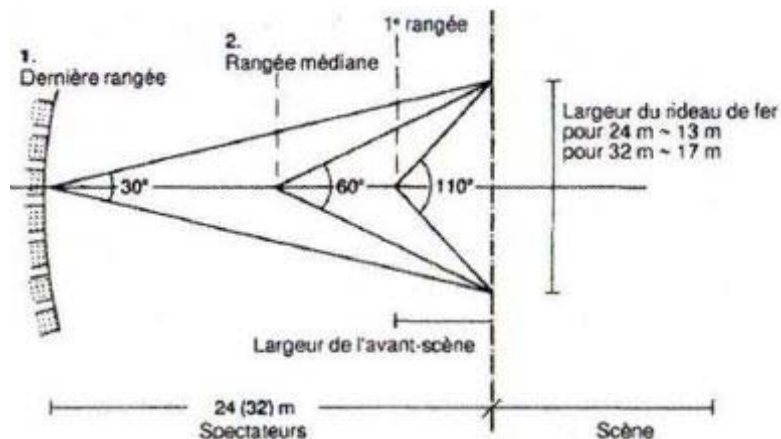


Fig. I.4. Proportion d'une salle traditionnelle de spectacle

(Source : Neufeurt 10)

La largeur de la salle de spectacle :

Tient compte du fait que les spectateurs assis sur le côté doivent avoir une vue d'ensemble suffisante sur la scène. Des variantes sont possibles. Les proportions agréables et la bonne

Chapitre I : projet (centre régional de conférence)

acoustique des théâtres classiques des 18^{ème} et 19^{ème} siècle se basent sur des règles de proportions particulières.

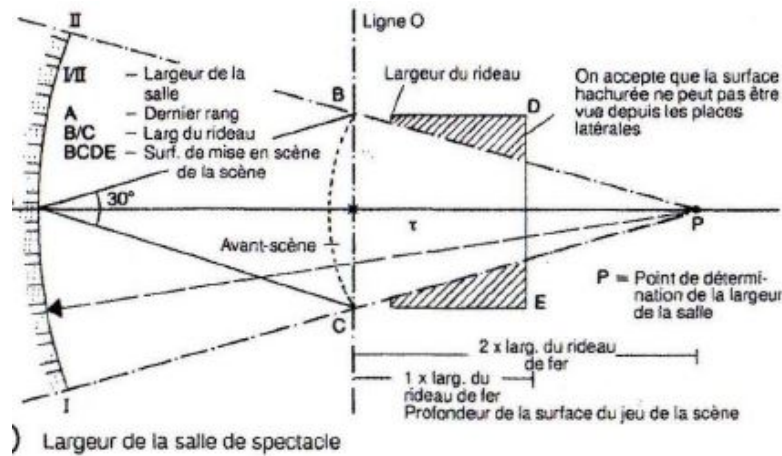


Fig. I.5. La largeur de la salle de spectacle

(Source : Neufeurt 10)

Les Couloirs :

- La largeur des couloirs doit être d'au moins 1,20 m.

Les accès de la salle :

- Il devrait y avoir au moins deux accès, Il devrait également être lié au hall principale d'accès de la salle.
- La largeur des portes doit être d'au moins 1,50 m.

B. Le volume de la salle :

Volume : 4 à 5 m³ par personne.

Les proportions de la salle résultent de l'angle psychologique de perception et de vue du spectateur.

Les exigences d'une bonne vue depuis toutes les places :

- Bonne vue, sans mouvement de la tête, mais avec un léger mouvement des yeux env. 30°.
- Bonne vue avec mouvement de tête insignifiant et léger mouvement des yeux, env.60°
- Angle maximal de perception sans mouvement de tête env. 110°, ce qui signifie que dans ce champ, on perçoit encore tous les mouvements du coin de l'œil. Au-delà de ce champ, une partie est soustraite du champ de vision.

- Avec une rotation maximale de la tête et des épaules, un champ de perception de 360° est possible.

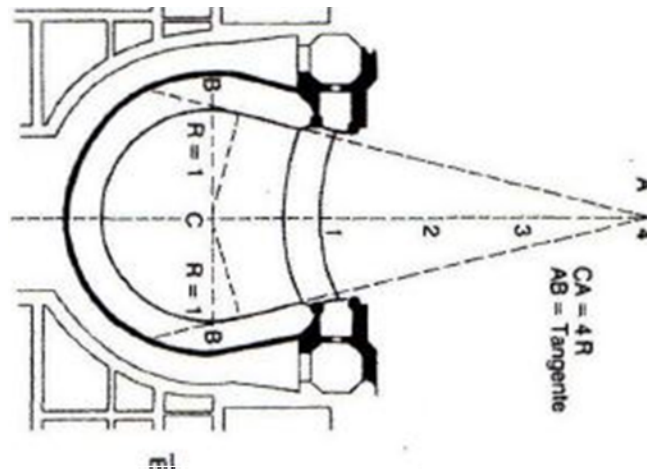


Fig. I.6. Construction du contour de la salle de spectacle au grand théâtre de Bordeaux.

(Source : Neufeur 10)

I.3.2. Processus de programmation :

Après les analyses effectuées et les études contextuelles, la programmation a été établie ainsi :

Le projet a été divisé en quatre secteurs (zones) :

1 -La salle de conférence (la salle principale) :

Une salle qui occupe une grande partie du projet, avec ces annexes complémentaire (réception- hall d'accès la salle...) ainsi que l'espace administration qu'il soit en relation forte et directe avec la salle principale et la zone des VIP.

2-Un bloc destiné au grand public :

Cet espace est en relation forte et directe avec la grande salle ainsi que les espaces extérieurs. Il est constitué d'une cafétéria avec terrasse et des boutiques et un espace d'exposition.

3-Un bloc destiné au VIP (Personne très importante) :

Cet espace est en relation forte et directe avec la grande salle ainsi que le bloc destiné aux réunions.

4-Un bloc destiné à la réunion :

Un bloc qui a des espaces importantes dans le projet (salle des présidents)

Cet espace est en relation forte et directe avec la grande salle ainsi que le bloc destiné au VIP.

Chapitre I : projet (centre régional de conférence)

On peut voir la relation entre les quatre secteurs dans le schéma suivante :

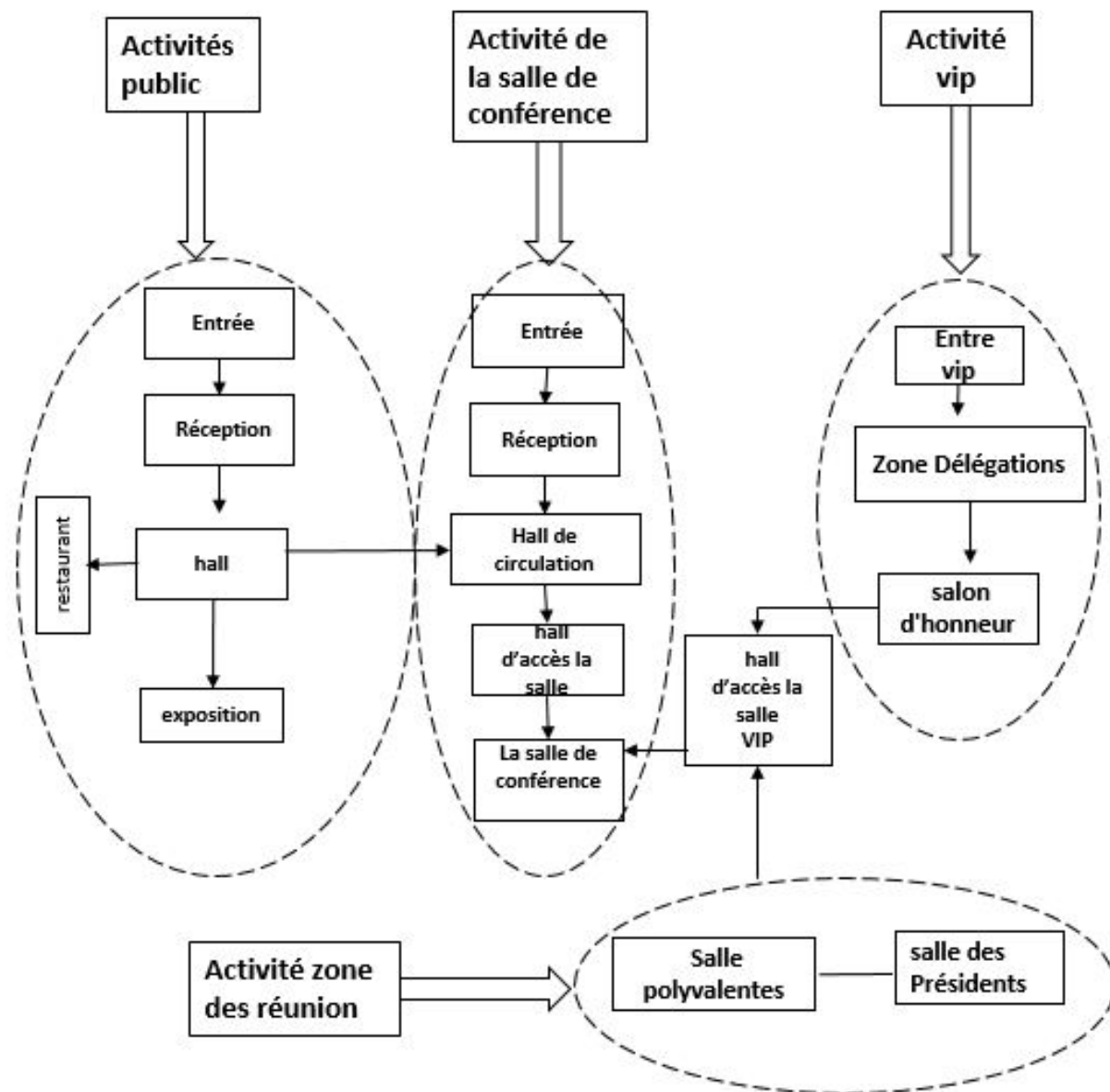


Fig. I.7. Processus de programmation

(Source : auteur)

