الفصل الأول

مقدمة عامة

1-1 تمهيد

يمثل التصميم الصوتى جزءاً من عملية التصميم المتكامل للمبانى الحديثة المتخصصة، كالاستديوهات ، قاعات الاستماع ، وغيرها . فالصوت كبقية العناصر الأخرى (الإضاءة ، التهوية ، التكييف ، ... الخ) يجب أن يوظف لخدمة الفراغ بل أن التصميم الصوتى ربما يفوق تلك العناصر لكونه يتضمن رؤية شاملة للفراغ في أبعاده الثلاث بحيث يكون التصميم الناتج ملائما وظيفيا ومعبرا بصريا وجماليا .

إن العديد من الوظائف تؤدى داخل الفراغ المعمارى سواء كان مغلق أو مفتوح وكثير من هذه الوظائف مرتبطة ارتباطا وثيقا بالأداء الصوتى وفى حالة غياب الفراغ المعمارى من وجود بيئة صوتية ناجحة نستطيع أن نحكم فى هذه الحالة على أن هذه الفراغ غير ناجح وظيفيا وهذا لاعتماد الوظيفة إعتمادا كليا على أداء الصوت بصورة جيدة وبالأخص قاعات المسارح والسينمات ودور العبادة وقاعات المحاضرات أو الندوات... الخ ، وفى وقتنا هذا جميع هذه الوظائف يتم تأديتها ولكن باستخدام مكبرات الصوت أو المعالجات الحديثة للوصول إلى بيئة صوتية ناجحة وهنا نجد السؤال الذى لابد وأن نجد إجابة عليه من خلال هذه الدراسة ، فقديما كانت تؤدى كل هذه الوظائف بشكل رائع مثل المسارح المكشوفة منذ فجر التاريخ ودور العبادة بمقاييسها الضخمة والمعبد الفرعونية ذات المقياس التذكارى كل هذه المنشآت يتم أداء الوظيفة من خلالها بنجاح بدون مكبرات الصوت أو معالجات صوتية حديثة ذو تكاليف عالية فما هى الأساليب المتبعة قديما للوصول إلى هذا المستوى من دراسة التصميم المعمارى للمشروعات المختلفة؟

إن تصميم شكل قاعات الاستماع تحمل بداخلها عوامل نجاح او فشل ، بحيث يتوقف الامر في النهاية على وعى المصمم بسلوك الصوت وطبيعة التفاعل بينه وبين شكل الفراغ ، فنقص الانعكاسات الصوتية يكون مشكلة تستلزم ايجاد حلول مناسبة لتكوين بيئة صوتية ناجحة داخل الفراغ .

والحديث عن تأثير الصوت على التشكيل الداخلى للقاعات يقود للحديث عن العواكس الصوتية ، فإذا كان التأثير لا ينحصر على عملية الانعكاس ومدى كونها نافعة أم ضارة ، وكانت هذة العواكس سقفية أو جانبية ، لها كل هذه الاهمية يكون السؤال هو : فلماذا لا يتم تصميم الفراغ المعماري بحيث يعطى نفس الانعكاسات التى يتوقع ان يعطيها العاكس ؟ وهل تكون الحاجة لاستخدام عواكس اضافية علامة على تصميم صوتى غير مدروس للفراغ المعماري ؟ وما هو التأثير المتبادل بين محددات الفراغ – حجمه وشكله – والصوتيات وكيفية استخدام هذه المحددات في توليد انعكاسات صوتية مفيدة ؟

وهذا الفصل يتم التعرف على أهمية البحث وأهدافه والمشكلة الأساسية التى يناقشها البحث والفرضيات والخطة والمنهجية وحدود البحث الزمانية والمكانية .

2-1 أهمية البحث

تحتاج العمارة المحلية إلى مثل هذا النوع من البحوث الذي يدرس أســـس التصـــميم الصــوتى لقاعات الاســتماع في إطار متطور وجمالي إلى حد كبير ، خاصــة عند الاســتخدام المتعدد للقاعات . لذا ، فإن هذا سيضيف شيئا جديدا ويسد فراغا ملموسا ، ويضع اسسا لكيفية التصميم لقاعات الاستماع بولاية الخرطوم وتقويم الموجود منها حاليا بابسط الطرق .

3-1 مشكلة البحث

تتمثل المشـكلة البحثية في عدم إهتمام المصـممين بمحددات التصـميم الصـوتى الناجح لقاعات الاسـتماع ، حيث أن ذلك يشـكل أهم عناصـر التصـميم الاولى للقاعات؛ للوصـول الى الاثر الصوتى الامثل داخلها.

4-1 أهداف البحث

- دراسـة وضـع محددات تصـميمية لتحقيق منسـوب صـوت مناسـب وخالى من العيوب (الصدى ، الرنين ...) داخل القاعات.
- التعرف على العوامل المؤثرة على التصميم الصوتى لقاعات الاستماع (عوامل داخلية وخارجية).
- التعرف على أهمية مدى تأثير شــكل القاعات على البيئة الصــوتية داخلها ، ووضــع حلول تصـميمية لمشـاكل اشـكال القاعات المختلفة والشـائعة الاسـتخدام والمؤثرة على البيئة الصوتية.
- تقديم توصـيات خاصـة بالتصـميم الصـوتى الجيد للقاعات منذ بداية مراحل التصـميم الاولى.

5-1 فرضية البحث

يضع البحث عدة فرضيات ، من هذه ما يلى:

- الشكل والتصميم لقاعات الاستماع يؤثر على توفير بيئة صوتية جيدة داخلها .
- أن المواصفات والخصائص الصوتية الملائمة للمواد المختارة لتشطيب الاسطح الأفقية والرأسية لقاعات الاستماع هى التى تحقق بيئة سمعية جيدة ومثالية داخل القاعة .

6-1 أسئلة البحث

- لماذا لا يتم تصـــميم الفراغ المعماري بحيث يعطى نفس الانعكاســـات التى يتوقع ان يعطيها العاكس ؟
- وهل تكون الحاجة لاســتخدام عواكس أو مواد ماصــة اضــافية علامة على تصــميم صوتى يكون غير مدروس في أغلب الأحيان ؟
- وما هو التأثير المتبادل بين محددات الفراغ – حجمه وشــكله – والصــوتيات وكيفية استخدام هذه المحددات في توليد انعكاسات صوتية مفيدة ؟

7-1 خطة البحث

اســتراتيجية دراســة نظرية تســتوجب الالمام بكل المعلومات لتحقيق اهداف البحث وعرض لاهم العيوب الصــوتية لقاعات الاســتماع بالولاية عامة وكيفية معالجتها وعرض

الوســـائل الحديثة في هذا المجال وتطبيق ذلك على حالة الدراســـة (قاعة الصـــداقة بولاية الخرطوم) ومن ثم وضع التوصيات الخاصة بتطوير نظم القاعات .

8-1 منهجية البحث

تتمثل منهجية البحث في الإطار النظرى على المنهج التاريخى والوصـــفى من خلال جمع معلومات من المصـــادر والمراجع بشـــتى اللغات عن البيانات المتصـــلة بموضـــوع التصـــميم الصوتى لقاعات الاستماع المختلفة ، وذلك من خلال :

- الثقافة العامة والخبرات الشخصية والتخصصية .
- سؤال أهل الاختصاص والعلم .
- شبكة المعلومات وقواعد البيانات .
- مركز المعلومات والمكتبات.

أما في الجانب التطبيقى الميدانى فيعتمد على المنهج التحليلى لما تم جمعه من معلومات حول حالة الدراسة بعد إجراء المقابلات مع المختصين في المجال وتشمل العمليات الرياضية واختبارات المواد الخاصة لتشطيبات حالة الدراسة.

9-1 حدود البحث

حدود مكانية : مدينة الخرطوم – قاعة الصداقة

حدود زمانية : يونيو 2016 – فبراير 2017

10-1 هيكل البحث

يعرض الفصل الأول أساسيات البحث وفيه المقدمة ، ومنهجية البحث ومشكلة البحث ، يليه الفصـل الثانى والذى يتمثل في الإطار النظري والذى يتناول دراسة خلفية تاريخية لقاعات الاستماع ومن ثم يتناول اساسيات تصميم قاعات الاستماع ويفصل السلوك الصوتى داخل الفراغات المغلقة كدراســـة مفصـــلة عن الصـــوتية وعلاقتها بمواد البناء وذلك لمعرفة درجة النجاح فى اختيار مواد البناء المناسبة لكل عنصر ووضعها فى نطاقها السليم .

يناقش الفصـــل الثالث العلاقة التبادلية بين الشـــكل المعمارى وتكوين البيئة الصـــوتية بالفراغات المعمارية المغلقة وهذا بهدف تحديد نســـب الفراغات القياســـية وأيضـــا درجة ميل وشـكل الأسـطح الداخلية للفراغات بهدف تفسـير الظواهر العلمية الصـوتية بصـورة ناجحة، وكيفية التحكم في التوزيع الامثل للصوت داخل هذه القاعات. ويحتوي ايضا خطوات التصميم الصـوتى الناجح ، فيتناول حالة الدراسـة العالمية والمحلية كعرض للوضـع الحالى وتقييمها في ولاية الخرطوم . أما الفصـل الرابع فيفصـل حالة الدراسـة المختارة ويتم فيها دراسـتها وتحليلها صوتيا للينتهى بمجموعة من الخلاصات الخاصة بحالة الدراسة

أما الفصـل الخامس فيشـمل الخلاصـة والتوصـيات العامة لتصـميم القاعات محليا ، ثم توصيات خاصة بحالة الدراسة .

الفصل الثانى

الصوتيات في المسارح

1-2 مقدمة

يرتبط نجاح الأداء الصـوتي بقاعات الاسـتماع بمدي إدراك ووعي المصـمم بخواص الصـوت وسـلوكه في الفراغات المغلقة ؛ وبالرغم من أن محاولة البحث في هذا المجال ليسـت من الأمور السـهلة لكونها تتعامل مع فرضـيات لا يمكن رؤيتها بالعين ولكن من خلال القرائن والاسـتدلال .إن هذه المحاولات لم تتوقف ؛ربما منذ النشـأة المبكرة لفن المسـرح ، حيث دون فيرتوفيس ملاحظاته عن الانعكاسات الصـوتية بالقاعات ، ثم استمر اللاحقون من بعده – ومن خلال التجربة والخطأ – في محاولاتهم لتحسـين الأداء الصـوتي بقاعاتهم، وسـيعرض في هذا الفصل خلفية تاريخية لما قدمه العلماء عبر التاريخ .غير أن التطبيق العملي والمبني علي أسس نظرية وعلمية بحته ، لم يتبلور إلا في بداية هذا القرن علي يد العالم سابين رائد علم الصوتيات المعمارية. ومن ثم يتناول الإطار النظرى لتصـنيفات قاعات الإسـتماع والفراغات التى تتواجد في هذا النوع من المبانى والأشكال الشائعه لها.

نستعرض أيضا في هذا الفصل الشق النظرى الذى يحكم عملية صناعة البيئة الصوتية الجيدة داخل الفراغ المعمارى (قاعات العرض House or Auditorium) ، حيث يمثل التصميم الصوتى جزءا من عملية التصميم المتكامل للمبانى الحديثة المتخصصة ، بحيث يكون التصـميم الناتج ملائما للوظيفة ومعبرا بصـريا وجماليا ، حيث يتطلب الامر من المصـمم قدرة خلاقة وفهما تاما لمجموعة من العلوم والفنون التى تكون الصوتيات المعمارية .

ولدراسة سلوك الموجات الصوتية بالفراغات المغلقة، يعرض البحث القواعد الهندسية لانتشـار الموجات الصـوتية، ثم دراسـة مفصـلة لظاهرة امتصـاص الصـوت بالغرف كأحد أهم العوامل التي تحكم سلوك الموجات الصوتية بالفراغات المغلقة، وينتهي بعرض بعض الانظمة الخاصة للتحكم في الصوت (إمتصاصا وإنعكاسا) وطرق تركيب وتوزيع هذة مواد.

2-2 دور الصوتيات في تشكيل قاعات الاستماع عبر التاريخ

يبقى السـؤال الذى حير كثير من علماء الصـوت اليوم هو انه كيف اسـتطاع الاغريق والرومان قديما تحقيق أفضل توزيع صوتى بمدرجاتهم البدائية جدا دون استعمال وسائل تكبير الصوت او مواد عكس وامتصاص خاصة ؟ وكثير من الاسئلة تقودنا لدراسة المسارح القديمة لمعرفة ما اذا كان للشكل والتصميم الاثر الاكبر في التوزيع الامثل للصوت .

2-2-1 المسرح الإغريقى القديم Theatre of Ancient Greece

يرجع تاريخ المسـرح الاغريقى القديم الى أكثرمن 2000 عام مضـت ، حين ظهر المفهوم الكلاسيكى للمسارح ، والذى جاء في بساطة تعكس محاولة مباشرة للوصول الى أقوى علاقة بصـرية وسـمعية ممكنة بين المتفرج والممثل تسح المسـارح الاغريقية ما بين 15000 - 20000 متفرج. ومن شـأن تصـميم المسـرح الاغريقى ان يحقق عدة مميزات هامة فهو يسمح بوضـع أكبر عدد ممكن من المتفرجين في نفس الصـف فيجعل المشـاهدين قريبين قدر الامكان من منطقة التمثيل Stsge ،فيحصـلون بذلك على أكبر توزيع صـوتى ممكن ، كما أن الميول الحاد من المدرجات تقلل من فقدان الطاقة الصوتي كنتيجة لأحتكاكها برؤوس المستمعين ، ولا يحتوى المسـرح الاغريقى الا على قليل جدا من الانعكاسـات الصـوتية والتى تنتج أسـاسـا من

التبليط الحجرى في المنطقة المركزية للمسرح وأيضا من المبانى التى تنتج مباشرة خلف هذه الساحة (الخطيب ، 2002 ، ص3).