Le fonctionnement des différents secteurs et espaces de projet :

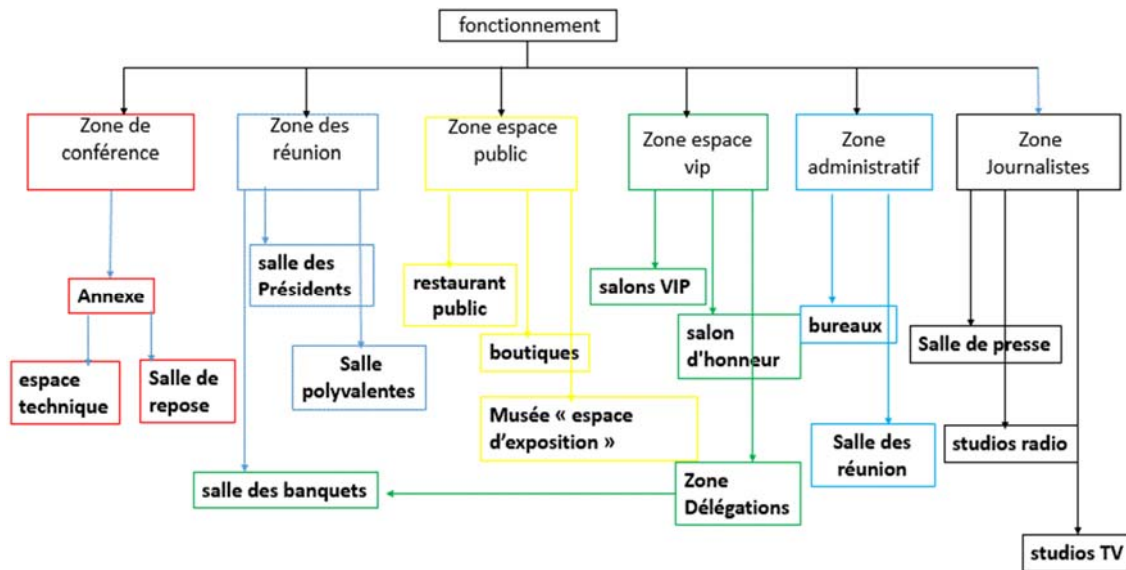


Fig. I.8. Le fonctionnement des différents secteurs et espaces de projet
(Source : auteur)

I.3.3. La relation forme / volume :

	Grand volume	Volume moyen	Petit volume
Types de salle	-Salle en arène -Asymétrique -Éventail	Éventail	Boîte à chaussure Éventail
Capacité	400-800 et plus	300-400 places	150-200 places
Volume	1600 – 3200 m ³	1200 – 1600 m ³	600 – 800 m ³

Tableau I.11. La relation forme / volume
(Source : auteur)

I.3.4. Les critères de choix de forme d'une salle de conférence :

- L'espace intérieure de la salle doit être dégagée de tous les obstacles pour que toute les auditeurs regardent et écoutent la source avec une grande clarté.
- placer le maximum de personnes dans une surface minimal.

Chapitre I : projet (centre régional de conférence)

- éviter la forme qui contient des murs parallèles pour ne pas créer le problème des grandes surfaces réfléchissantes.
- La forme doit minimiser la distance entre les sources et les derniers rangs afin de profiter au maximum des rayons sonores directs.
- la forme choisie doit être facile à réaliser.
- la forme du plafond doit être faite d'une manière à favoriser la propagation du son au centre et aux derniers rangs de la salle.

D'après l'étude de l'acoustique des différentes typologies des salles de conférences et on a choisi :

- Une Salle de grand volume ' Eventail' 800 place / 3200 m³
- Une Salle de petite volume ' Boit a chaussure' 200 place /800 m³

I.3.5. Programme :

Zone de conférence :

- ❖ Salle de conférence 800 place : 800 m²
- ❖ Salle de conférence 200 place : 350 m²
- ❖ Salle de préparation 30 m²
- ❖ Cabines d'interprètes
- ❖ Salle de presse 90 m²
- ❖ Espace technique
- ❖ Cabine de régie
- ❖ Annexe studio radio 30 m²
- ❖ Annexe studio TV 30 m²
- ❖ -Depot 18 m²
- ❖ Incendie
- ❖ Conférence extérieure

Zone des réunions :

- ❖ Salle des Présidents 300 m²
- ❖ 3 Salle polyvalentes 90 m² * 3
- ❖ Salle des banquets 200 m²

Chapitre I : projet (centre régional de conférence)

- ❖ Espaces technique
- ❖ Chambre de ménage
- ❖ Stockage 35 m2

- ❖ Sanitaire 30 m2

Zone espace public :

- ❖ Sas + hall d'accueil
- ❖ Réception
- ❖ Restaurant public 300 m2
- ❖ 3 boutiques
- ❖ Espace d'exposition 550 m2
- ❖ 2 Cafétéria 100 m2
- ❖ Sanitaire 30 m2
- ❖ Exposition en plein air 250 m2
- ❖ Stockage 60 m2
- ❖ Poste polisse
- ❖ Cuisine
- ❖ Terrasse jardin 100 m2
- ❖ Salle de repose 80 m2
- ❖ bibliothèque

Zone espace vip :

- ❖ Réception
- ❖ Zone Délégations
- ❖ Salon VIP 45 m2
- ❖ Salon d'honneur 100 m2
- ❖ Hall d'honneur
- ❖ Sanitaire 30 m2
- ❖ Cafétéria VIP 120 m2

Zone administratif :

- ❖ Bureau responsable 60 m2
- ❖ 3 Bureau 20 m2 * 3
- ❖ Salle des réunions 120 m2

- ❖ Secrétariat 30 m2
- ❖ Attente

I.4. Conclusion :

Comme on a pu voir à travers l'étude des typologies des salles de conférences, l'influence du changement de la forme et des dimensions sur le comportement et la propagation sonore. Et à travers les exemples analysés on a pu déterminer les axes principaux de l'approche conceptuelle de l'intégration urbaine jusqu'à l'organisation spatiale et le traitement acoustique du bâtiment.

Le contenu de ce chapitre nous a démontré une application réelle des phénomènes théoriques traités lors de la première partie de la recherche, mais peut-on adapter ces mêmes notions et les appliquer lors de notre approche conceptuelle ?

Chapitre II

Approche conceptuelle (centres de conférences)

Chapitre II : Approche conceptuelle (centres de conférences) :

II.1. Introduction :

Dans ce chapitre nous avons d'abord évoqué une étape majeure de la conception, qui est l'analyse de terrain et de son environnement.

Outre les approches explicatives et les concepts de notre projet de centre des conférences (les étapes de genèse de projet)

S'y trouve aussi l'application des recommandations donnant lieu aux différentes étapes de notre recherche énumérées en quelques points perceptibles.

II.2. Analyse de site :

II.2.1. Etude de contexte :

A. Situation :

Le terrain se situe au Nord de la wilaya de Biskra (l'entrée de la ville) à proximité d'Oued Sidi Zanzour au cœur de routes nationales.

La situation du terrain indique qu'il est bien accessible par un flux mécanique, l'emplacement est propre et loin des zones de brouillard, de pollution, d'odeurs et loin du bruit de la ville qui sert le fonctionnement de projet (bâti faible)

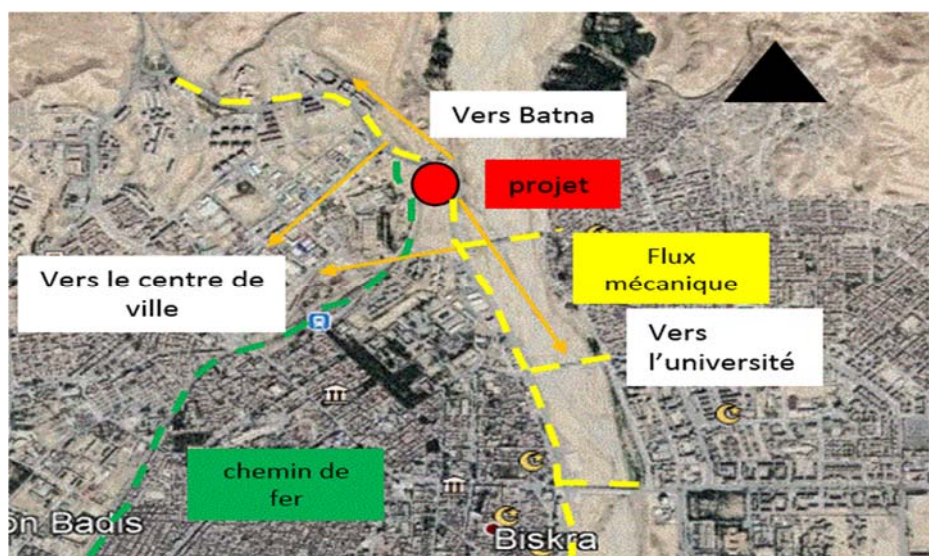


Fig. II.1. Plan de situation.