إن تحليل ودراسة المسرح الاغريقى من النواحى الصوتية لا يزال أحد النقاط المثيرة للجدل ، اذ لايمكن في جميع الاحوال تحديد الممارسة المسرحية لدى الاغريق الا من خلال الحدس، كما انه يمكن القول أن مستويات الضوضاء الخلفية Background Noise المحيطة بالمسرح كانت مثالية حيث لا توجد ضوضاء هائلة كالتى تنتج عن الآلآت والمحركات وغيرها من مخلفات الحضارة الحديثة. اما بالنظر للعوامل المناخية تصبح الرياح هى العامل الوحيد ذو اهمية في دراسة الصوتيات لهذة المسارح ، فالدلائل تؤكد على ان المسرح الاغريقى يقع عادة على الجوانب الحادة للتلال في مواقع ريفية هادئة ، قليلة الرياح، والتى قد ينتج عن هبوبها خلال الاشجار والمبانى والمستمعين ضوضاء غير مرغوب فيها ،الصورة (2-1) توضح نموذج لمسرح دودون الإغريقي القديم.

صورة رقم (2-1) للمسرح الاغريقى القديم مسرح دودون

المصدر : (https://ar.wikipedia.org)، 2016/8/6،س 12:15ص

كما انه يجدير بالذكر استخدم الممثلون في ذلك الزمان اقنعة ذات ابواق مخروطية الشكل تعمل على تضخيم تعبيراتهم وتقوية اصواتهم ، حيث توضع هذه الابواق في فم القناع الذى يرتديه الممثل ، كوسيلة للتغلب على بعض المشكلات الصوتية التى ظهرت في المسارح الاغريقية .

2-2-2 المسرح الرومانى Roman Theater

لم يتطور المسرح الروماني إلا في القرن الثالث قبل الميلاد حيث تميز المسرح الرومانى بزيادة الوعى بتأثير الصوتيات على المسارح عما كان عليه المسرح الإغريقي ، وقد كتب فيتروفيس - مهندس معمارى رومانى عاش في القرن الاول قبل الميلاد - في الجزء الخامس عن كتبه في العمارة ، ان الاساس لتاثيرات سلوك الصوت هى موقع المسرح والذى يجب اختيارة وفق اسس معينة ، وهذا ما يعكس في فترة مبكرة جدا محاولة جادة لفهم طبيعة الصوتيات واثرها على المسارح.

فقد طور المسرح الرومانى منحدرا اشد ميلا للمقاعد كما استخدم مبانى اكبر خلف منطقة التمثيل مما يعطى المزيد من الاسطح العاكسة، بالاضافة الى انعكاس الصوت ايضا عن الحوائط الجانبية ، ولأن جميع هذه الانعكاسات ذات تاخر زمنى بسيط ، فانها تعمل اساسا على

زيادة قوة الصوت المباشر ، ويعتقد أن هذه الحوائط بداية ظهور فكرة صوتيات الغرف ، إنظر الصـورة (2-2) نموذج لمسـرح رومانى قديم يوضـح الشـكل الذى تتميز به المسـارح في تلك الحقبة ، وبذلك كانت النواه الاولى في تصـميم فراغات ذات سـقف وحوائط. واقترح فيتروفيس وضـع بعض المزهريات Vases البرونزية على المسـرح بحيث يعمل رنين التجاويف الهوائية بها على احداث بعض التكبير لاصوات الممثلين.

صورة رقم (2-2) للمسرح الرومانى القديم في بصرة – سوريا

المصدر : (https://en.wikipedia.org/wiki/Theatre_of_ancient_Rome) ،2016/9/30 س21:07م

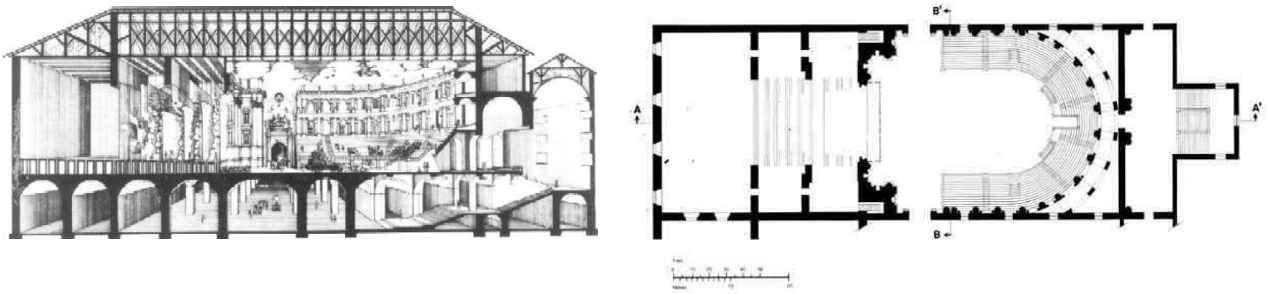
3-2-2 المسرح في العصور الوسطى Theater in Middle Ages

اما في العصـور الوسـطى فقد كان لارتباط الموسـيقى بالكنائس القوطية دور مؤثر في تطور الصوتيات وعلاقتها بالعمارة وهذا ما جعلهم يلاحظون تلك التأثيرات الصوتية لكل فراغ بحسب وظيفته.

4-2-2 المسرح في عصر النهضة Theater in Renaissance

وفي عصـر النهضـة صـمم المعماريون مبانيهم في تلك الفترة وفقا لنوع الموسـيقى لتحقيق ملائمة الشـكل والوظيفة ، وعلى إثر ذلك تم تعديل العديد من الكنائس الموجودة في تلك الفترة بتعديل زمن التردد ما يمكن من سماع الالآت الوترية بشكل أفضل .

وتطور استخدامات المسارح بعد ذلك لتشمل الفن الاوبرالى الذى اثر وبشكل كبير على القاعات المغلقة وظهور مايعرف بالتياترو فارنس Teatro Farnes إنظر الشكل رقم (2-1) ، وهو عبارة عن شـكل مسـتطيل به منطقة المقاعد والتى تتالف من قطاع نصـف دائرى في الخلف بالاضـافة الى جزئين مسـتقيمين على طول جانبه تاركا فراغا كبيرا في الوسـط يرتبط بخشبة المسرح ، والتى طورت فيما بعد لتكون منطقة البروسيم Proscenium وهى عبارة عن جزء من المسرح مفصول صوتيا عن القاعة بفراغ اعلاه يسمى بالبروسنيم .

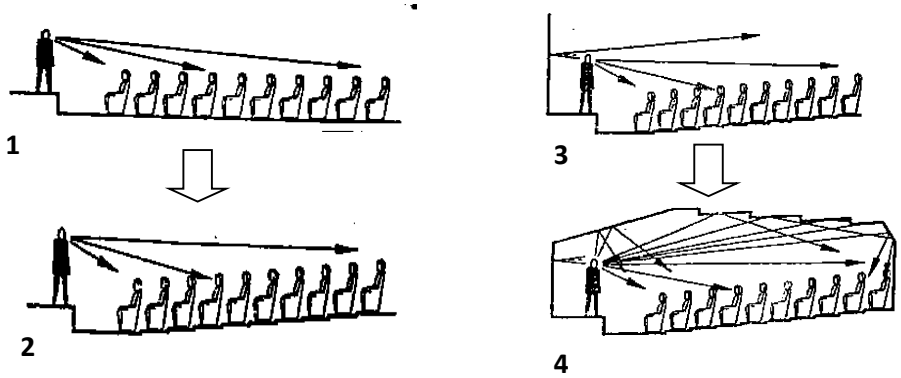


شكل رقم (2-1) المسقط افقى ومقطع رأسي للتياترو فارنس TEATRO FARNES

المصدر : (https://www.google.com/imgres) 2016/9/30، س21:15 م

كتبت بعدها بحوث عدة عن علم الصوتيات توصف تكون البؤرة الصوتية والصدى خلال الانعكاس الصوتى عن الاسقف والحوائط ، تطور من خلالها القاعات تدريجيا مع ظهور الفن الاوبرالى لتظهر الاوركسترا كاملة الحجم في مساحة منفصلة في مقدمة المسرح خفضت فيما بعد لتصبح حفرة الاوركسترا Orchestra Pit وهى حفرة ضيقة ذات ارضيات وحوائط عاكسة للصوت ومفتوحة من ناحية القاعة والتى تؤلف البيئة الصوتية المحيطة بالعازفين . ويوضح الشكل رقم (2-2) التحول التدريجى من الفراغات الخارجية الى الداخلية في قاعات الإستماع.

ومايجدر بالذكر أن الجهود في هذه الفترة كانت مستمرة من أجل وضع قواعد تحكم عملية التصميم الصوتى لقاعات الاستماع ، ففى أواخر هذا القرن 1790 كتب جورج ساندر George Sanders بحثا عن المسارح اقترح خلاله أن تكون القاعات مستديرة وأن لا يزيد بعد أى مستمع بها عن الممثل عن 70 قدما (حوالى 21.33 م).



شكل رقم (2-2) التحول التدريجى من الفراغات الخارجية الى الداخلية في قاعات الاستماع

المصدر : (الخطيب ، 2002م ، ص 8)

5-2-2 المسرح في القرن التاسع عشر Theater in The 19th Century

شهد القرن التاسع عشر جهودات ضخمة للوصول الى صوتيات أفضل بقاعات الاستماع، وقد ساهم الكثير من المعمارين بجهود طيبة دون أن يدركوا الحقائق العلمية وراء ذلك، فهم – على سبيل المثال – كانوا يعرفون ان المسارح ودورالاوبرا يجب أن تبطن بألواح من الخشب الرقيق ، حتى تمتص الأصوات ذات الترددات المنخفضة الى المتوسطة بحيث لا

تغطى على تفاصـيل الألحان الموسـيقية ، بينما كانت قاعات العزف الموسـيقى تغطى ببياض سميك عاكس للصوت يعمل على توفير النغمة الكاملة اللازمة للموسيقى الاوركسترالية .

وصـمت عدة قاعات خضـعت للتجارب بعد إكتشـاف المعادلة الرياضـية لحسـاب زمن التردد – والذي سـمى فيما بعد بزمن تردد سـابين Sabine - والذى وضـع فيها العالم سـابين حفرة الاوركسترا في امداد لجسم القاعة ، وفي شكل أقرب لما يمكن وصفه بالاحتواء المنفصل حيث يأتى السقف والحوائط المكونة له قريبة للاوركسترا ، إذ لم يكن أحد قد عرف بعد – حتى سابين نفسه – الأهمية الحيوية للإنعكاسات الصوتية ، وقد جاءت النتيجة جيدة لذلك .

استخدمت أيضا في هذا القرن الأخشاب على نطاق واسع وهذا مادفع البعض للمطالبة بضرورة اتخاذ اجراءات وقائية ضد الحريق بأن تبنى المسارح من الطوب أو الحجر مع تقليل استخدام الخشب .

6-2-2 المسرح في القرن العشرين Theater in The 19th Century

ما حدث في القرن العشرين لعلم الصوتيات كان طفرة بكل المقاييس ، فقد توصل عالم الفيزياء الامريكى ســـابين الى أول كمية صـــوتية يمكن حســـابها بطريقة علمية في مرحلة التصميم.

وقد تميز القرن العشرين ايضا بمحاولات العديد من علماء الصوتيات لتبسيط هذا العلم وقاموا بتطوير العديد من برامج الحاســب الالى التى تعامل مع الصــوتيات والتى شــهد بعدها العقدان الاخيران تطورا ملحوظا في تصــميم قاعات الاســتماع ناتج عن زيادة الوعى والخبرة بتاثير الشكل على الوظائف الصوتية والاهتمام باختيار المواد المناسبة .

وتتســم لتصــميمات الحديثة لقاعات الاســتماع بزيادة الميل نحو المزج بين تصــميم المسارح وقاعات عزف الموسيقى والذى لا يتحقق الا من خلال فهم مقتضيات الاداء المسرحى وفهم الخصائص الصوتية لكل منهم ثم التوفيق بينهما باستخدام الوسائل الصوتية القابلة للضبط بهدف الوصول الى آفاق جديدة تكون فيها القاعة صالحة لأكثر من إستخدام . لذلك سوف نركز في الفقرات التالية على طرق واسـاليب التصـميم الصـوتى لقاعات الاسـتماع من خلال دراسـة سوك وطبيعة الموجات الصوتية في الفراغات المغلقة (الخطيب ، 2002 ، ص25).

3-2 تصميم قاعات الاستماع

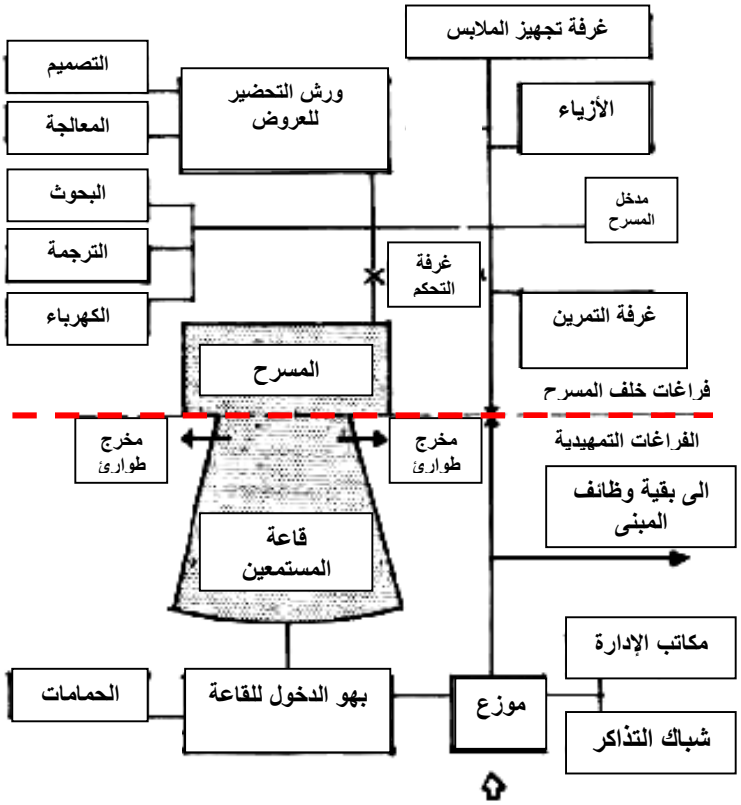
1-3-2 أقسام مبانى قاعات الاستماع تتكون عموما من ثلاث أقسام رئيسية وهى :

(أ) الفراغات الممهدة لدخول القاعة (front-of-house spaces) وهى مكونة من صالة الدخول ، بهو موزع ، شباك التذاكر ، الحمامات ، وسائل الحركة الرأسية ، وهذه تكون ضرورية لأي قاعة ولكن هناك فراغات إختيارية كمكتب إدارة و كافتريا و معرض مصاحب للعرض . (Judith Strong ، 2010 ، 25)

(ب) قاعة الاستماع (House or Auditorium) وهى القاعة او الصالة المخصصة لجلوس الافراد للإستماع إما للحديث أو الموسيقى أو كليهما وهى ما نختص به في دراستنا هذه.