Chapitre II : Approche conceptuelle (centres de conférences)

Le choix de site :

Délimitation du périmètre d'étude (une zone d'étude élargie)

La nature de projet :

Bâtiment administratif (politique) : **Centre régional de conférence**

Les équipements qui lié avec le projet :

- Hôtel
- Le projet
- Université de Biskra
- Zone militaire
- Nouvelle siège de wilaya
- ■ Les grands axes

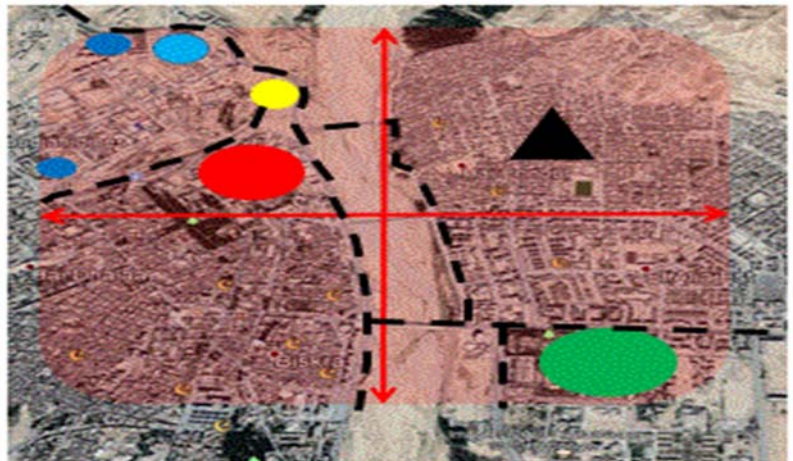


Fig. II.2. Plan de situation
(Une zone d'étude élargie)

Recommandation :

- Le site doit être connecté aux réseaux routiers principaux
- Le choix de la zone d'étude élargie selon la nature de projet pour être Complémentaire des autres projets de la zone
- Identité le projet par rapport sa nature et son environnement

B. Environnement immédiat :

Chapitre II : Approche conceptuelle (centres de conférences)

Zone d'étude restreinte :

- Vide urbain
- Le terrain
- Centre de formation
- Cimetière
- Zone militaire
- Oued Sidi Zarzour
- Flux mécanique et piéton
- ■ ■ Chemin de fer



Fig. II.3. Environnement immédiat

« Le terrain est bien accessible »

C. Le terrain :

- La surface de terrain : 25608,25 m²
- La forme du terrain permet de créer de nouvelles formes et forme fonctionnel



Fig. II.4. La forme de terrain

D. Forme urbain :

Type de bâti :

- Le bâti ponctuel
- bâti de faible densité

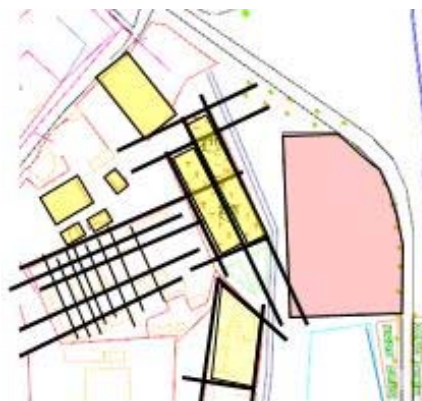


Fig. II.5. Le tracé urbain

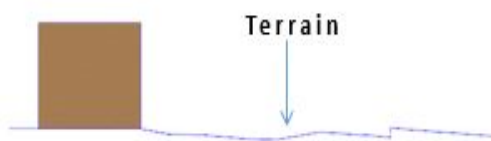


Fig. II.6. Coupe urbain transversal

- La structure urbaine irrégulière
- Les coupes topographiques nous montrent que notre terrain est presque plat.

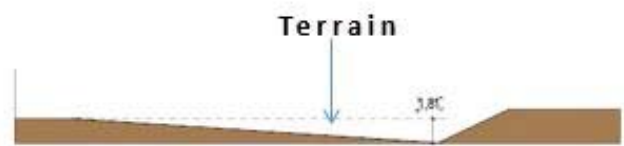


Fig. II.7. Coupe urbain longitudinal

E. Etude climatique :

1. L'enseillement :

Le site n'est pas protégé contre le rayonnement solaire (exposé bien au soleil)

L'enseillement depuis toute la journée à cause du manque d'ombre (manque des hauteurs – manque de végétation)

Des mesures de protection sont obligatoires :

« Brise soleil, Joué sur la forme, protection végétale ...etc. »

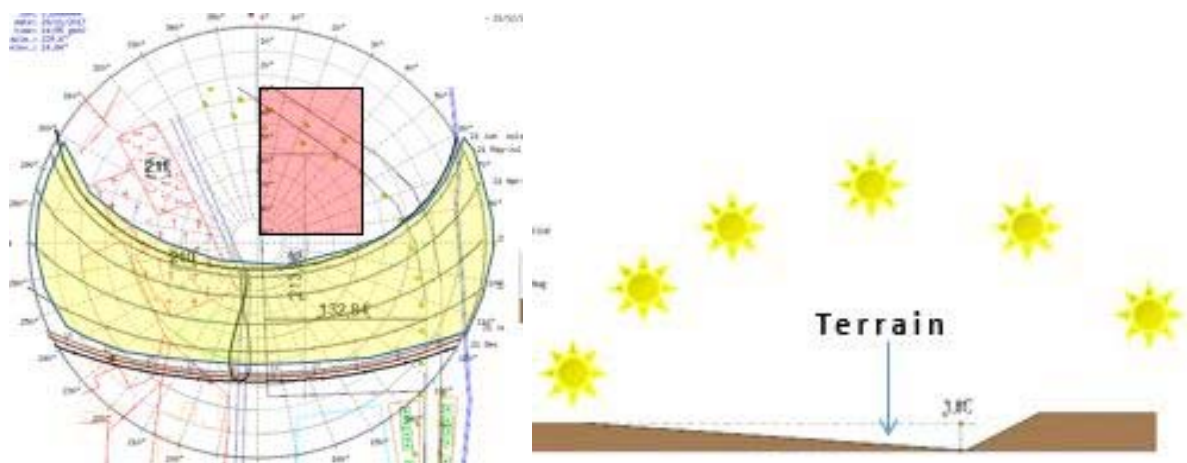


Fig. II.8. Parcours solaire par rapport au terrain

2. Les vents dominants :

Le terrain est exposé aux vents froids et aux vents chauds à cause de sa situation (vide urbain).

Chapitre II : Approche conceptuelle (centres de conférences)

- Vents dominant chauds : Sud-est.
- Vents dominants froids : Nord-ouest.

Durant la saison sèche, le sirocco se manifeste fréquemment par un transport de sable.

Le soleil et le vent contrôlent la direction du bâtiment :

- Les Espace vert et des arbres pour contrôler les vents dominat.



Fig. II.9. Direction des vents dominants

F. Nuisance sonore :

La situation de notre terrain qui donne directement sur la route nationale résulte une nuisance sonore tout au long de la journée.

Le terrain est exposé au bruit mécanique à cause de chemin de fer de train à côté de terrain

La route nationale █

Chemin de fer █

Le projet a exposé des nuisances sonores à l'extérieur

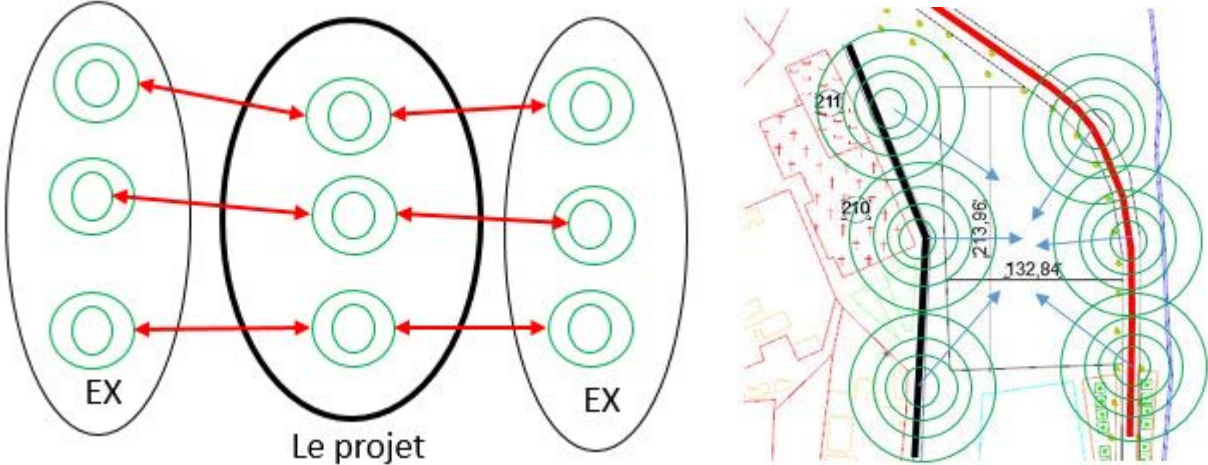


Fig. II.10. Présentation des nuisances sonores

II.2.2. analyse séquentielle :