(ج)المسرح وماخلف المسرح (Backstage or Back- of house spaces) وهى مكونة من خشبة المسرح ، الكواليس ،غرف تجهيز الممثلين (تغيير الملابس ، المكياج) ، إستراحات الممثلين ، ورش تركيب الديكور ،غرف التدريب ، غرف الفنيين ، الإشراف .

الشكل التالى رقم (2-3) يوضح كيفية توزيع هذه الاقسام الثلاث هذة المبانى



شكل رقم (2-3) العلاقات الوظيفية لمكونات اى مسرح أو قاعة

المصدر : (Joseph De Chiara & Michael J. Crosbie ، 2001، page 371) ، الباحث (بتصرف)

2-3-2 العوامل المتؤثرة في تصميم التشكيل الداخلى لقاعات الاستماع هى :

(أ) الجمهور يحدد الجمهور نوع العرض وطابعه وحجمه وامتداده ولذلك يجب التصميم بناء على نوعية الجمهور المنتظر من حيث السن والمستوى .

(ب) نوع العروض المقدمة يملى موضوع العرض وطبيعة الجهة العارضة تأثيرا كبيرا على نوع العروض فإذا كان العرض مقدما لغرض موسيقي مثلا وجب دراسة النواحي الصوتية والتصميمية و التقنية المناسبة وتهيئتها للجهة العارضة و أيضا لها تأثير كبير على الشكل العام للمبنى وحجمه ففي المسارح العالمية تتنافس كبرى الدول في إقامة مباني ضخمة وأفكار إنشائية مبتكرة .

ويمكن تقسيم قاعات الاستماع عموما الى ثلاث مجموعات حسب طبيعة المصدر الصوتى وهى:

- المجموعة الاولى : قاعات الحديث
- المجموعة الثانية : قاعات الاستماع والموسيقى
- المجموعة الثالثة : قاعات الاستماع التى تضم أكثر من نوع من المصادر الصوتية (دور الأوبرا) وأكثر من إستعمال (القاعات المتعددة الأغراض) .

وسنعرف فيما بعد الاختلاف للتصميم الصوتى لكل نوع من هذه الانواع والتى تتفق كل هذه المجموعات في التصميم المعمارى ، والشكل رقم (2-4) يوضح التعدد في أشكال القاعات

عامة مبينا كيفية توزيع الفراغات الخاصــة بالمســتمعين ، وســنعرف فيما بعد تأثير بعض هذه الاشكال على صوتيات القاعات.

لذلك يواجه المعمارى عند تصديه لدراسة الصوتيات في العمارة ، كثير من التحديات التى تفرضـها طبيعة العنصـر وما يتبعها من تغيرات في المفاهيم والأسـاليب المعمارية والإنشـائية ، أهم هذه التحديات :

1. التزايد المطرد في اعداد قاعات الاستماع auditoria المطلوبة ومايصاحبه من مشاكل ناجمة عن زيادة الســـعة أو المرونة في التصـــميم ، إما بغرض تعدد الوظائف أو استعمالات الفراغ .
2. التعارض بين بعض الاتجاهات المعمارية الحديثة وبين متطلبات الخصـــوصـــية الصوتية acoustical privacy
3. استعمال مواد البناء الخفيفة ،وهذا الاتجاه ناشئ عن محاولة الاستغناء عن المواد التى لا تشكل ضرورة انشائية أو حرارية، وتفتقر معظم هذه المواد المستعملة أهم خواص العزل الصـوتى ، مثل التركيبات سـابقة التجهيز والتى تهيئ مسـارات لانتقال الصـوت أو الضوضاء بين مختلف الفراغات المعمارية .
4. التوســع في اســتعمال الاجهزة والماكينات داخل المبانى والتى تشــكل مصــادر جديدة للضوضاء داخل المبانى رغم التطورات .
5. اســتغلال قبوات المبانى كمواقف للســيارات أو وضــع المولدات الكهربائية والاجهزة الميكانيكية ادى الى نشوء الضوضاء والاهتزازات .
6. التزايد المطرد في مصادر الضوضاء الخارجية مثل الطائرات والقطارات والسيارات

شكل رقم (2-4) يوضح بعض اشكال القاعات بمكوناتها الثلاث على اختلاف وظائفها

المصدر (lan appleton،2008 ، 107 page) ، الباحث (بتصرف)

وتشترك معظم المشاكل الصوتية في اشتمالها ثلاث عناصر رئيسة هى :

1. المصدر ، وهو قد يصدر صوتا مرغوبا او ضوضاء غير مرغوبة
2. المسار ، وهو يشكل المسار الذى ينتقل فيه الصوت وقد يكون موائما او معاكسا .
3. المستقبل ، وهو قد يكون راغبا في الاستماع او غير راغب .

ففي حالة ان يكون الصوت مرغوبا فيه فيجب ان تهيأ له كل الظروف عند اصداره وانتقاله واستقباله ، أما الغير مرغوب فيه فيجب أن يحدث العكس من اخفاض المصدر وابعاده عن المستقبل واضعافه اثناء مساره (حسن ،2007م ، ص172) .

4-2 مفهوم الصوتيات

لدراسة سلوك الصوت يتطلب علينا معرفة بعض الاساسيات والمفاهيم الخاصة ، ومن هذة المفاهيم :

أ) الصوت Sound

عبارة عن احساس مادى طبيعى ينتج في الاذن بواسطة اهتزازات تحدث في ضغط الهواء تسببها الاشياء التى تهتز في المنطقة التى حول الاذن ، فأى شئ يهتز يمكنه انتاج الموجه الصوتية والتى تتحرك في كل الاتجاهات من مصدر الصوت (حسن ،2007م ، ص173) .

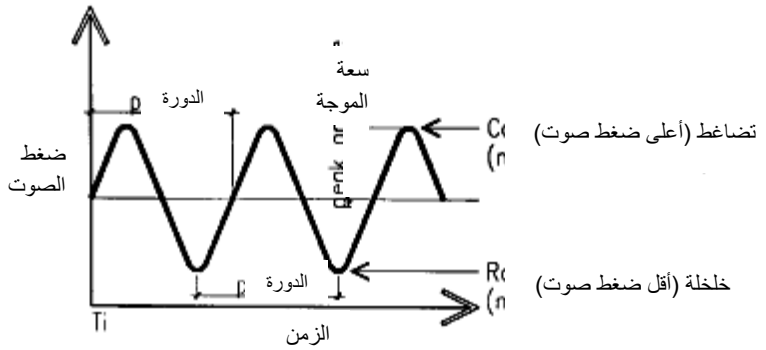
وايضا يعرف الصوت بانه التغيير في ضغط الوسط المرن بحيث تستطيع الأذن البشرية تحسسه ، وينتشر الصوت على شكل موجات صوتية طولية ذات ترددات تقع بين 20 – 20000 هرتز من مصدر الصوت الى الاذن البشرية بسرع مختلفة حسب نوع الوسط المادي المنتقله من خلاله (مجلة الانبار للعلوم الهندسية، 2008م ، (1)).

ب) طول الموجه Wavelength

يرمز لها بالرمز L وهى المسافة التى يقطعها الصوت خلال دورة ذبذبة كاملة . ووحدتها هى المتر. شكل رقم (2-5) يوضح مفهوم الطول الموجى .

طول الموجة الصوتية تقاس بمقدار سرعتها وترددها حيث ان :

طول الموجه = سرعة الصوت / التردد



شكل رقم (2-5) الطول الموجى – إهتزاز جزيئات الصوت في الهواء

المصدر : (David Egan ، 1988 ، 3) ، الباحث (بتصرف)

ج) التردد Frequency

ويرمز له بالرمز f وهو عدد الاهتزازات أو التموجات في الثانية ، ووحدة التردد هى الهرتز .HERTZ – Hz ، لتردد الصـوت تأثير في الاذن يسـمى درجة الصـوت (Pitch) ، والتي تتولد نتيجة لاهتزاز الاوتار الصـوتية وتتحكم في شـدتها تقلصـات عضلية فتولد تغييرات من درجة الصوت.

د) سرعة الصوت

يرمز لها بالرمز V ، وسرعة الصوت تؤخذ كقيمة ثابتة وهى 330 م/ث في الهواء .

سرعة الصوت(م/ث) = التردد (هرتز Hz) * طول الموجة (متر)

$$v = f * l$$

اقل طول موجة صـوتية في الهواء هي 17 ملم ، عندما تكون سـرعة الصـوت فيه 340 متر/ثانية وبتردد 20000 هيرتز وان اطول موجة صوتية في الهواء تساوي 17 متر عندما يكون التردد 20 هرتز وبالسرعة السابقة . و ان هذا الفرق الكبير بين اقصر واطول موجه مسـموعة يظهر مدى الفرق الكبير في اطوال الموجة المسـموعة ، فالصـوت المسـموع وبتردد واحد يعرف بالنغمة النقية . وبما ان الصـوت عبارة عن مجموعة ترددات لذا فانه مزيج من عدة نغمات نقية.

ه) شدة الصوت

هى تعبير عن قوة الصـوت أو ضـعفه وهذا يتوقف على سـعة الذبذبة الصـوتية وتقاس شدة الصوت بالديسبل . وتعرف ايضا بانها الطاقة الصوتية التي تمر خلال وحدة المساحة . أي ان الشدة تساوي القدرة/المساحة ، وللشدة تاثير على الاذن يسمى العلو او الجهارة . حيث اتفق العلماء على أن اقل شـدة صـوت يمكن للانسـان العادى سـماعها هى 20 MPa وتتحمل الاذن شده صوت حتى 120 ديسبل.

و) الديسبل

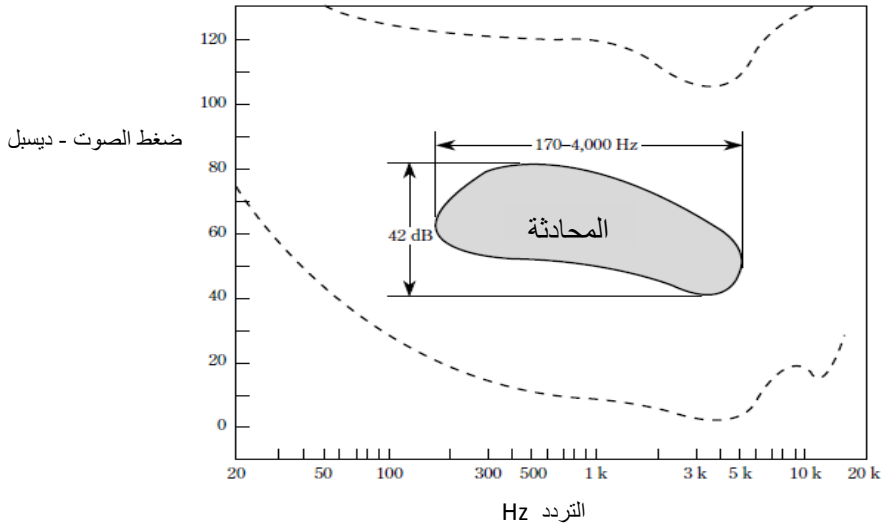
مقياس الديسـبل يرمز له بالرمز db ، وهو المقياس اللوغريثمى الذى يقاس به كل من مستوى ضـغط الصـوت ، ومستوى كثافة الصـوت ، ومستوى قدرة الصـوت ، وهو عبارة عن نسبة أو مقارنة لهذه المستويات لمستوى اساس كل منها .

وتعتمد طبيعة اداء فعالية الكلام على اصـوات المتكلمين ، والتي تختلف بعضـها عن بعض والتي تعرف بانها المعدل الزمني ، (Intensity) بخصائص جوهرية :

أولاهما شدة الصوت

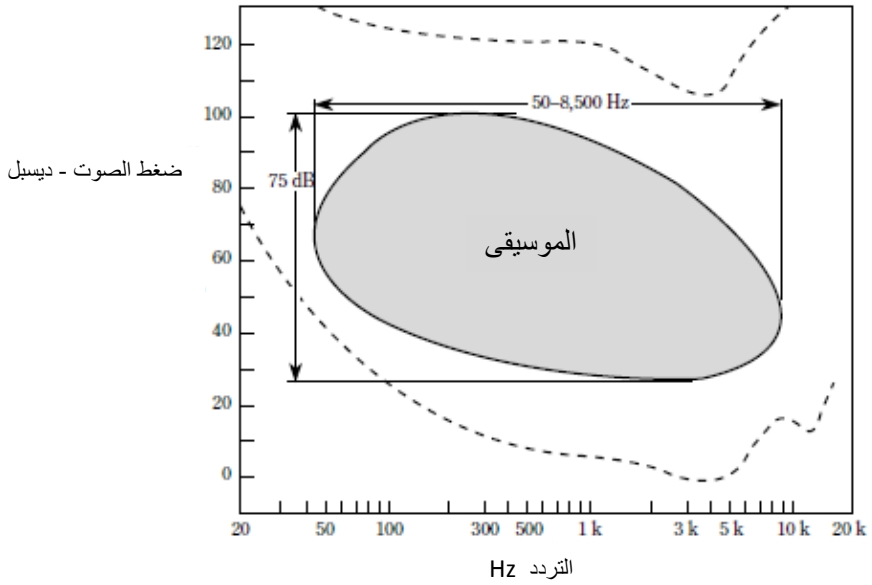
وثانيهما تردد الصوت

وثالثهما نوع الصـوت وهي النغمات التي تردداتها مضـاعفا(Harmonics) صـحيحة للنغمة الاسـاسـية لتهب الاذن صـوتاً ارق واجمل .ويتراوح المجال الترددي لفعالية الكلام من 100-10000هرتز ولغرض تحقيق درجة فهم جيدة في القاعات السـمعية ، يفضـل تحديد هذا المجال من 125 – 40000 هرتز كما سنعرف لاحقا . الشـكل رقم (2–6) ، (2–7) المدى الصـوتى للكلام والموسيقى المسموع للإنسان .



شكل رقم (2-6) المدى الصوتى للكلام المسموع للانسان

المصدر : (F. Alton Everest ، 2001 ، pag107) ، الباحث (بتصرف)



شكل رقم (2-7) يوضح المدى الصوتى المسموع للموسيقى

المصدر : (F. Alton Everest ، 2001 ، page 108) ، الباحث (بتصرف)

5-2 سلوك الصوت في الفراغات المغلقة

إذا أدير مصـــدر صـــوتى في فراغ مغلق – وعلى عكس الفراغات المفتوحة – فإن الموجات الصـــوتية المتولدة في هذا الفراغ تتعرض لعدد من الظواهر الفيزيقية المعروفة تحت شـروط معينة، فالصـوت المنبعث من مصـدر صـوتى على هيئة نقطة في الهواء الطلق ينتشـر على شكل موجات كروية وتتناقص شدته بالبعد عن المصدر ،ألا ان وجود المصدر داخل فراغ مغلق ،يترتب عليه حدوث تغيرات جمه في نوعية وشـده الصـوت الذى يصـل الى المسـتقبل ،

وهذه التغيرات اما أن تكون للأحسن كتقوية الصوت ودمج صوت الآلات الموسيقية أو للأسوأ كحدوث صدى مصاحب للصوت او عدم وضوح .

وفي علم الصوتيات في العمارة يفترض أن الصوت يسير في شكل أشعة مستقيمة rays ومتعامدة على جبهة الموجه wave front وبالتالى يمكن اخضاعه لقواعد الضوء ، وجدير بالذكر ماقاله العالم فرمات Fermat (عالم رياضيات فرنسي عاش في الفترة ما بين 1601 – 1665 م) ان القاعدة العامة لانتشار الموجات والتى تنص على أن : كل موجة تنتقل من المصدر الى المستقبل من خلال اسرع مسار وليس أقصر مسار ، ولكن بالتاكيد فان القاعدة تتغير اذا قابلت الموجة تغيرات في الوسط الذى تمر فيه (الخطيب ، 2002 ، ص37).

وحتى يمكن دراسة التغيرات الخاصة بالصوت والاستفادة منها لابد من دراسة سلوك الصوت في الفراغات المغلقة ، والذي يختلف عن سلوكه في الهواء الطلق حيث لا يوجد عوائق على الاطلاق . والشكل رقم التالى (2-8) يوضح سلوك الصوت في الفراغات المغلقة . فنجد مثلا أنه عندما تصطدم موجات الصوت بجدار ما فان جزءا من الطاقة الصوتية ينعكس بينما يتسلل الجزء الآخر الى داخل الجدران حيث يمتص جزء منه وينفذ الجزء الباقى الى الجانب الآخر من الجدار . وإذا ما قابلت موجات الصوت حائلا أو عائقا فإنها غالبا تنحرف عن مسارها ، أو تتشتت إذا كان السطح متعرجا.

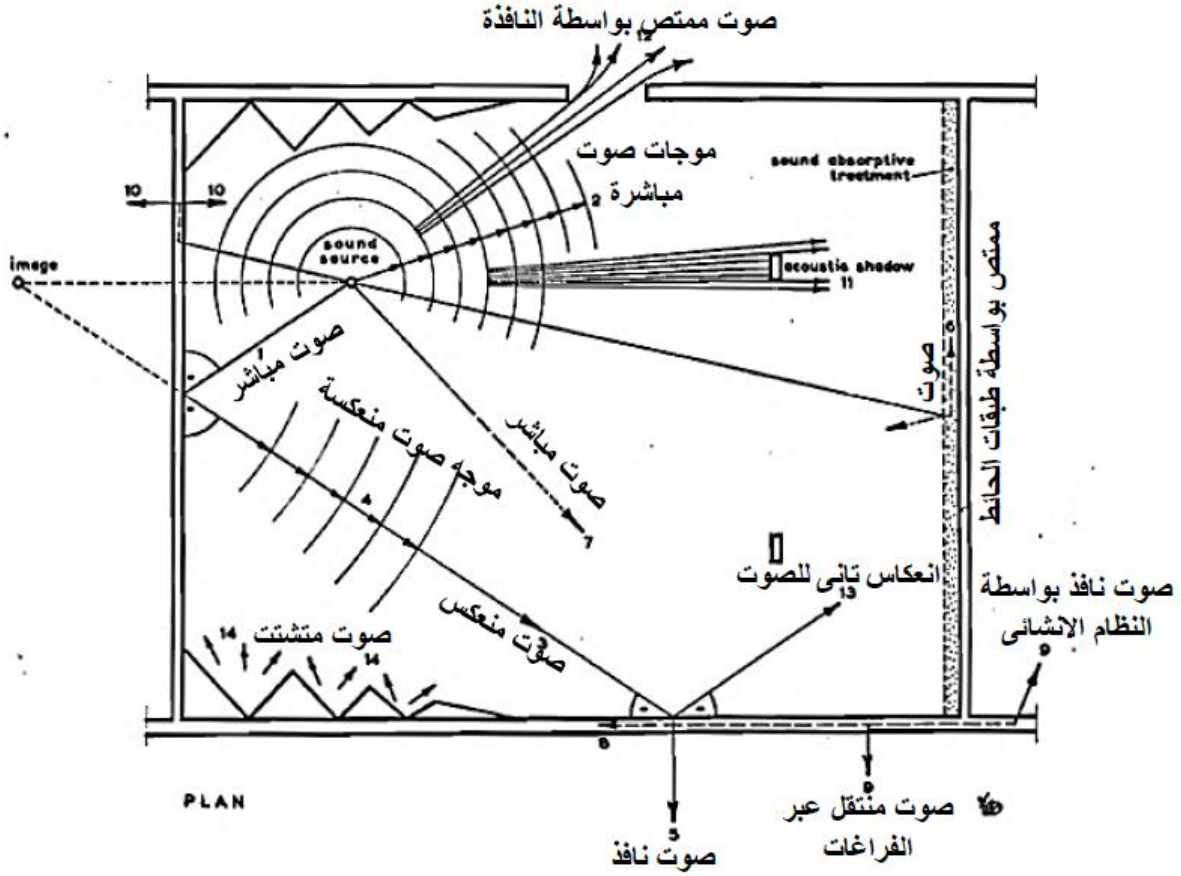
أ) انعكاس الصوت Reflections of sound rays

تلعب العلاقة بين طول موجه الصوت وأبعاد السطح العاكس دورا كبيرا في تحديد كيفية الانعكاس ، وإذا كانت ابعاد السطح العاكس اكبر من طول الموجة فإن الانعكاس سيخضع لقواعد انعكاس الضوء أما اذا كان اصغر ابعاد السطح مقاربا لطول الموجه الساقطه فإنها تنعكس في شتى الاتجاهات . أى تتشتت ولذا يجب مراعاه هذه العلاقة قبل تطبيق قواعد الانعكاس في حالة الترددات المنخفضة (الموجات الطويلة) (حسن ،2007 ، ص197) ، عند سقوط موجات الصوت على سطح مستو صلب تكون زاوية الانعكاس مساوية لزاوية السقوط، وكل من الشعاع الساقط واشعاع المنعكس في مستوى واحد متعامد على السطح العاكس (شكل (2-9/ أ)).

أما بالنسبة للأسطح المنحنية فإننا نجد أن الأسطح المقعرة Concave تعكس الصوت بطريقة مجمعة ، فتعمل الفضاءات ذات السطوح المقعرة كما في الشكل (2-9/ ب) على تركيز الأصوات المنعكسة في منطقة معينة أو اكثر ، مخلفة ما يسمى بالأماكن الميتة صوتيا Acoustic Dead Spots في المناطق الاخرى ، بينما تعكس الأسطح المنحدبة Convex الصوت بطريقة مفرقة ، وفي الشكل (2-9/ج) من جهه اخرى ،فانها تعمل على نشر الأصوات المنعكسة على نطاق واسع ، مما يساعد على تقوية مستويات الصوت في جميع انحاء الفضاء.

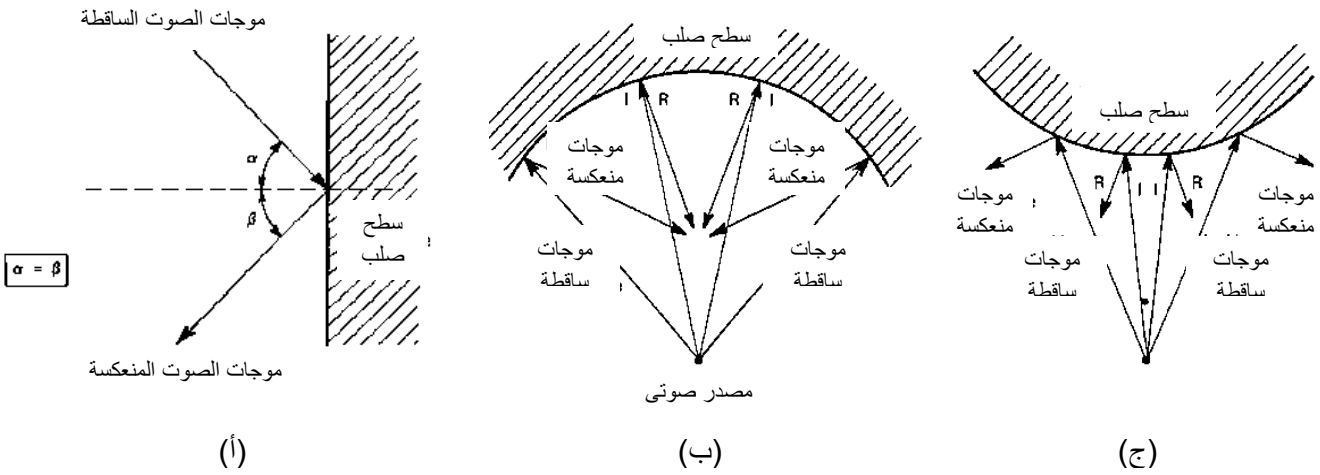
ب) إمتصاص الصوت Absorption Of Sound

يلعب امتصاص الصوت دورا هاما في تشكيل البيئة الصوتية للفراغات المغلقة ،إذ يمثل – مع الحجم – العاملين الرئيسين في تحديد زمن التردد ، ويمكن تعريفه بأنه هو اخماد الصوت أو الموجة الصوتية عند مرورها في وسط مادى أو ملامستها لسطح ما.



شكل رقم (2-8) يوضح سلوك الصوت في الفراغات المغلقة

المصدر : (Leslie L. Doelle B. Arch ، 1964 ، page 49) ، الباحث (بتصرف)



شكل رقم (2-9) يوضح انعكاس الصوت في الاسطح

المصدر : (K.B.Ginn.M.Sc. ، 1978 ، page35/ 34) ، الباحث (بتصرف)

ج) معامل امتصاص الصوت Sound Absorption Coefficient

هو ذلك الجزء من الصوت الساقط والذى لا يقوم السطح او المادة بعكسه وتختلف قيمة هذا المعامل باختلاف التردد ، والتركيب البنائي ، والمادة المكونة (حسن ، 2007م ، ص198).

ويختلف إمتصاص الصوت عن عزل الصوت كخاصيتين مستقلتين ،فعند سقوط اشعة الصـــوت على ســـطح ما ، فإن جزء من الطاقة الســـاقطة ينعكس ، بينما يمتص الجزء الآخر ويتوقف هذا على معامل امتصـاص السـطح المذكور. فالمواد الماصـة لها دور كبير في التحكم في زمن الارتداد ومعالجة بعض العيوب الصوتية وايضا للحد من شدة الضوضاء .

د) الامتصاص الكلى Total Absorption

الإمتصـــاص الكلى في حجرة ما هو ناتج مجموع لامتصـــاص كل الاســـطح والكتل والموجودات داخل الفراغ ، ويحسب الامتصاص الكلى بحاصل ضرب مساحة سطح المادة في معامل امتصاصها.

أما المستمين والاثاث فيحسب امتصاصها بمتوسطات (لا توجد مساحة) تعتمد على المقاس والملابس ، والناتج في كلا الحالتين هو أرقام أمتار مربعة من الامتصـــاص ، ويترك مجال لتخفيض الامتصـاص بواسـطة مقاعد المسـتمعين الذين يغطون سـطح الارضـية ، وهذا الغطاء يمثل أهمية بالنسبة لاصوات ذات تردد عالى وعليه فان هناك تخفيض بما يعادل 40% عند التردد 125 الى 500 هرتز و 60% عند 2000 هرتز من امتصاص الارضية .