A. Le repérage :

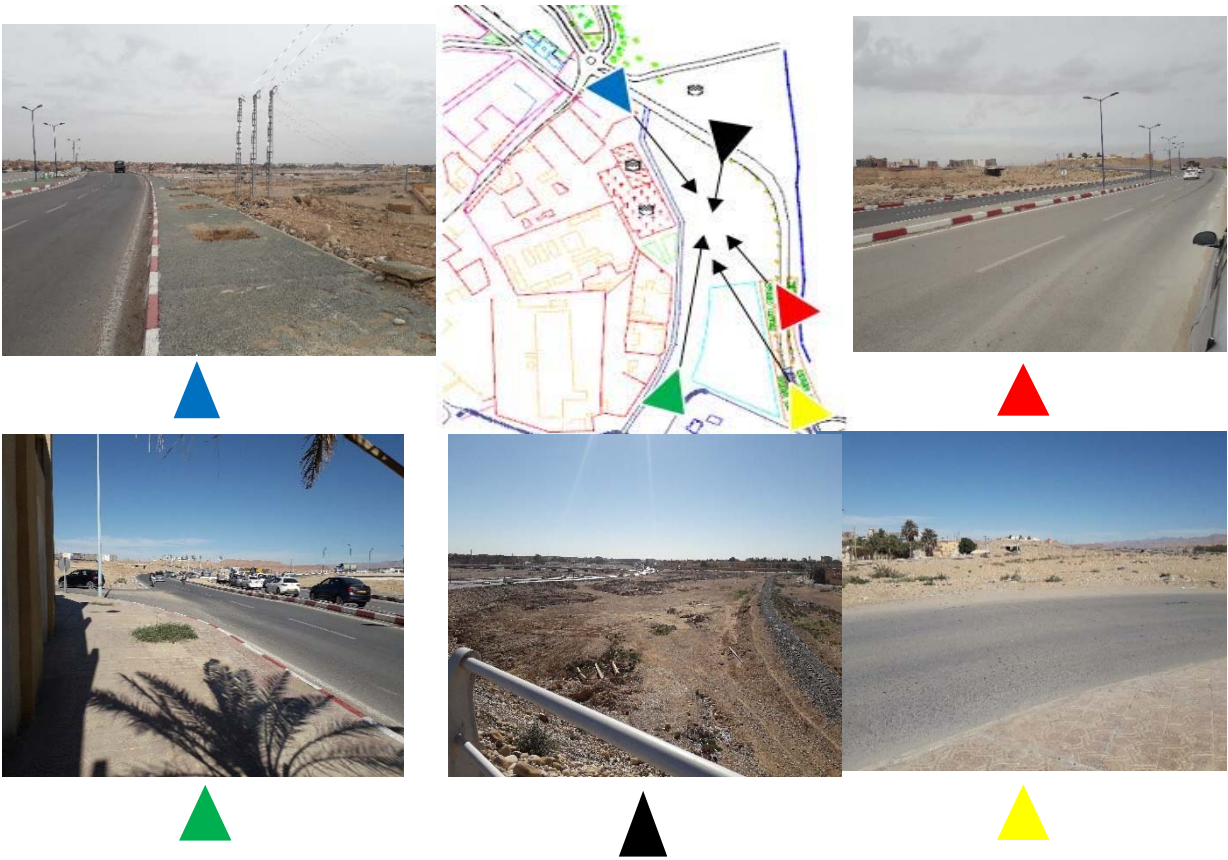


Fig. II.11. Le repérage de terrain

B. Dynamique de la forme architecturale :

- C'est une lecture en trois dimensions : horizontale, verticale, volumétrique.
- l'importance primordiale des qualités visuelles expressives des bâtiments.

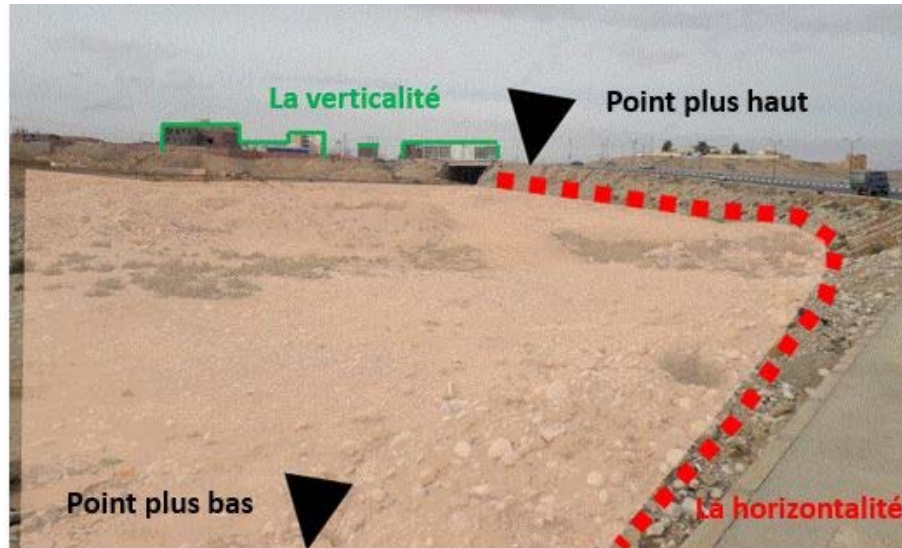


Fig. II.12.lecture de la forme architecturale

C. La perception visuelle :

On a besoin des principes et des éléments au moyen d'expression de l'architecte.

Remarque :

- Bâti de faible densité
- La continuité de vide urbain
- La hauteur des bâtiments proches est faible

Constat :

Le site il est besoin d'horizontalité pour créer une continuité urbaine sur la route nationale.

Voir une verticalité afin de créer un icône ou un joyau architectural dans le paysage urbain.

Solution :

- L'intégration du projet dans son site à travers une continuité urbaine assurée par une toiture continue, qui offre des vues intéressantes pour assurer l'aspect esthétique du projet.
- intégrer le bâtiment dans le contexte du paysage Par la pose d'un toit aux formes fluides pour se conformer aux courbes de niveaux afin de créer cohérence avec le paysage.

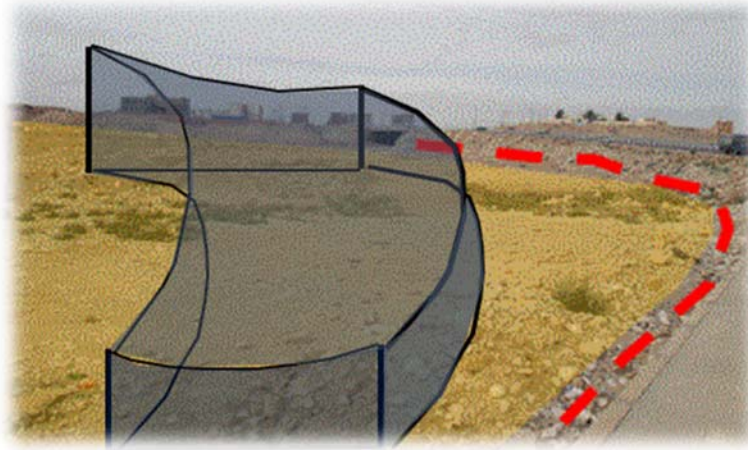


Fig. II.13. La perception visuelle

II.2.3. Recommandations :

Analyse séquentielle :

- L'importance de Repérage de projet dans le site
- L'Attraction de projet par rapport la silhouette urbain
- Intégrer le bâtiment dans le contexte du paysage et l'inspiration aux courbes de niveaux qui marquent le site (cohérence avec le paysage).
- L'intégration du projet dans son site à travers une continuité urbaine assurée par la toiture continue.

Orientation :

- L'orientation optimale de projet pour bénéficier de lumière et d'aération Natural
- Limiter les facteurs de chauffage en hiver en chauffant l'intérieur par rayonnement.
- Cette solution permet de favoriser le contact avec l'environnement extérieur et de diminuer les besoins en énergie électrique pour l'éclairage.

Ensoleillement :

- Prévoir des protections contre le rayonnement solaire
- Outil de protection : les bardages à claires-voies, stores à lames orientables, masques végétaux
- Toiture et paroi claires pour augmenter la réflexion du rayonnement solaire et limiter l'absorption

Chapitre II : Approche conceptuelle (centres de conférences)

- Dans une salle de conférence, l'éclairage artificiel est favorisé donc l'exposition solaire du terrain ne pose pas problème au niveau de l'espace principal

Vent dominant :

- L'orientation de bâtiment vers les vents froid, protéger en hiver et d'en bénéficier en été pour une ventilation naturelle.
- Prévoir des protections contre les vents dominants.
- La végétation persistante pour protéger des vents froids
- les arbres à feuillage caduc (vigne-figuiers) implantés au sud permettront de filtrer les rayons du soleil en été (ombrager les fenêtre et murs ensoleillés) vent chaude.

Tables de mahoney-Biskra- :

PLAN DE MASSE :

- Plans compacts avec cours intérieure

ESPACES EXTERIEURS :

- Emplacement extérieure ombragé ' pergola, végétation '
- On à rajouter des espaces d'eau à l'extérieur au nord-ouest et sud-est pour le refroidissement et humidifier l'air.
- Prévoir une isolation (intérieur / extérieure) contre la nuisance sonores
- Prévoir aération naturel pour réduire l'effet de pollution d'aire de flux mécanique.

II.3. Genèse de projet

Les concepts constituent un moyen essentiel utilisé pour atteindre les objectifs ou solutions souhaitées dans la conception d'un projet architectural.

L'accessibilité visuel (le repérage) une approche très important dans ce type des projets.

Après l'analyse séquentielle de site on a recommandé que Le site il a besoin d'horizontalité pour créés une continuité urbain

Comme idée conceptuelle, on a opté pour une fusion entre la perception visuelle de site et l'architecture (fonctionnement de projet).

Trois grands secteurs au niveau de fonctionnement correspondent à trois points de repérage au niveau de site



Fig. II.14. Les trois points de repérage

Le résultat est trois spirales d'or

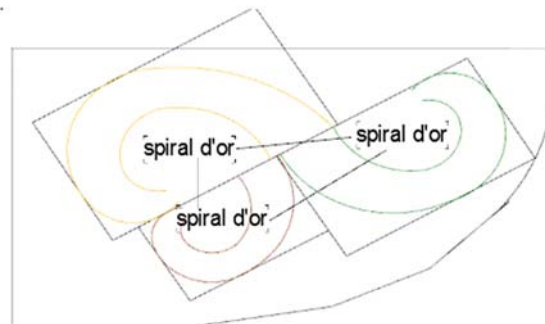


Fig.II.15. les trois spirales d'or de repérage

La recherche d'une source d'inspiration philosophique, métaphorique conçu pour un plan libre moderne pour la liaison entre les trois secteurs principal.