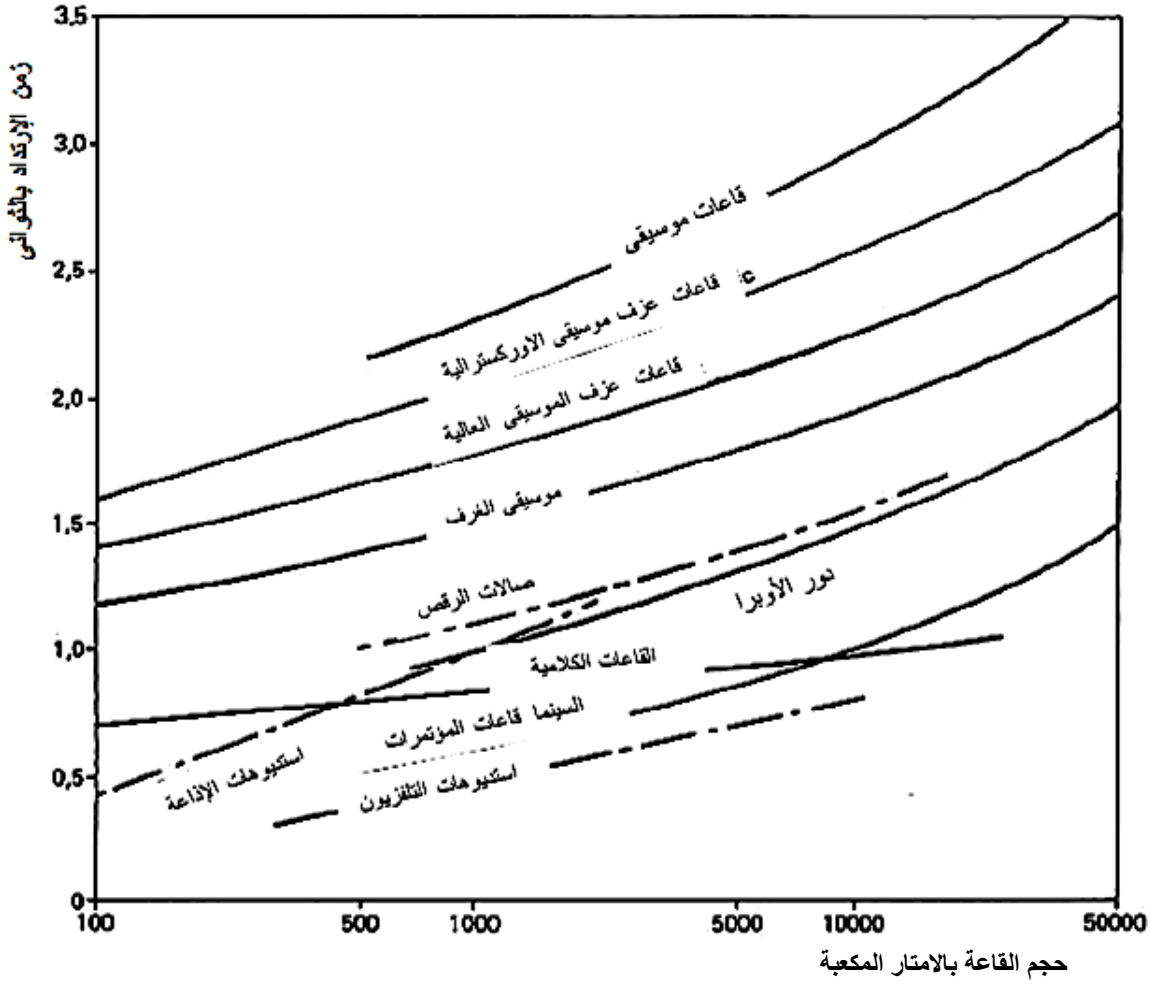
ه) إرتداد الصوت Reverberation

الارتداد هو دوام الصوت في مكان مغلق نتيجة للانعكاسات المتكررة لهذا الصوت من حدود هذا المكان والصـــوت الارتدادى ليس هو الصـــدى ، فالصـــدى عبارة عن انعكاس مفرد وواضـــح بينما الارتدادى عبارة عن الاف الانعكاســـات في الثانية الواحدة . ياخذ الصـــوت في التناقص الى ان يخبو ، اما اذا ما خبا الصـوت سـريعا فاإن وضـوح الصـوت يكون جيدا وفي بعض الاوضـاع يأخذ الصـوت وقتا طويلا ليخبو فينخفض الوضـوح نتيجة لذلك ولكن الصـوت يكون قويا وممتلئا ، وعليه فان الوضع الامثل يختلف باخلاف طبيعة الاستخدام للقاعة .

و) زمن الارتداد Reverberation Time

هو الزمن الذى يأخذه الصوت ليخبو بمقدار 60 ديسبل ويعتمد زمن الارتداد على حجم القاعة وكمية الامتصـــاص بها . والمخطط التالى يوضـــح علاقة زمن التردد الصـــوتى بحجم الفراغ ، فالقاعات الكلامية تحتاج زمن تردد بســـيط لتحقيق الوضـــوح على عكس القاعات الموسيقية التى تحتاج الى زمن تردد اكبر.

يوضح المخطط التالى (2-10) أن زمن الإرتداد يكون زمن أقل في القاعات الكلامية والتى يقل معها حجم القاعة أما القاعات الموسيقية التى يكون زمن التردد فيها أكبر ويزداد بازدياد حجم القاعة وذلك بزيادة لوغريثمية للحجم.



شكل رقم (2-10) يوضح علاقة زمن التردد بحجم الفراغ

المصدر : (K.B.Ginn.M.Sc. ، 1978، page 47) ، الباحث (بتصرف)

ز) معادلة سابين Sabins Formula

وهى معادلة لحســـاب زمن الارتداد الفعلى Actual Reverberation Time في اى قاعة كما يلى :

$$T = 0.16\ V / A$$

حيث :

T = زمن الارتداد بالثوانى.

V = حجم القاعة بالامتار المكعبة.

A **=** مساحة الامتصاص بالامتار المربعه.

ح) زمن الارتداد الامثل Optimum Reverberation Time

يعتمد زمن الارتداد المرغوب فيه على مقاس واستعمال الفراغ ، والزمن الامثل للارتداد يمكن استنتاجه من التجارب العلمية الذاتية . أنظر الجدول (2-1).

وضع العالمان ستيفنس وبيتز Stephens & Bates معادلة يتم استعمالها لحساب زمن الارتداد الامثل وهى من معادلات حساب زمن الارتداد ولكنها تقريبيه وتستعمل فقط عند تردد 500 هرتز :

$$t = r\,(0.012(3\sqrt{N}) + 0.107)$$

t = زمن الارتداد الامثل بالثوانى

V = حجم القاعة بالامتار المكعبة

r= 4 للقاعات المستعملة في الحديث ، و 5 لقاعات الموسيقى الاوركسترالية ، و6 للقاعات المستعملة للموسيقى الكورالية ،وينصح بزيادة هذه الارقام بما يعادل 40% عند الترددات الادنى.

الجدول (2-1) علاقة زمن الارتداد بحالة الاستماع

زمن الترديد (ثانية)	الحالة السمعية
أقل من ١,٠	مثالي للفضاء الكلامي
١,٠ – ١,٥	جيد للفضاء الكلامي ، مناسب للفضاء الموسيقي
١,٥ – ٢,٠	مناسب للفضاء الكلامي ، جيد للفضاء الموسيقي
اعلى من ٢,٠	رديء للفضاء الكلامي ، جيد للموسيقى السيمفونية

المصدر :(مجلة الانبار للعلوم الهندسية، 2008م ، العدد 2).

ط) صدى الصوت Echo

ان التأخير في استقبال الصوت الناتج من عدد الانعكاسات في القاعات الكبيرة يمكن أن يسبب الصدأ الذى يحدث نتيجة تكرار الصوت المتولد من إنعكاس الموجة الصوتية من سطح ما بحيث تكون هذه الموجات بدرجة كافية من العلو والتأخير الزمنى ليتم إدراكها بصورة منفصلة عن صوت المصدر، ويحصل ذلك عندما يصل الصوت للسامع بعد 50 -80 ملى ثانيةبعد سماع الصوت المباشر . ويحدث الصدأ غالبا في الجدران المتوازية التى تبعد عن بعضها 18 م ، لذلك لا بد من التفكير الجيد لهندسة الفضاء والتوزيع الجيد للمواد الماصة داخله.

ي) الصدى المتكرر Flutter Echo

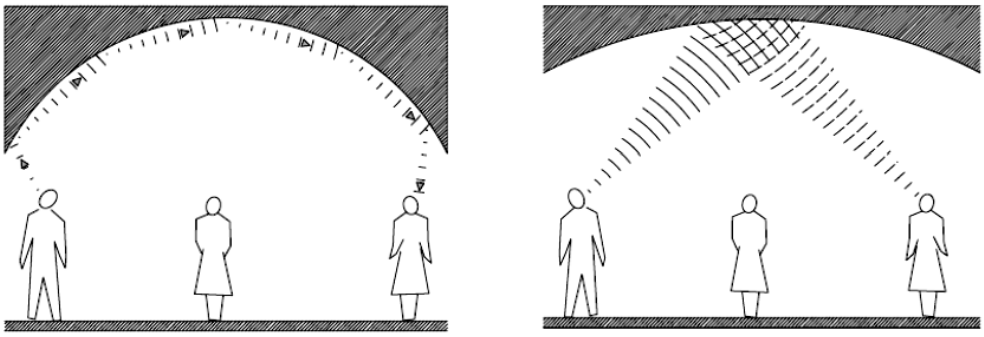
يحدث عندما تنعكس الأمواج الصوتية بسرعة ذهابا وإيابا بين سطحين متوازيين مستويين أو مقعرين، ويعرف الصدى المتكرر على أنه تعاقب سريع للصدأ بفاصل زمنى كاف بين الانعكاسات ، ويشبه صوت الطنين ، وللتخلص من هذا التأثير يجب تغيير شكل السطوح العاكسة أو استخدام مواد ماصة .

ك) الأمواج الواقفة Standing Waves

تعمل الامواج الواقفة بنفس فكرة الصـدى المتكرر ولها نفس مسـباتها ، ولكنها تسـمع بشكل مختلف مثل لحظة السكون تارة ومن ثم الى أقصـى ما يمكن سماعه من الصـوت ضمن الفضـاء . ويمكن معالجة مشـاكل الأمواج الواقفة بإمالة جدارين في القاعة قليلا ، أو باسـتخدام مواد ماصة لأحد الجدران ، كما أن السقوف المتموجة يمكن أن تساعد أيضا ولعب أبعاد نسب القاعة دورا مهما .

ل) التركيز والتسلل Focusing and Creep

عندما تنعكس الأصوات على سطح مقعر فإنها يمكن أن تتجمع في نقطة واحدة وهذا ما يسـمى بالتركيز إنظر الشـكل رقم (2- 11 / أ) فالصـوت في هذه النقطة يكون متضـخم . أما إنعكاس الصـوت على طول سـطح مقوس وصـادر من مصـدر صـوتى قريب منه فإنه يعرف بالتسلل إنظر الشكل رقم (2- 11 / ب) ويمكن سماع الصوت فى هذه الحالة على طول السطح ولكن لا يكون مسموع عند الابتعاد عن السطح .



شكل رقم (2-11) ظاهرة التركيز والتسلل للصوت

المصدر : (صفاء الدين حسين ورضاب أحمد ،2010م ، ص 10)

6-2 مواد إمتصاص الصوت

نسـتخدم خاصـية إمتصـاص الصـوت أسـاسـا في السـيطرة على البيئة الصـوتية داخل الفراغ ومعالجتها عند اللزوم ، حيث تقوم بخفض الطاقة الصـــوتية التى تتســـرب داخل بنيتها الانشـــائية من خلال تحويلها الى حرارة أو طاقة ميكانيكية تظهر في صـــورة ذبذبات و قد ينفذ جزء منه الى الجانب الآخر من الســـطح ، ويتوقف هذا الانتقال للصـــوت على معامل نفاذ الصـوت خلال المادة Sound Transmission Coefficient ويمكن تقسـيم المواد الماصـة الى :

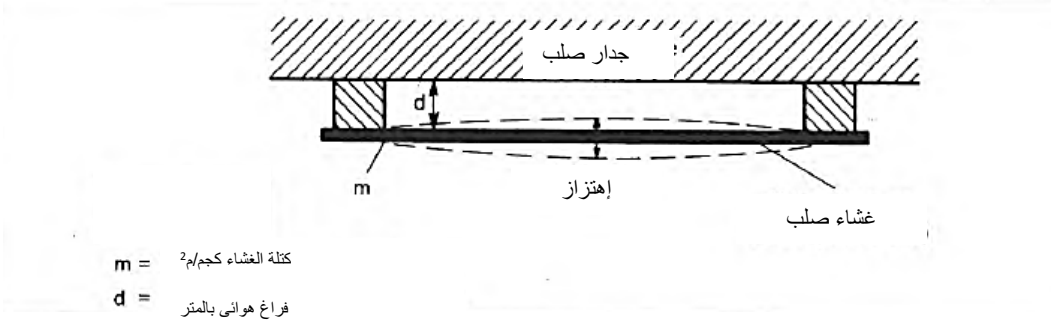
1. أنظمة إمتصاص
2. مواد إمتصاص
3. البياض الصوتي والمواد المرشوشة
4. السجاجيد والستائر
5. مواد ماصة المعلقة
6. المواص المتغيرة

1-6-2 أنظمة إمتصاص الصوت

تعتمد هذه الانظمة على الرنين في امتصاص الصوت بالاهتزاز ، ويتكون بشكل عام من مادة صلبة تحبس ورائها فراغا هوائيا ، وتستخدم على نطاق واسع (أحمد الخطيب ،2003م ، ص50 -55).

(أ) الانظمة الغشائية اللوحية

تسمى ألواح ماصة panel absorbers وتسمى المود الماصة الغشائية membrane absorbers ، وهى تتكون من غشاء صلب – كخشب الابلكاج – مركب فوق فراغ هوائي ، وقد يحوى بعض المواد الليفية الماصة للصوت . فعند اصطدام موجة صوتية بهذا النظام فانه يوضع في حالة اهتزاز ويحدث أقصى انتقال للطاقة عندما يكون تردد طاقة الصوت المصطدمة هو نفس تردد الرنين لهذا النظام ، ولأن اللوح ذو جساءة ، فان بعض الطاقة الصوتية يتحول الى طاقة ميكانيكية تتبدد كالحرارة . ولكن من ناحية أخرى فان اهتزاز اللوح نفسة يجعله يعمل كمصدر ، لهذا يندر ان يزيد معامل الامتصاص لهذا النظام عن 0.50 . والشكل رقم (2-12) يوضح طريقة عمل النظام.

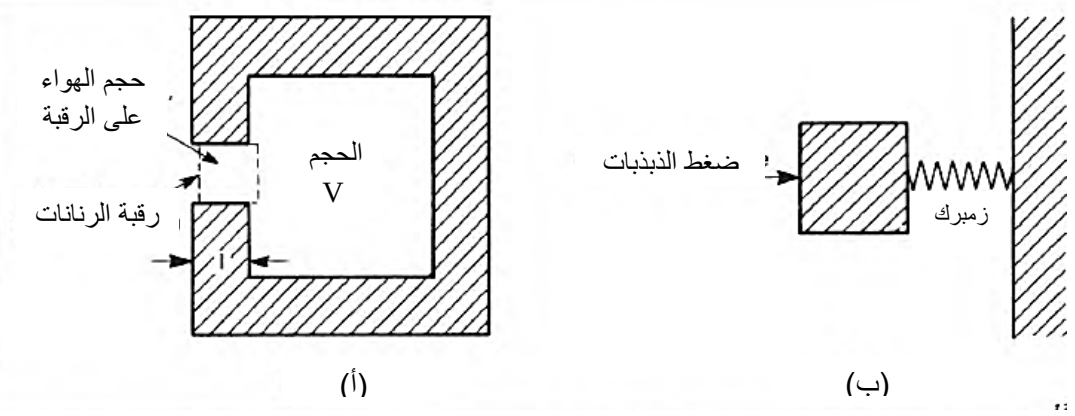


شكل رقم (2-12) يوضح النظام الغشائي اللوحى الماص

المصدر : (K.B.Ginn.M.Sc. ، 1978 ، page56) ، الباحث (بتصرف)

(ب) الانظمة الرنينية

تعتبر رنانات هلمهولتز Hrlmholtz هى ابسط انواع الانظمة الرنينية المستخدمة في امتصاص الصوت ، وتتكون من حجم مغلق من الهواء يتصل مع هواء الغرفة او الفراغ من خلال فتحة صغيرة او رقبة Neck فعندما تصطدم الموجة الصوتية بالرقبة يهتز الهواء ويخضع لدورات من التخلخل والتضاغط ، ويؤدى الاحتكاك بين جزيئات الهواء في الرقبة والرقبة نفسها الى امتصاص بعض الطاقة الصوتية ، حيث توضع بعض المواد الماصة للصوت على الرقبة ويؤدى تبطين جدران الرقبة والتجويف بمادة ماصة للصوت الى اخماد الرنين فبالتالى يقلل من كفاءة اقصى امصاص عند الرنين، إنظر الشكل رقم (2- 13 / أ) الذى يوضح كيفية عمل النظام ،أما الشكل (2- 13 / ب) فتوضح إمكانية عمل زمبرك بين الجدران والرنانات والتى تتحرك تبعا لضغط الذبذبات فتبدد تلك الطاقة الى حركية ، و يستخدم هذا النوع من الرنانات لمعالجة زمن التردد الطويل والتخلص منه دون التأثير على متوسط زمن التردد ، وهو اكثر فاعلية عند الترددات المنخفضة .



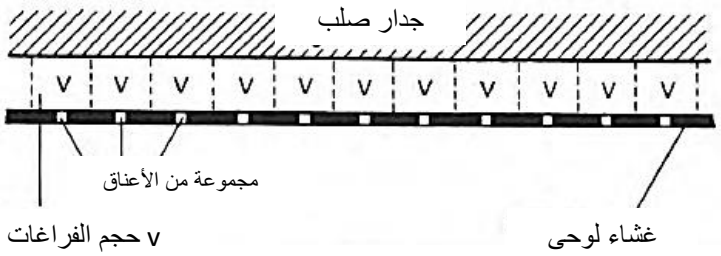
شكل رقم (2-13) يوضح رنانات هلمهولتز Hrlmholtz

المصدر : (K.B.Ginn.M.Sc. ، 1978 ، page57) ، الباحث (بتصرف)

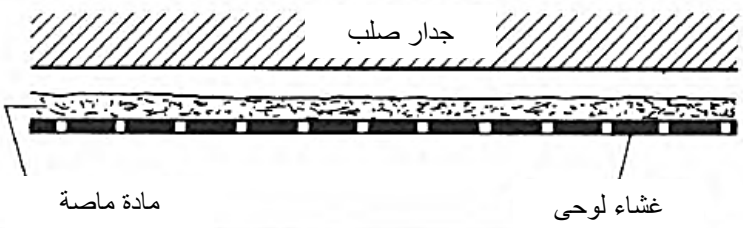
(ج)الأوجه المثقبة (الرنانات المتعددة)

يتشكل هذا النظام فراغات رنانة cavity resonators بوضع غشاء من مادة صلبة – كالخشب أو المعدن الرقيق – ذي ثقوب دائرية أو شقوق فوق فراغ هوائى مغلق وقد يحوى بعض المواد الليفية الماصة للصوت أنظر الشكل رقم (2-14) ، هذا النظام يمكن ان يمتص نطاق أوسع من الترددات ، ويعطى أفضل أداء إذا ما استخدمت طبقة من الألياف المغطاه بالواح مثقبة بحيث لا تزيد نسبة المساحة المفتوحة بها عن 15% وتغير كفاءة الامتصاص بتغير نسبة الفتحات بها ويتسع مدى الترددات الممتصة اذا زيد الفراغ الهوائى بمواد ماصة للصوت.

تزيد كفاءة هذا النظام في امتصاص الترددات المتوسطة والعالية كلما قل سمك الوجه ، كما تزيد كفاءة امتصاص الموجات الصوتية عالية التردد بزيادة النسبة المئوية للسطح المفتوح.



شكل رقم (2- 14 / أ) يوضح الرنانات المتعددة ويظهر الفراغ الهوائي



شكل رقم (2- 14 / ب) يوضح الرنانات المتعددة ويظهر المادة الماصة الموجودة لتحسين كفاءة الامتصاص

المصدر : (K.B.Ginn.M.Sc. ، 1978 ، page58) ، الباحث (بتصرف)

2-6-2 مواد إمتصاص الصوت

وتشمل المواد الليفية كالسجاد والكواد الليفية ذات الوجه الغشائى غير المنفذ والمواد الليفية المغطاه باوجه مثقبة مثل بلاطات الاسقف المعدنية المعلقة والمثقبة .

(أ) المواد الليفية Fibrous Absorbers

المواد الماصة الليفية وتسمى ايضا مواد مسامية Porous Material وهى الافضل عادة لامتصاص العام ، وتستعمل الانسجة والالياف المعدنية عادة لامتصاص الصوت بواسطة خاصية الاحتكاك Friction لجزيئاتها ، حيث تتسرب الطاقة الصوتية الى المسام والشقوق الرفيعة داخل المواد المسامية والليفية ، فتعمل جزيئات الهواء داخلها لمنع الموجات من التخلخل وبالتالى تتحول بالاحتكاك الى حرارة .

وتعتمد فاعلية الامتصاص على التردد الصوتى وسمك المادة المستعملة للامتصاص، فكلما ازداد السمك تحسنت فاعلية الامتصاص خاصة في الاصوات ذات التردد الادنى . ويمكن زيادة سمك المادة الممتصة للصوت بوضعها على مسافة من السطح الصلب للجدار أو السقف حيث تزيد الفجوة الهوائية من فاعلية الامتصاص .

تشكل تفاصيل السمك والتركيب البنيوى اهمية في معرفة مقدار معامل الامتصاص ، وكذلك التشطيب النهائى للسطح ، خاصة عند التردد العالى للصوت ، ويختلف معامل الامتصاص لمادة ما ايضا باختلاف زاوية سقوط الصوت يسقط على كل الزوايا ، ومن الافضل أخذ القياسات عشوائيا.

(ب) مادة ليفية مغطاه بغشاء رقيق غير منفذ

تستخدم اساسا في الاماكن الرطبة أو المتآكلة ، كمجارى التكييف ذات سرعة التدفق العالية ، كما تستخدم أيضا في الاماكن الحساسة للتلوث . ويعمل تغليف الطبقة الماصة بغشاء رفيع غير منفذ لتحسين أداء المادة في الترددات المنخفضة ، الا أنه يقل من كفاءة إمتصاصه عند الترددات العالية مقارنة مع نفس السمك من المادة المغطاه.

(ج)مادة ليفية مغطاه بلوح مثقب

تغطى المواد الليفية او المسامية الماصة للصوت بألواح مثقبة من مواد معينة – كالخشب أو الالواح المعدنية أو النسيج – تعرف باسم الاوجه الحساسة للصوت Transondent لحماية هذه المواد وتحسين مظهرها ، ويجب أن لا تقل نسبة الجزء المفتوح من اللوح كثقوب عن حد معين حتى لا تتأثر كفاءة الامتصاص ،ففى حالة الالواح الرفيعة تكون نسبة الجزء المفتوح 15 % – 20 % كافيا ،وكلما زادت سماكة الالواح تكون النسبة أكبر ، واذا كان السطح المفتوح اقل من 15% فان امتصاص المادة للصوت يتحسن عند الترددات المنخفضة، بينما تقل عند الترددات العالية.

ومثال لذلك استخدام الاوجه المثقبة والتشكيلية لحماية المواد الماصة وتحسين أدائها وتستخدم هذه الاوجه عندما لا يكون لامتصاص الطاقة الصوتية عالية التردد اهمية خاصة ، إذ يمكن استخدام اوجه مثقبة من الطوب أو البلوكات الخرسانية أو الاشكال النحتية لحماية المادة الماصة و تحسين مظهرها ، شريطة أن تزيد نسبة الفتحات بها الى 10% من مسطحها ، اما في حالة استخدامها في عملية التحكم في الصدى فان نسبة الفتحات يجب ان تكون اعلى ، وتتكون من عدد من الفتحات القريبة من بعضها البعض .

3-6-2 البياض الصوتي والمواد المرشوشة

غالبا ما تستعمل هذة المواد للحد من شدة الضوضاء، وتستخدم أيضا عندما يتعذر إستخدام الوحات التقليدية بسبب إنحناء أو عدم إنتظام الأسطح . ويمكن عملها بواسطة الرش بالمسدس أو الفرد يدويا بالمسطرين . وتتميز بمعامل إمتصاص كبير في الترددات العالية لأن كفائتها تتوقف على ظروف العمل وعلى سماكتها وتركيب مادة البياض وكيفية التشطيب ... الخ . وتشكل الصيانة إحدى صعوبات لان الدهان غالبا مايغير خواصه مالم نتبع التعليمات بدقة .

4-6-2 السجاجيد والستائر

بالاضافة الى استخدام السجاجيد في تغطية الأرضيات فإنها أيضا تمتص الصوت المحمول بالهواء والضوضاء داخل الغرفة وامتصاص الصدمات أيضا .

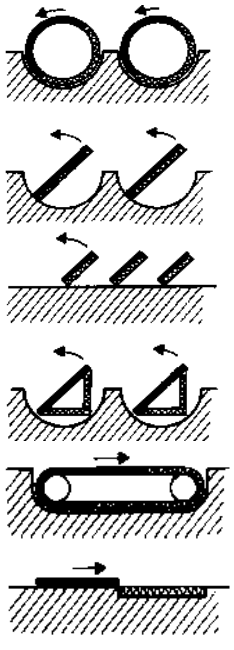
يتحسن معامل إمتصاص السجاد بزيادة سماكة الوبر وزيادة الوزن السطحى وزيادة مسامية السطح الخلفى للسجاد ، وفي حالة تبطين الحوائط بالسجاد يفضل ترك فراغ مملوء بصوف صخرى أو ماشابه ذلك ، لتحسين معامل الإمتصاص (حسن ،2007 ، ص211).

أما الستائر فإنها تسهم في إمتصاص الصوت وتزيد قدرتها على الامتصاص بزيادة الوزن ويزداد معامل إمتصاصها في الترددات المنخفضة بزيادة الفراغ بينها وبين الحائط أو الشباك.

5-6-2 المواد الماصة المعلقة

يحدث أحيانا ان يكون مسطح السقف والحوائط المتوافرة غير كاف لوضع الكمية اللازمة من المواد الماصة ، وفي هذه الحالة تستخدم المواد الماصة المعلقة ، والتى تعرف ايضا بالماصات الوظيفية Function Absorption ، وهى عبارة عن بلاطات من مواد ماصة للصوت كالصوف المعدنى أو الالياف الزجاجية يتم تعليقها حرة في فراغ الغرف ، مساحتها غالبا حوالى 1م^2 بسمك 50 مم . وهذا النوع يكون فعالا جدا لاصطدام الصوت بستة اوجه على الاقل ، وترفق بيانات الامتصاص مع المسافة الموصى بها للتركيب ، وذلك لان متصاصها الكلي يكون محدودا وأن زيادة تركيب هذه الوحدات تقلل من كفاءة الامتصاص بتظليل بعضها البعض ، وهو شائع الاستخدام في فراغات الجمنيزيوم وحمامات السباحة والورش والمصانع الكبيرة ذات الارتفاع العالى (الخطيب ، 2002 ، ص56 -58).

6-6-2 المواص المتغيرة



عند إستخدام الفراغ المعماري الواحد لأكثر من غرض ، فإن ذلك يتطلب أزمنة إرتداد مختلفة ،و بالتالى يتطلب التحكم في كمية إمتصاص الصوت بالفراغ، ويتم ذلك عن طريق إستخدام أسطح ذات وجهين أحدهما ماص والآخر عاكس، ويمكن بتعريض الوجه المناسب للحصول على كمية الامتصاص المطلوبة ، إنظر الرسم التوضيحى (2-15).

وبصفة عامة فإنه لا يمكن إستخدام هذا النوع من المواص مالم تعط تغيرا لا يقل عن 20% من كمية الإمتصاص، ولا تعتبر هذه المواص فعالة اذا استخدمت في فراغات تم صيانتها بصورة مستمرة .

رسم توضيحى رقم (2-15) أنواع مختلفة من المواص المتغيرة

المصدر : (Steven Szokolay , 2004,ص 181)

7-2 امتصاص الصوت في الهواء

يفقد الصوت جزء من طاقته اثناء انتقاله في الهواء ، ويتوقف معامل الامتصاص على درجة الحرارة والرطوبة النسبية للهواء ، وتردد الصوت .فيزداد هذا المعامل مع زيادة التردد ويكون ملحوظا على وجه الخصوص عند الترددات 1000 هرتز فما فوق .

ويعبر عن مقدار امتصاص الهواء للصوت اما بوحدات الامتصاص المقابلة لكل وحدة الحجوم من الهواء وغالبا ما تستعمل في صوتيات الفراغات ، او بمقدار الانخفاض في مستوى الصوت بالديسبل لكل وحدة اطوال يقطعها الصوت في الهواء، وتستعمل في مكافحة الضوضاء.

اما امتصاص الصوت بواسطة الفتحات فهو نادر جدا ان يوضع له جداول توضح معامل الامتصاص لهذه الفتحات فيما عدا النافذة المفتوحة التى تعتبر معامل الامتصاص لها مساويا للوحدة.

8-2 اختيار المواد الصوتية الماصة

لما كان من المفترض المواد الصوتية الماصة تقوم بجانب وظيفتها في الامتصاص بدور مواد التشطيب للفراغ المعماري الذى توجد به ،(حسن ، 2007م ، ص218). فلا بد عند اختيارها من مراعاه العومل التالية :

- ملائمة نوع المادة لنطاق الترددات المطلوب امتصاصها ، فالمواد المسامية تلائم الترددات المرتفعة والالواح تلائم الترددات المنخفضة ... الى اخره.
- المظهر ويشمل الحجم والحواف واللحامات واللون والملمس ومعامل انعكاس الضوء .
- مقاومة الحريق.
- سهولة التركيب وتكاليفه .
- قوة التحمل للصدمات والاحتكاك Abrasion .
- سهولة الصيانة والتنظيف وتأثير اعمال الدهانات والزخرفة .
- تأثير ظروف العمل عليها مثل الرطوبة والحرارة .
- التكامل المعمارى مع باقى العناصر من ابواب ونوافذ ووحدات اضاءة وتكييف ... الخ.
- السمك والوزن .
- مقاومة الرطوبة والتكثف اثناء الاستعمال الفعلى للفراغ .
- سهولة الوصول الى السقف المعلق ان وجد .
- درجة العزل الحرارى .
- مقاومة الفطريات والعفن .
- سهولة الفك والازالة .