On a joué avec le phénomène d'acoustique, pour créer une expérience sensorielle (Relation abstrait entre les secteurs par les ondes sonores).

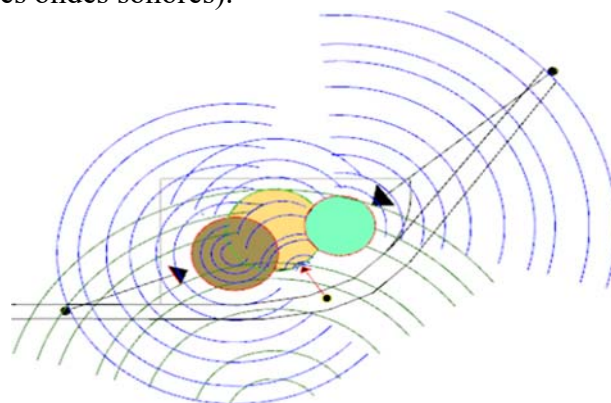


Fig.II.16. Intégrer le bâtiment dans le contexte du paysage et l'inspiration des ondes sonores

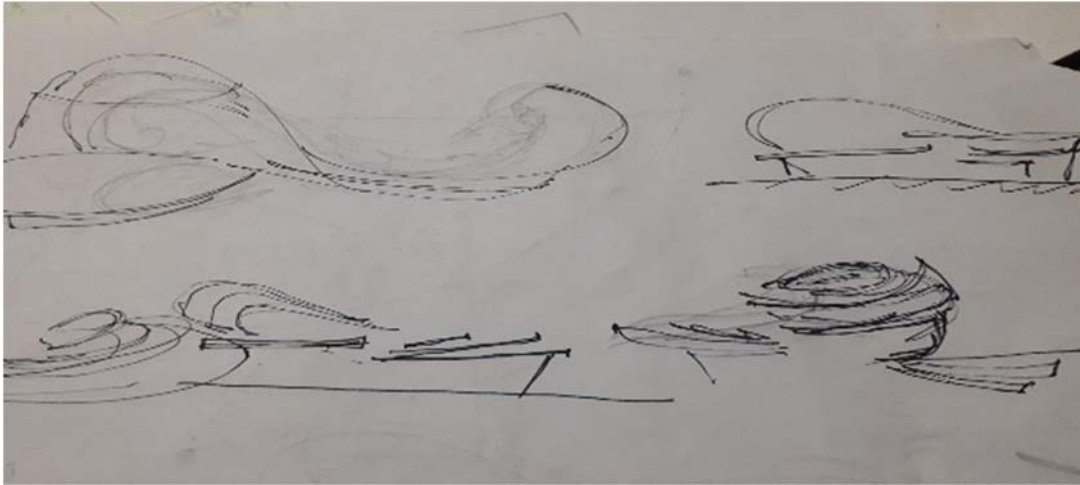


Fig.II.17. explorer la continuité du paysage par une fluidité des toitures

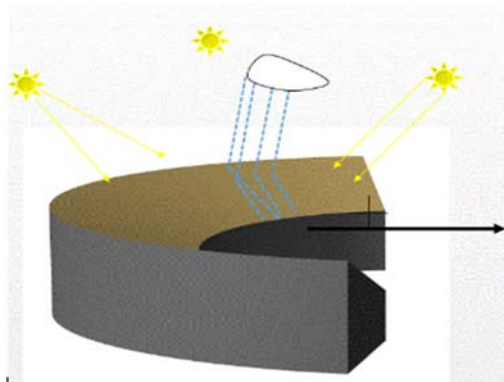


Fig.II.18. interaction avec le paysage urbain, VUE - SOLEIL - PLUIE



Fig.II.19. l'application des ondes sonores par trois rythmes 1 - 2 - 3



Fig.II.20. plan de mass

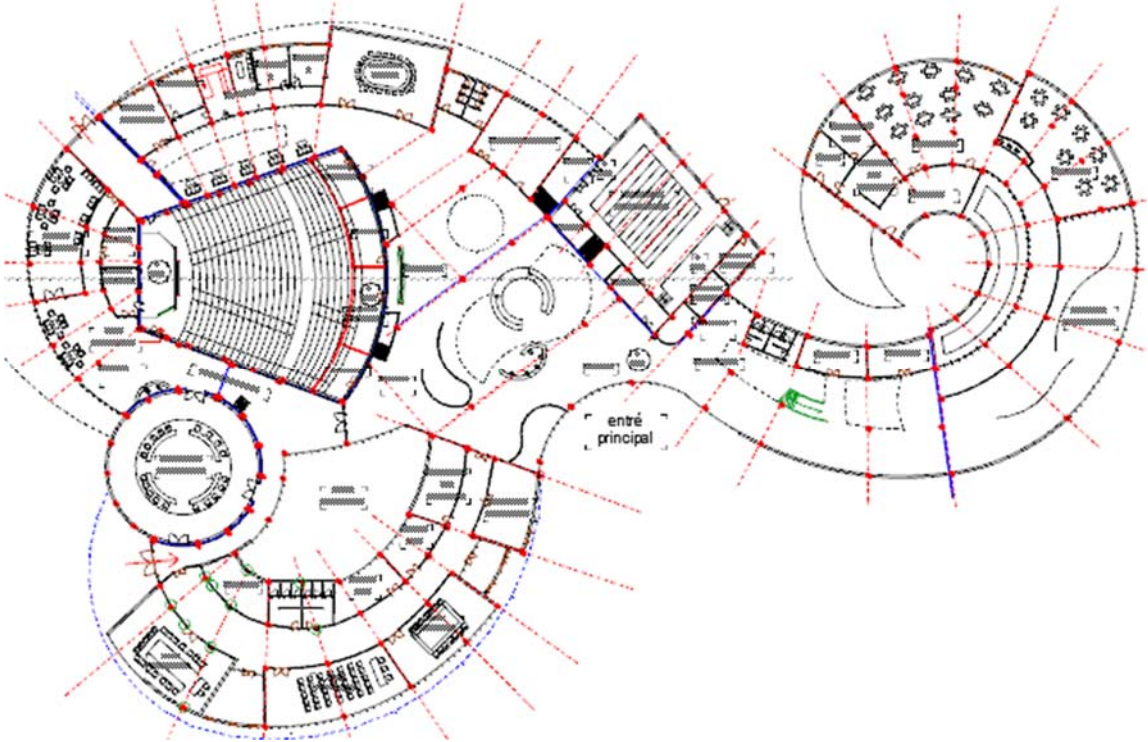


Fig.II.21. plan RDC

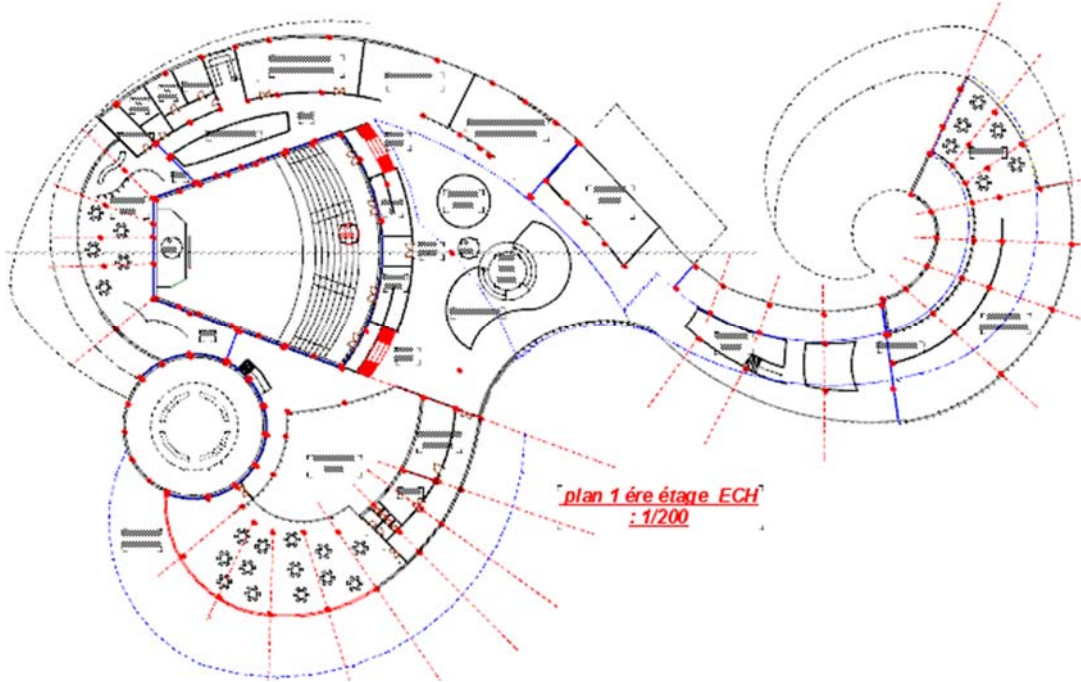


Fig.II.22. plan étage

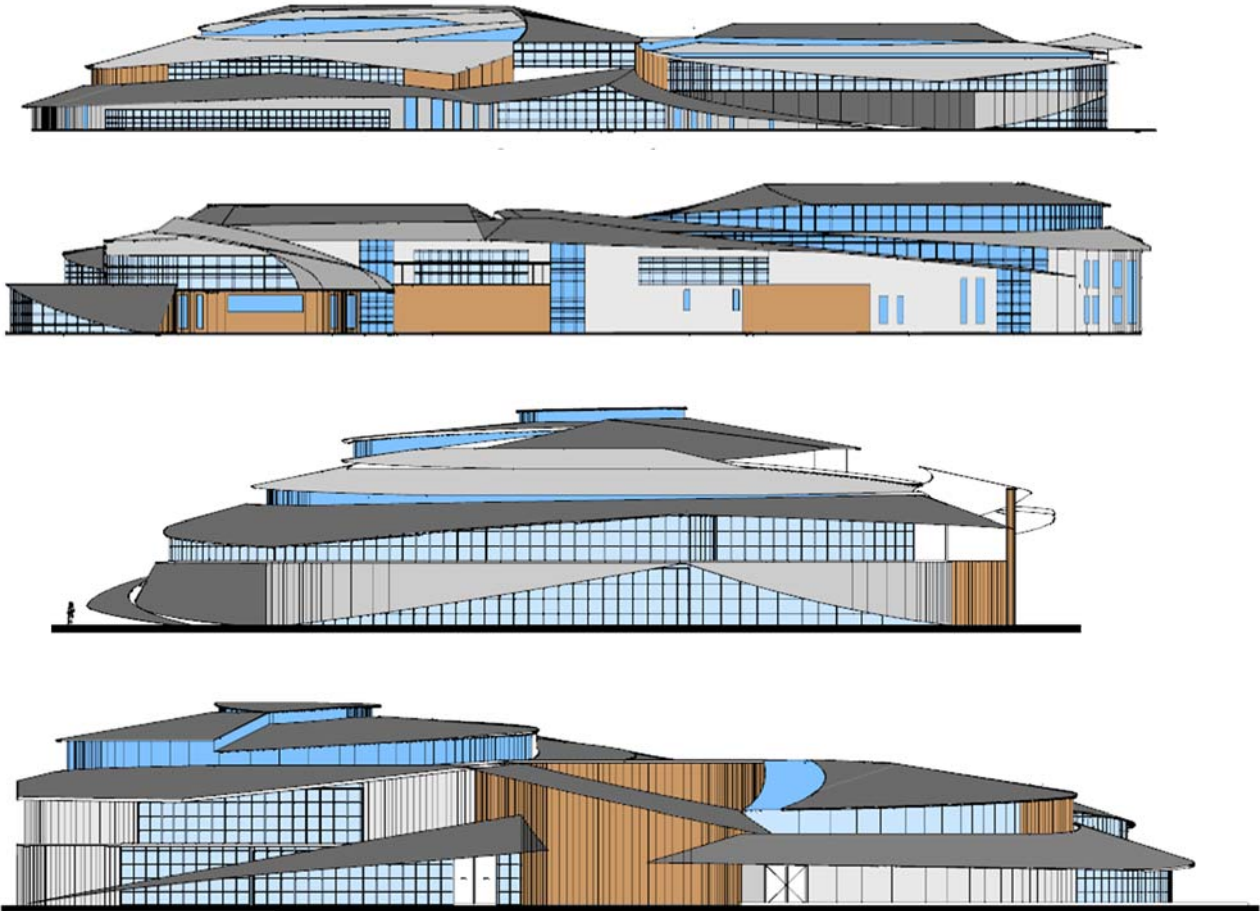


Fig.II.23. les Façades

Chapitre II : Approche conceptuelle (centres de conférences)

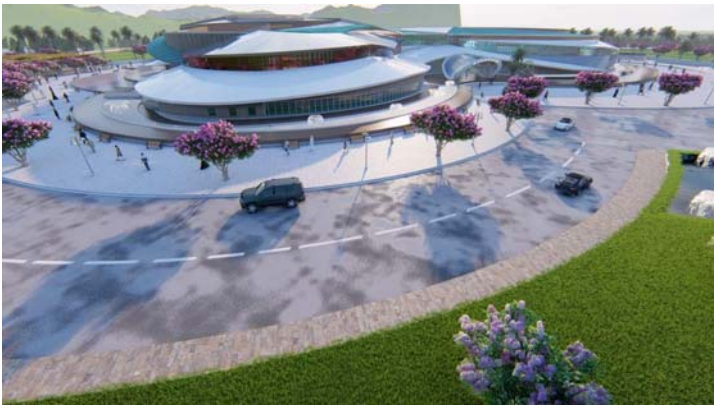


Fig.II.24. vue extérieurs

II.4. Application des recommandations :

Les recommandations qui ont été tirées à travers les différentes étapes de notre recherche, ont été appliquées ainsi :

- Le climat de la région nécessite une certaine compacité au niveau de la forme.
- L'isolation acoustique vis-à-vis l'extérieur à travers la structure indépendante de la salle de conférence.
- 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.
- La disposition architecturale interne du bâtiment doit respecter un zoning sonore avec une hiérarchisation des espaces du plus bruyant au plus calme.
- L'isolation acoustique peut être obtenue grâce à un plan de masses appropriées, des matériaux adaptés et une bonne disposition de la salle de conférence, Toutefois, on peut avoir recours au double vitrage acoustique et renforcement de l'isolement des parois.
- Créer des espaces tampons (sas acoustique) entre la salle de conférence et la source de nuisance sonore intérieure
- Traiter les couloirs pour éviter la réverbération et la propagation des bruits.
- Éviter le phénomène de réverbération et tous les problèmes acoustique des salles de conférence, on adapte la géométrie et la répartition des matériaux de différentes caractéristiques répondant aux besoins acoustiques de la salle (absorbant, réflecteur, diffracteur). Des solutions techniques à la fonction de la salle.