9-2 الطرق المختلفة لتركيب وتوزيع المواد الماصة

لا ينبغى اعتبار الرقم الدال على معامل الامتصاص لاى مادة رقما ثابتا تحت جميع الظروف، إذ انه في الواقع يتوقف على عده عوامل من اهمها كيفية التركيب . ولذا ينبغى عند مقارنة مواد مختلفة مراعاه ان تكون تكون الظروف التى تمت فيها قياسات موحدة . ولا توجد

طريقة محددة للتركيب مفضـــلة على غيرها ، إذ أن الاختيار طريقة التركيب يوقف على عدة عوامل (حسن ،2007 ، ص219) :

- الخواص الطبيعية للمادة الصوتية .
- قوة ومملمس وموضع السطح الذى سوف يتم عليه التركيب.
- الفراغ المتاح للمعالجة الصوتية .
- الوقت اللازم للتركيب .
- احتمال فك وازالة المادة الماصة .
- التكاليف المسموح بها .
- زيادة الصدى وخمود الصوت

ومع الوضـــع في الإعتبار جميع هذه العوامل يمكن الإختيار والمفاضـــلة بين هذة المواد للإختيار الأمثل لضمان تصميم صوتى أمثل.

10-2 الخلاصات

- من خلال العرض التاريخى الذى ذكر يمكننا القول أن للشـــكل والتصـــميم الأثر الأكبر للتوزيع الأمثل للصوت .
- من متطلبات التصـــميم الصـــوتى الجيد فيه مقتضـــيات الأداء المســـرحى وفهم الخصائص الصوتية لكل منهم والتوفيق بينها لإستخدام الوسائل المناسبة للوصول لأفضل أثر صوتى.
- تتميز مبانى قاعات الإســتماع بتميز قاعة الإســتماع داخلها بحســب نوع العرض وعدد المستمعين والمستخدمين لهذا الفراغ.
- يعد تصـــميم التشـــكيل الداخلى لقاعات الحديث - محور الدراســـة – وفق الوظيفة والاستخدام ، وفق الأثر الصوتى المطلوب داخل هذه القاعة . ويمكن الوصول الى الأثر الصوتى الأمثل بسهولة من خلال توجيه كل هذه العوامل بكفاءة.
- تنقسـم قاعات الإسـتماع من حيث طبيعة المصـدر الصـوتى الى قاعات الحديث و قاعات الاســتماع والموســيقى و قاعات الاســتماع التى تضــم أكثر من نوع من المصـــادر الصـــوتية (دور الأوبرا) وأكثر من إســـتعمال (القاعات المتعددة الأغراض).
- تتعدد أشكال القاعات عامة ويرجع السبب الى فكر المصمم المعمارى والى طبيعة الانشـــاء ونوع الاســـتماع للقاعة ولا يمكن الجزم بأفضـــلية نوع على الأخر فلكل محاسنه ومساوئه كما سنفصل لاحقا.
- يتراوح المجال الترادى لفاعلية الحديث بين 100-10000 هيرتز لغرض تحقيق درجة فهم جيدة في القاعات السمعية.
- عند سـقوط الصـوت على سـطح مسـتو صـلب فإن زاوية السـقط تسـاوى زاوية الإنعكاس، أما اذا كان السـطح مقعرا فإن الصـوت ينعكس بطريقة مجمعة، وتعمل السطوح المحدبة على تفرقة الصوت .
- يلعب مبدأ إمتصـــاص الصـــوت دورا مهما في تشـــكيل بيئة صـــوتية جيدة ،وذلك بمعرفة معامل إمتصـــاص كل مادة لمعرفة كيفية التحكم في زمن الارتداد ومعالجة العيوب الصوتية داخل الفراغ .
- يحسـب كمية الإمتصـاص بواسـطة المسـتمعين 40 % للترددات العالية و 60% للترددات المنخفضة 125 – 500 هيرتز من إمتصاص الأرضية.
- يتراوح زمن التردد الأمثل في قاعات الحديث بين (1.0 – 0.6 ثانية) .

- لحساب زمن الارتداد الفعلى في اى قاعة تستخدم المعادلة :

$$T = 0.16\ V / A$$

- دراسة سلوك الصوت والموجات الصوتية إحدى أهم المؤشرات للوصول الى أثر صـــوتى جيد داخل الفراغ المعمارى ، ولذلك لا بد للمصـــمم قبل إختيار شـــكل التصـــميم المعمارى المناســـب للفراغات بمعرفة تأثير ذلك الشـــكل على الســـلوك الصوتى والأثر الذى يحدثه الصوت داخل هذا الفراغ .
- يجب الإختيار الأمثل للمواد الماصـــة والمواد العاكســـة الصـــحيحة (إذا قلت المادة الماصـــة ســـيكون هناك اثر كبير للصـــدا وإذا مازادت المواد الماصـــة كثيرا فان الصـــوت ســـيبدو خامدا ، وفي كلا الحالتين فان وضـــوح الحديث ســـيكون دون المستوى المطلوب).

الفصل الثالث

التصميم الصوتى لقاعات الإستماع

1-3 مقدمة

يقود الحديث عن العواكس الصـــوتية وتصـــميمها الى الحديث عن تاثير شـــكل الفراغ المعمارى على الصـــوت ، فاذا كان هذا التاثير ينحصـــر تقريبا في عملية الانعكاس ، ومدى كونها نافعة أم ضـــارة ، واذا كان للعواكس السـقفية – أو الجانبية – كل هذه الاهمية ، لماذا لا يتم التصـــميم المعمارى للفراغ من البداية بحيث يعطى نفس الانعكاســـات التى يتوقع ان يعطيها العاكس المعلق ، وهل تكون الحاجة لاستخدام عواكس اضـافية علامة للتصـميم الصـوتى غير المدروس للفراغ المعمارى ؟

فهذا الفصل عرض للتأثير المتبادل بين محددات الفراغ – حجمه وشكله – والصوتيات وكيفية اسـتخدام هذه المحددات في توليد انعكاسـات صـوتية مفيدة ، مع ملاحظة ان كلمة قاعة ستستخدم للدلالة على منطقة جلوس المستمعين والفراغ المحيط بها من سقف وحوائط وارضية ، ولكنه لا يشمل خشبة المسرح أو غلاف الاوركسترا .

ثم أن التصميم الصوتى لقاعات الإستماع المغلقة هو تصميم للإنعكاسات الصوتية بها، فهذه الإنعكاسـات من شـأنها العمل على تقوية الصـوت إذا حسـن إسـتخدامها فتكون مفيدة ومن شأنها أيضا أن تسبب أكثر المضايقات والمشاكل الصوتية كما ذكرنا في الفصل السابق .

2-3 أثر الشكل الداخلى لقاعات الاستماع على تكوين بيئة صوتية جيدة

1-2-3 حجم القاعة

يجب تحديد عدد الاشـــخاص الذين ســـيســـعهم الفراغ في مرحلة التصـــميم المعمارى الاولى، ومن وجهة النظر الاقتصـادية فانه كلما كان الحجم / الشـخص صـغيرا كان المبنى أقل تكلفة، واذا كان المكان سـيسـتعمل فقط للتحدث فإن زمن الارتداد يجب ان يكون اقل ما يمكن، وذلك لتامين وضوح الصوت – كما ذكر سابقا - ،وبالتالى يمكن ان يكون الحجم اقل ما يمكن، أما بالنسبة للموسيقى فيكون هناك احتياج لزمن ارتداد اطول وهذا ما يحدد الحجم الاقل الممكن للقاعة (حسن ،2007 ، ص205).

ويختلف الحجم الأمثل للشخص داخل القاعة حسب والإستخدام الوظيفى للقاعة وذلك بتأثير عدد لمقاعد وأقصى مسافة من خشبة المسرح . إنظر الجدول رقم (3-1) .

2-2-3 شكل القاعة :

يتنوع التاثير المتبادل بين الفراغ المعمارى والصـوتيات وفقا لتنوع شـكل هذا الفراغ، لذلك يصبح وضع توصيات بخصوص هذا الامر مسألة صعبة ، وبشكل عام فإن جميع الاشكال المسـتخدمة في تصـميم قاعات الاسـتماع تحمل داخلها عوامل نجاح أو فشـل ، بحيث يتوقف الامر في النهاية على وعى المصـمم بسـلوك الصـوت وتفاعله مع شـكل الفراغ ، فقد اكتسـبت القاعات المستطيلة شـهرة واسـعة في اواخر القرن التاسـع عشـر ، غير أن هذا النجاح لا يرجع الى الشـكل فحسـب بل الى تضـافر عدة عوامل كالابعاد وزمن التردد ... ، ومن ناحية اخرى يفضـل الكثير من المصـممين الشـكل المروحى في المسـاقط الافقية على المسـاقط المسـتطيلة أو الدائرية أو البيضـــاوية ، الا أن هذا الاتجاه لا يمثل قاعدة في حد ذاته ، لانه حتى في مثل هذه

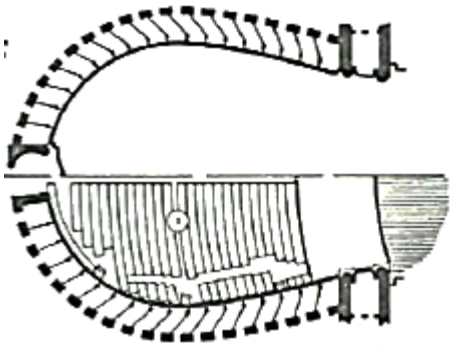
القاعات تظهر بعض العيوب كنقص الانعكاســات الصــوتية في منطقة وســط القاعة مما يلزم ايجاد بعض الحلول .

جدول رقم (3-1) علاقة نوع القاعة بأقصى مسافة من المسرح وأقصى سعة للمقاعد وأقصى حجم للقاعة، والحجم الأمثل للفرد .

نوع القاعة	أقصى مسافة من خشبة المسرح م	اقصى سعة للمقاعد	أقصى حجم للقاعة م^3	الحجم الأمثل V (م^3 / فرد)		
				الاقل	الأمثل	الأعلى
قاعات العزف الموسيقى concert	40	1200	10000	8.0-6.5	7.1 – 10.0	12.0 -9.9
الاوبرا	30	2300	15000	4.0	5.1-4.2	6.0-5.7
الكنائس	-	-	30000	5.7	9.9-7.1	11.9
دور السينما والمسارح	20	1300	-	2.5	3.0-3.1	4.0-4.2
فراغات المحاضرات والمؤتمرات	15 استماع مريح 20-15 وضوح جيد 25-20 وضوح مقبول 30 حد مقبول دون الحاجة لوسائل مساعدة	500	5000	-	3.0-2.8	5.0-4.9
القاعات المتعددة الاغراض (تحدث وموسيقى)	-	-	8000	1.2-0.7	1.8- 1.6	2.2

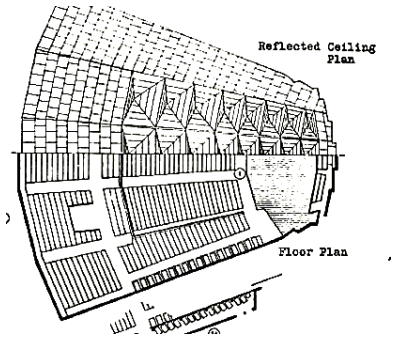
المصدر : الباحث

ويمكن القول بانه هناك خمسة أشكال رئيسة للمساقط الافقية الستعملة للقاعات الاكبرى وهى : المربع square ،المستطيل rectangular ، السداسي hexagonal ، المروحى fan shaped ، شكل حذوة الحصان horse shoe ،ولا يمثل الشكل وضعا حرجا اذا كانت سعة الفراغ اقل من الف شخص، وكلما زاد المقاس تم تفضيل الشكل المروحى لما فيه من مميزات سنفصلها فيما بعد.والشكل رقم (3-1) يوضح بعض الامثلة للاشكال الشائعة الاستعمال لمساقط قاعات منفذة .



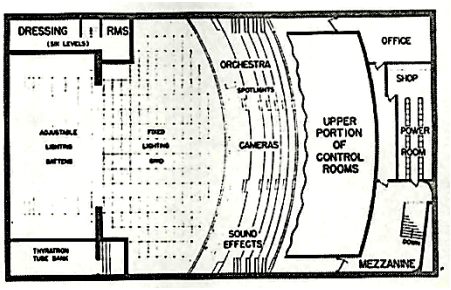
شكل حذوة الحصان horse shoe

Teatro alla Scala – Milan, Italy, 1778



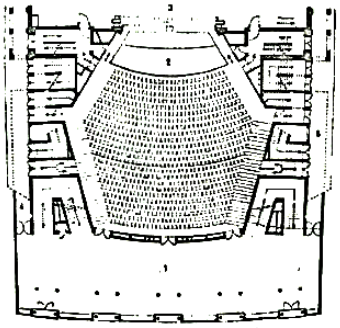
المروحى fan shaped

MANN CONCERT HALL, TAL AVEV, ISRAEL 1957



الشكل المربع square ، والمستطيل rectangular

CBS TELEVITION COLOR STUDIO 72, NEW YORK, 1995



السداسي hexagonal

STATE OPERA HOUSE, GERMANY, 1958

شكل رقم (3-1) بعض الاشكال الشائعة لقاعات صممت سابقا

المصدر : (Leslie L. Doelle B. Arch ، 1964 ، page 128)

والجزء التالى هو عرض لبعض أهم العوامل التى تســـاعد على خلق بيئة صـــوتية ناجحة من منظور ارتباطها بشكل الفراغ:

1) شكل السقف

يعتمد ميلان السـقف على الصـوت المراد عكسـه وعلى عدد المسـتخدمين وعلى نوع القاعة وذلك لأن للتوزيع الامثل للصـــوت في القاعات التى يزيد عدد مســـتخدميها عن 150 شخص يحتاج الى ميلان في الأرضية بالتالى ميلان في السقف يمثل السقف عادة أكبر سطح عاكس بالفراغ كما انه يسـهل على الموجه الصـوتية الوصـول اليه من أى سـطح آخر بالقاعة أنظر الشكل رقم (3-2) ، ولعل من الاخطاء الشائعه في التصميم الصوتى استخدام المعالجات الماصة للصوت في سقف القاعة كوسيلة للتحكم في الترددات بهدف زيادة وضوح الصوت ، لذلك كان من الضـرورى استخدام نظام تقوية صـناعية للصـوت حتى إذا كانت القاعة تسـع ل 30 شخص فقط .