- Le choix des solutions acoustiques Continuum, une série de matériaux développé avec soin pour répondre aux exigences sonores. Tout en ayant de faibles épaisseurs, les solutions Continuum sont adaptables aux différentes fréquences (basses, moyennes et hautes).

II.5. La conception acoustique de la salle de conférence :

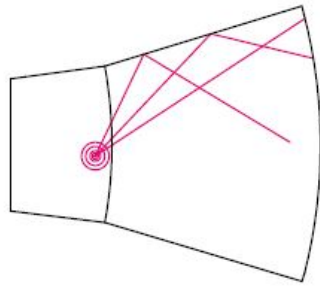
II.5.1. Choix de la forme :

C'est la forme la plus recommandée pour :

- 1- Le volume (capacité de la salle) : pour maximiser le nombre de spectateurs pour une distance maximale.
- 2- Angle de vue.

Chapitre II : Approche conceptuelle (centres de conférences)

- 3- Meilleure propagation du son : la totalité des premières réflexions se propagent vers le fond de la salle. Alors que la correction acoustique est plus maîtrisée.



II.5.2. Les Problèmes :

- Le manque des premières réflexions au niveau de la partie avant et le milieu de la salle
- les réflexions des murs latéraux sont renvoyées vers le fond de la salle

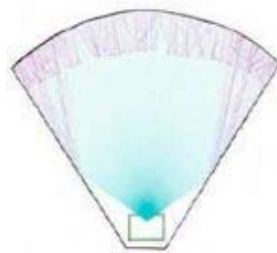
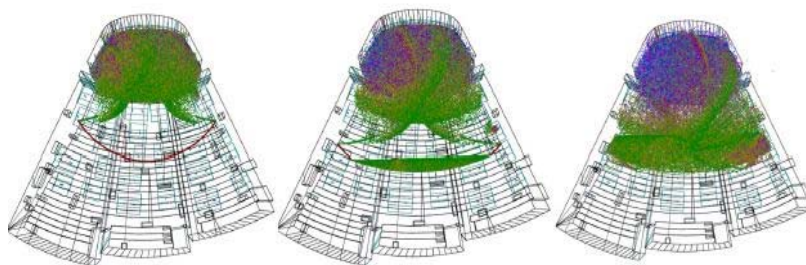


Schéma de propagation sonore dans une salle d'une forme : en éventail

- L'énergie sonore focalisée au centre de la salle.



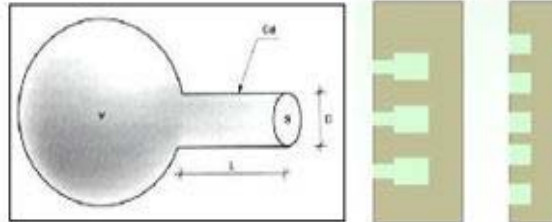
II.5.3. La correction architecturale et technique :

Au niveau des salles de conférence on parle des ondes sonores longues (basse fréquence) :

- L'inclinaison de la toiture permet une bonne propagation du son au centre et aux derniers rangs dans la salle (solution architectural)
- On a besoin des réflecteurs (horizontale et verticale) placés sur les murs et les plafonds : pour une clarté de son au niveau de l'audience. (solution technique)

Chapitre II : Approche conceptuelle (centres de conférences)

- La paroi arrière de la salle doit être conçue pour éviter la focalisation du son (casser la forme en éventail). (solution technique)
- La salle doit être conçue de manière à réduire l'absorption. Les absorptions sonores des plafonds et des murs latéraux doivent être minimisées lors de la sélection des matériaux :
 - L'absorption par les Résonateurs (solution architecturale).



Les Résonateurs

Couvrir les matériaux absorbants par des plaques perforées constituées de différents matériaux tels que les textiles, le bois ou les tôles métalliques. Tout d'abord protège les matériaux absorbants contre les dommages. Deuxièmement, cela améliore grandement leur apparence.

- La disposition des auditeurs en gradins favorise l'absorption, ce qui permet de limiter les zones traitées au mur de fond.
- L'intégration d'un matériau absorbant au niveau des gradins pour minimiser la réverbération

II.5.4. Application :

A. Avant la correction :

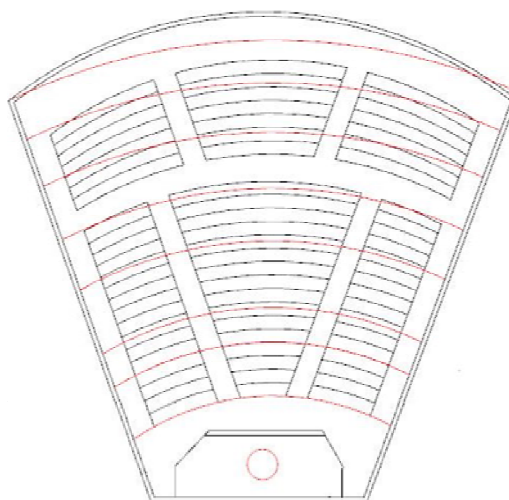


Fig.II.20. Schéma de propagation des ondes sonores dans une salle

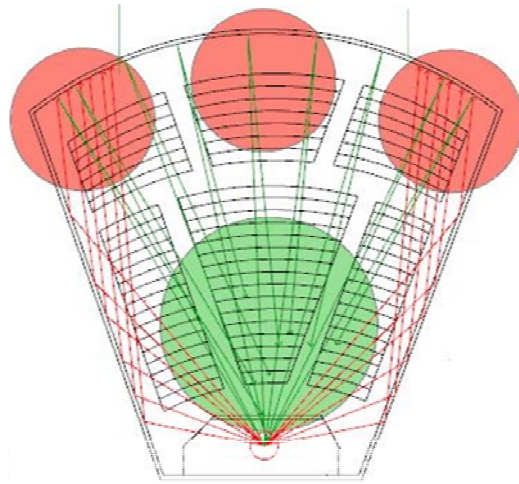


Fig.II.21. Schéma des premières réflexions des murs latéraux et de mur de fond

(Source : auteur)

- Zone de focalisation de son
- Zone des premières réflexions

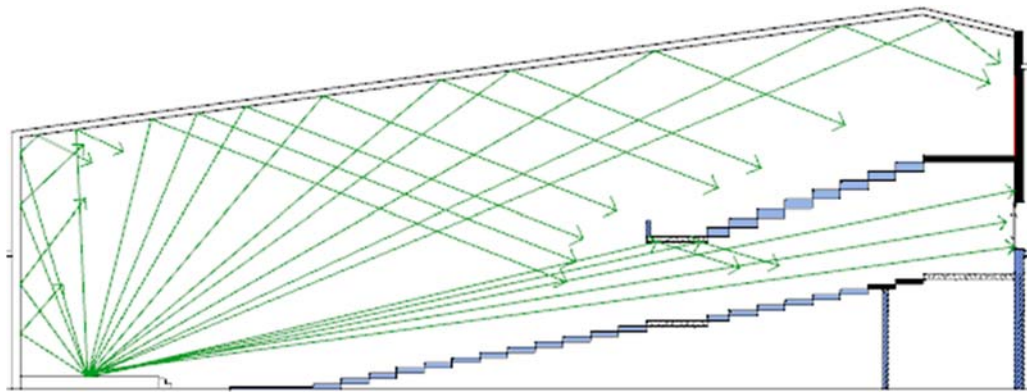


Fig.II.22. Schéma des premières réflexions de plafond vert le fond de la salle

(Source : auteur)

B. Après la correction :

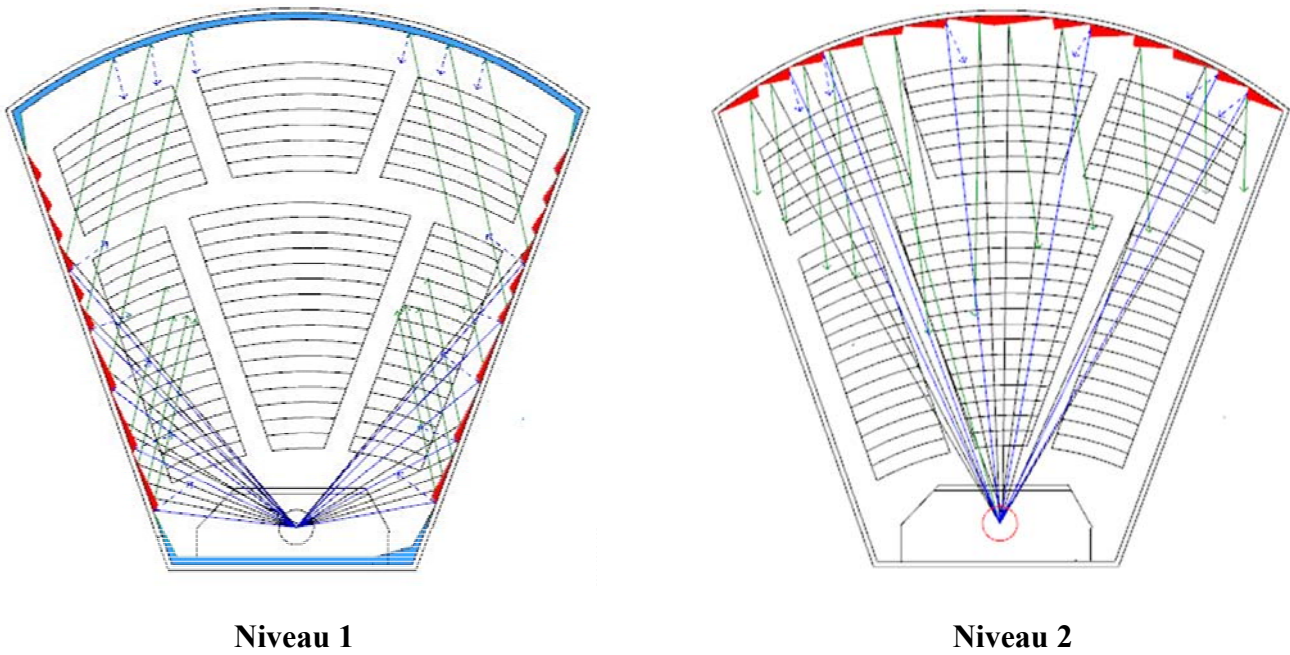


Fig.II.23. Schéma de propagation du son après la correction optimale

(Source : auteur)

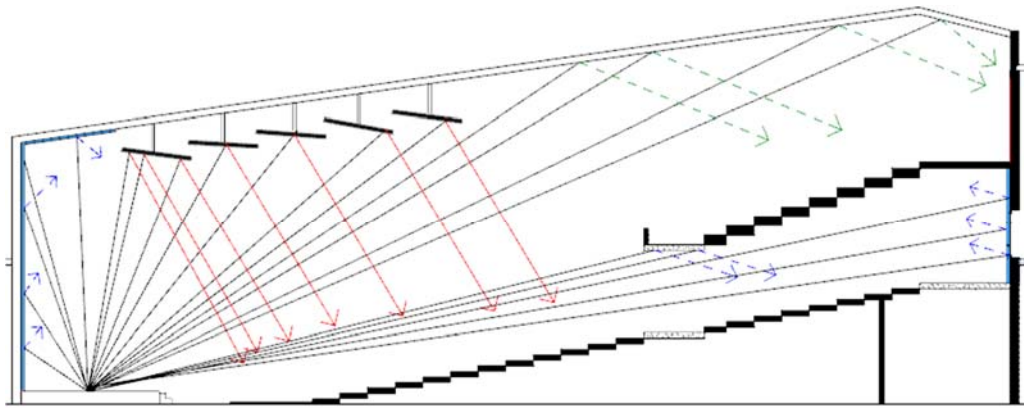
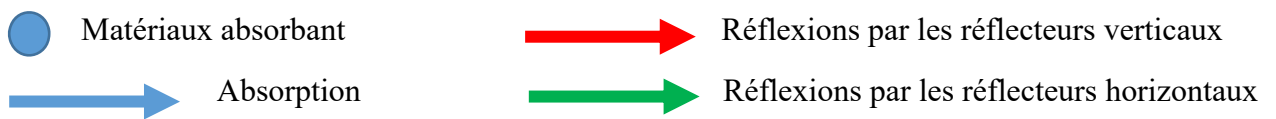


Fig.II.24. la position des réflecteurs verticaux

(Source : auteur)



II.5.5. Résultat :

- les réflexions des murs latéraux sont renvoyées vers l'avant et le centre de la salle
- l'orientation des premières réflexions de plafond vert le centre de la salle grâce à la pose des réflecteurs au début de la salle (proche de source sonore)
- L'absorption des réflexions de mur de fond permet de minimiser la focalisation du son au centre de la salle
- Propagation optimal de son dans la salle

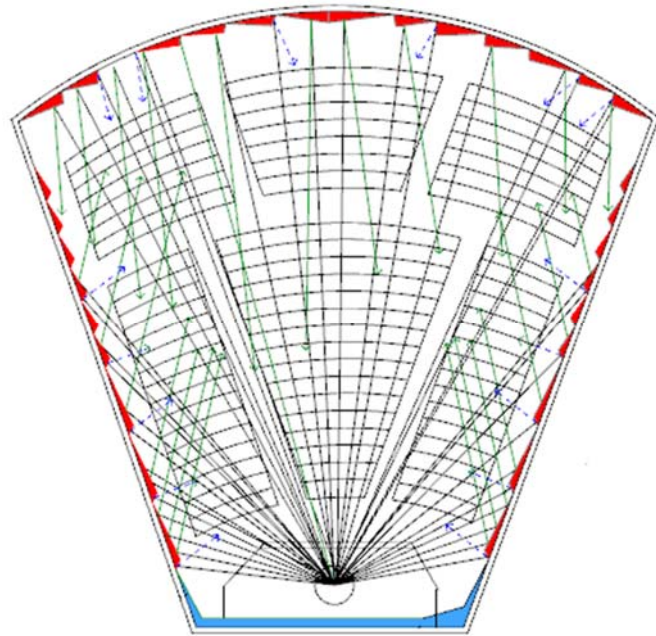


Fig.II.25. la propagation sonore homogène dans toute la salle de conférence

(Source : auteur)

II.6. Conclusion Générale :

Tout au long de cette recherche, et en passant des études théorique on conclure que L'acoustique 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

Chapitre II : Approche conceptuelle (centres de conférences)

Grace à cet aspect physique, nous sommes capable 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 volume 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 la psycho-physiologique de l'occupant; c'est pour cette raison que les acousticiens devrait étudier et déterminer les conditions favorables du son dans l'espace intérieure.

La combinaison du son, la propagation, la trajectoire du son, et la forme de l'espace 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 moduler les qualités de son dans l'espace intérieure, donc le son va partager son rôle avec l'espace pour créer des ambiances sonores

Du point de vue de la durabilité, le son est devenue un élément principal dans la conception architecturale surtout dans la phase d'esquisse que l'architecte doit utiliser de manière intelligente et appropriée afin d'assurer le confort acoustique.

Annexe :

Matériaux absorbants :

Il existe trois types des matériaux absorbants utilisés dans l'acoustique des salles.

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).

Les sons de fréquences aiguës ($f > 1000$ Hz) sont mieux absorbés par ce type de matériaux. Pour augmenter l'absorption des sons graves, il faut augmenter l'épaisseur du matériau.

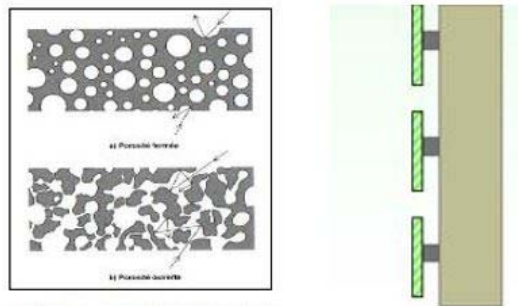


Fig. matériaux poreux

(Source : Vincent Champilou, la correction acoustique, 2012)

Les Résonateurs :

Les résonateurs sont généralement utilisés dans l'absorption des sons graves et médiums, ce sont des cavités sphériques ou cubiques de volume V débouchant à l'air libre par un col de section S et de longueur L .

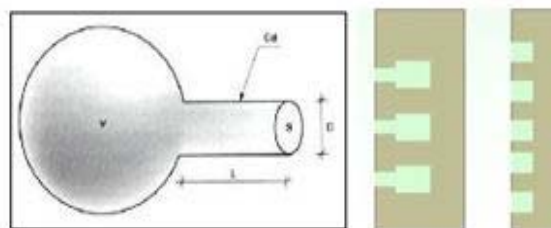


Fig. Résonateur de Helmholtz

(Source : Vincent Champilou, la correction acoustique, 2012)

Les Membranes :

Utilisés dans l'absorption des sons graves ($f < 300$ Hz), ils sont constitués d'un panneau fin fixé à distance de la paroi par une fixation périphérique étanche (tasseaux).

Augmentation de la fréquence d'absorption maximum avec la diminution de la masse surfacique de la plaque et de l'épaisseur de la lame d'air.

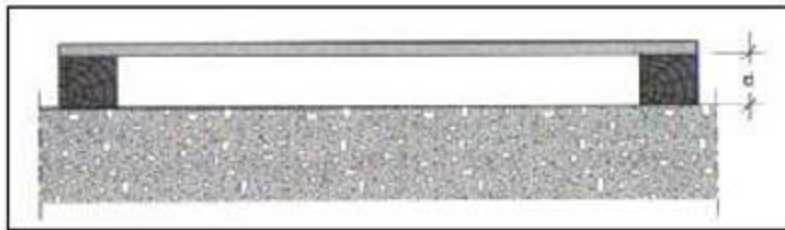


Fig. composition d'une Membranes

(Source : Vincent Champilou, la correction acoustique, 2012)

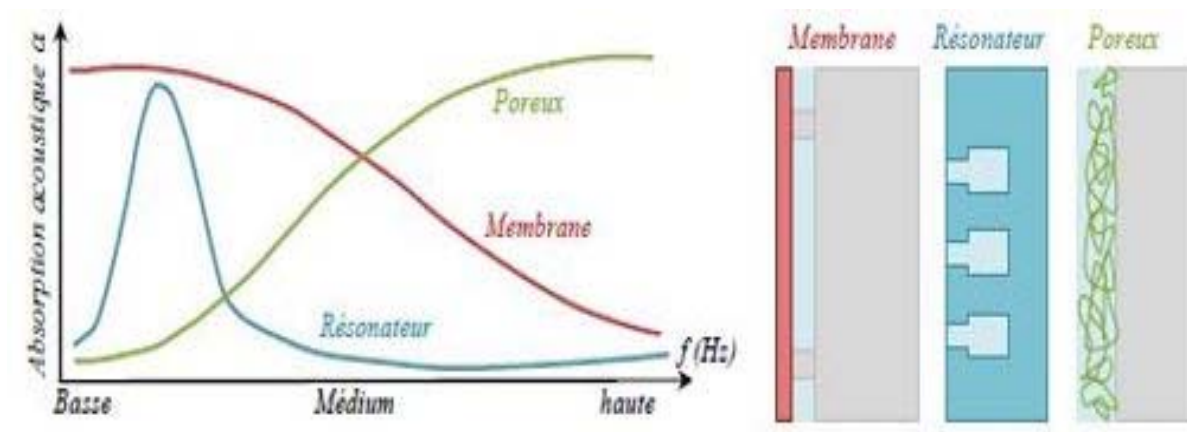


Fig. Comparaison d'absorption des trois types de matériaux absorbants

(Source : Vincent CHAMPILOU, la correction acoustique, 2012)

Mise en place des matériaux absorbants au plafond :

Les matériaux absorbants en plafond peuvent être posé contre le plancher haut ou être suspendus, en bénéficiant d'un plenum.

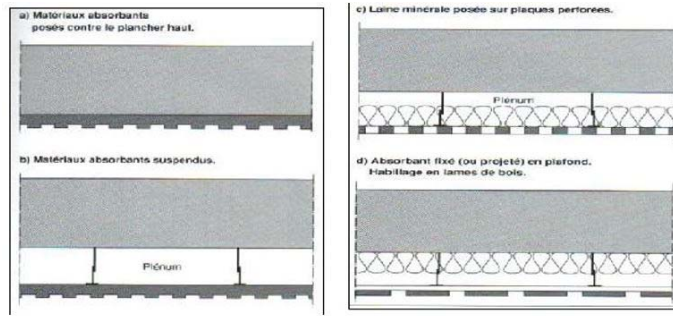


Fig. Exemples de matériaux absorbants posés en plafond
 (Source : Vincent CHAMPILOU, la correction acoustique, 2012)

Mise en place des matériaux absorbants sur le sol :

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

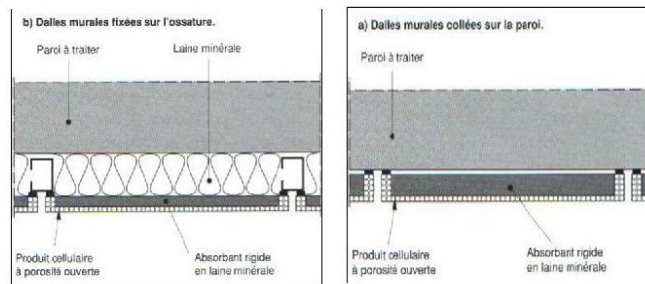


Fig. Exemple de matériaux absorbants posés sur les murs
 (Source : Vincent CHAMPILOU, la correction acoustique, 2012)

Bibliographie

1	Guillaume, Pellerin (2006). Cours d'acoustique architecturale des salles.
2	Vincent, Champilou- Bastien, Coutant(2012). Correction acoustique des salles de TD 3N21 et 3N22 : vers une solution tout bois.
3	BOUKADOUM, Amina (2012) Evaluation du confort acoustique dans les Salles de cours des établissements scolaires, Cas des lycées de Constantine, Université Mentouri de Constantine
4	Bui Van Tran (2009) Acoustique architectural.
5	Loïc, Hayaman (2008) comprendre simplement l'acoustique des bâtiments.
6	Steven Cherpillod (2011) l'espace sonore, université de Lausanne. Suisse
7	Neufurt (10ème édition française) LES ÉLÉMENTS DES PROJETS DE CONSTRUCTION.
8	M. A. Schnabel (2017) Conception acoustique pour un projet d'auditorium
9	Caroline, DE SA (2017) la Conception acoustique d'une salle.
10	Abdelghani Gramez (2010) Étude du comportement acoustique des salles
11	Pr. Ahmed Elkhateeb - Dr. Mourad Abdel Kader, Dr. A. Zakaria (2012) La conception acoustique du nouvel auditorium de conférences

Sites internet

<http://www.madeinacoustic.com/fr/correction-acoustique>

verre.weebly.com/uploads/1/5/1/5/15158980/8316366_orig.jpg?498

lorraine.fr/public/BUE_MING_2012_CHAMPILOU_VINCENT_COUTANT_BASTIEN.pdf

http://www.cnam.fr/cpda/docscours/Acoustique_Architecturale_CPDA_CNAM.pdf

<https://www.researchgate.net/publication/321443680>

<https://www.cic-alger.com/>

<http://asm-acoustics.be/fr/notions-acoustiques/acoustique>

<http://www.acophile.fr/salles-de-spectacle.html>

<http://www.acophile.fr/ecouterereverb.html>

<http://www.acophile.fr/animationff.html>

ArchDaily.com