ويتضـائل دور السـقف كمصـدر غنى للانعكاسـات الصـوتية المبكرة عندما يكون مثقلا بالتجهيزات التقنية حيث يتشـــتت الصـــوت ، ولكن لا يلزم اســـتخدام كامل مســـاحة الســـقف للانعكاسـات وذلك حسـب ما يلزمه وظيفه الفراغ من ترددات صـادرة . وإذا كان السـقف عاليا جدا بحيث أن فرق المسـار بين الصـوت المباشـر والمنعكس يزيد عن 17 متر ، فإن ذلك يؤدى

الى تجاوز حد الادراك مما يضــر بالوضــوح . ولكن من ناحية أخرى ليس من الضــروى أن يكون ارتفاع السقف 8.5 م ، لانه بالنسبة للمواقع القريبة من المتحدث يسيطر الصوت المباشر على الانعكاس الاول بحيث يمكن اهمال الاخيراذا كانت شدته تقل عن الصوت المباشربمقدار 10% ، وتقود هذه القاعدة الى العلاقة التالية :

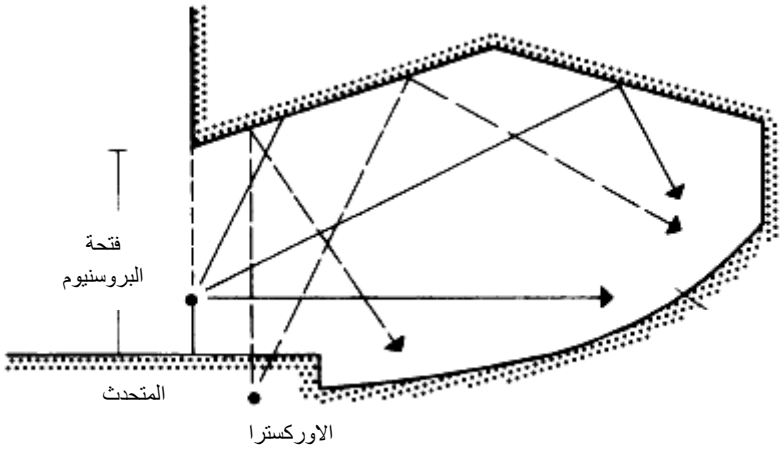
$$\{(2h)^2 + r^{2}\} / r^2 > 10$$

$$\text{Or: } h > (3/2)\, r$$

حيث :

h= ارتفاع السقف فوق مستوى المصدر والمستقبل

r= المسافة بين المصدر والمستقبل



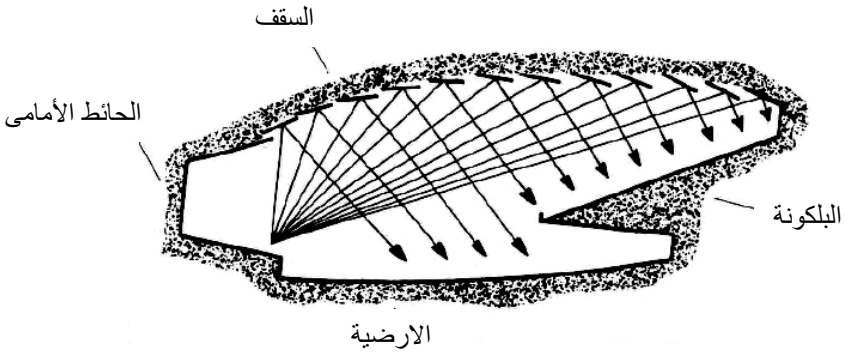
شكل رقم (3-2) تقنية استخدام السقف للانعكاسات وتوزيع الصوت

المصدر : (bousmaha and nicholas ، 2000 ، page 479) ، الباحث (بتصرف)

فاذا تجاوز ارتفاع السقف لقيمة محدد من (r) في لمعادلة السابقة، تكون شدة الصوت المنعكس عندئذ اقل من 10% وبالتالى يمكن اهماله مهما كان مدة التاخر الزمنى ولا يشكل اى تخوف وبالتالى يكون التركيز على الصوت المباشر فقط .

اما عندما تكون ارتفاع السقف اعلى من 17م فان الصوت المنعكس يصل متأخر جدا وبالتالى لايكون مفيد في تقوية الحديث ، حيث لايوقع حدوث اى مشاكل صوتيه لارتفاع السقف اقل من 12م (الخطيب ، 2002 ، ص143)

ويمكن تجنب المشاكل الصوتية التى تنجم عن السقف باستخدام سقف يميل لاعلى باتجاه مؤخرة القاعة كما مبين في الشكل رقم (3-3) مع مراعاه معرفة كل منطقة على السقف تقوم بعكس الصوت لمنطقة معينة من القاعة لضمان التوزيع الأمثل ، ويمكن القول بان الارتفاع الامثل للسقف يتوقف على طبيعة استخدام القاعة ، ففى غرف المحاضرات ومسارح الدراما يفضل استخدام الارتفاعات المنخفضة بينما قاعة العزف الموسيقى يفضل استخدام الاسقف المرتفعة وتقع دور الاوبرا في منطقة وسط بينهما ، وقد ظهرت حديثا نماذج لمسارح استخدمت فيها تقنية الاسف المتحركة حسب الاستعمالات المختلفة .



شكل رقم (3-3) تقنيه ميل السقف للاعلى

المصدر : (K.B.Ginn.M.Sc.، 1978، page 35) ، الباحث (بتصرف)

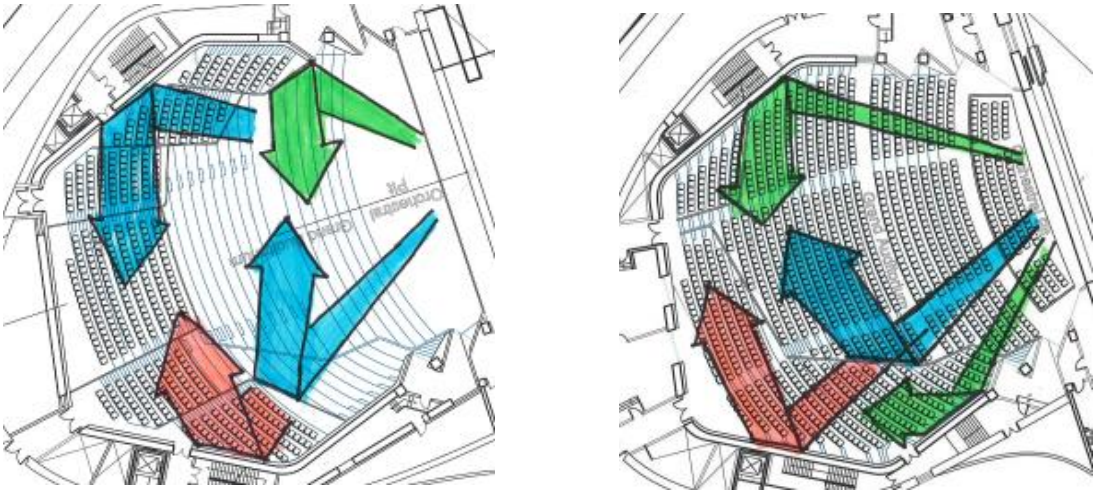
ويفضـــل تجنب الاســـقف المقعرة – كما في القباب – بقدر الأمكان لأثرها في إحداث بؤرة صـوتية داخل الفراغ ، واذا تطلب الأمر التصـميم وجود سـقف مقعر ، فيجب أن يكون نصـف قطر الإنحناء اما ضعف إرتفاع السقف أو أقل من نصف الإرتفاع .

2) شكل الحوائط الجانبية

دائما ما يضع مهندسي الصوتيات اعتبارات لشكل الحوائط في مراحل التصميم المبكرة على عكس شـكل سـقف القاعة ، ولانه يصـعب تعديل شـكل الحائط الجوهرى لذلك لا بد من توفر وعى المصـمم بذلك للاسـتفادة القصـوى من الانعكاسـات المبكرة للصـوت بواسـطة الحوائط الجانبية فعلى ســبيل المثال الحوائط المتوازية قد ينجم عنها انعكاســات متكررة أو تحدث بذلك مشكلة تضخم الصوت .

وفي الفراغات الكبيرة يجب تلافى الجدران الخلفية المقعرة لحدوث البؤرة الصـــوتية كما ذكرنا ســابقا أما الشــكل المحدب يمكن ان يكون شــكلا مثاليا بيد أنه يتطلب طرقا انشــائية معقدة بعض الشـئ ، أما الجدران الخلفى للقاعة فيجب معالجته بالمواد الماصـة للصـوت لتجنب الانعكاسات القوية التى قد تحدث بلبلة في الاستماع خاصة في قاعات الحديث.

النموذج التالى(شــكل (3-4)) هو دار الاوبرا للمصــممة زها حديد 2011م و يوضــح فيه كيفية استخدام الحوائط الداخلية للقاعة للتوزيع الأمثل للصوت ، وايضا كيفية دراسة انعكاسات الصـوت من خلال اظهارها بالاسـهم الموضـحة ، وتحليل الشـكل للوصـول لشـكل امثل لحوائط القاعة ومعرفة مناطق الانعكاس والامتصاص.

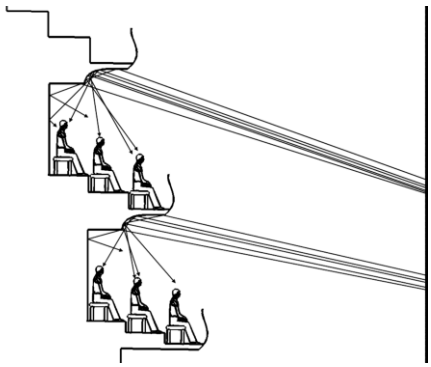


شكل رقم (3-4) دار الاوبرا للمصممة زها حديد، استخدام الحوائط الداخلية للقاعة للتوزيع الأمثل للصوت

المصدر : (Proceedings of the Institute of Acoustics, 2011 , (2))

3) الشرفات

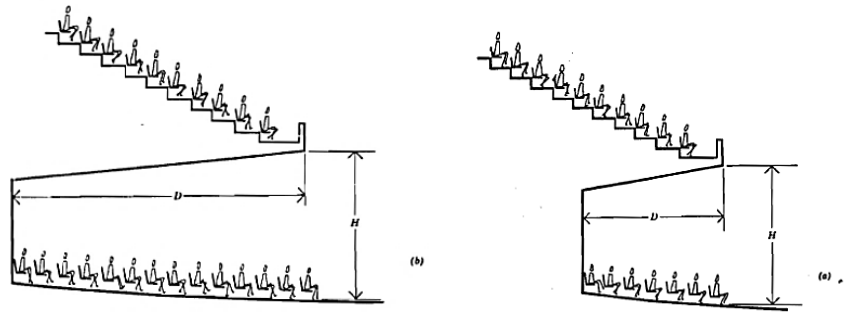
تســتخدم للاســتفادة من ارتفاع الفراغ الكبير ، الا ان الشــرفات العميقة قد تحدث بما يعرف بظاهرة الظل الصــوتى وهو حجب الصــوت عن المقاعد خلف هذه الشــرفة، لذلك يجب تشكيل اسفل هذه الشرفة لتقوية الموجات الصوتية المباشرة انظرالرسم (3– 5) ، كما يجب ان يكون العمق اسفل الشرفة (D) بما لايزيد عن اثنين الى ثلاث اضعاف الارتفاع الصافى لمقدمة الشرفة (H) (الارتفاع الصافى للشرفة يقاس من اسفل الشرفة الى خط رؤوس المستمعين) ولا يكون مستوى الصوت كافيا عند المقاعد الخلفية اذا تجاوز العمق المذكور.



شكل رقم (3-5) استخدام اسفل الشرفات لتقوية الموجات الصوتية

المصدر: **(Proceedings of the International Symposium on Room Acoustics, ISRA 2010)**

فمثلا عند قاعات الموسـيقى يكون العمق D مسـاويا للارتفاع H ، وفى قاعات الاوبرا يكون العمق D مساويا لضعف الارتفاع H ، والشكل التالى رقم (3-6) يوضح ذلك .



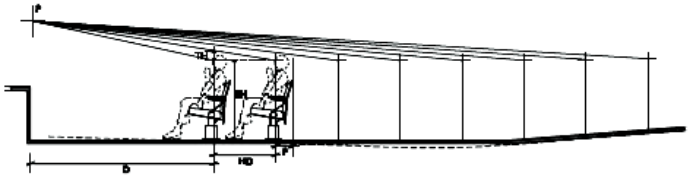
الشكل رقم (3-6) نسب الاعماق المثلى لتصميم الشرفات

4) منصة العرض

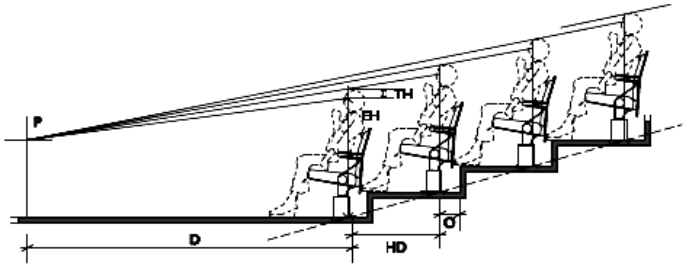
تشكل منصة الصوت أو خشبة المسرح مصدر للصوت داخل الفراغ، ولتأمين مسار الصــوت الى المســتمعين يجب ان تكون المنصــة مرتفعة مع عمل ميل مناســب في ارضــية الفراغ، كما يجب معالجة جدان وسقف المنصة بعاكسات صوتية مناسبة.

5) تنسيق المقاعد

تمثل صـفوف الجالسين امتصـاصـا فعالا للصـوت ، لذا من المهم عمل ميل لصـفوف المقاعد لكل القاعات عدا الصــغرى (اقل من 200 شــخص) كما ذكرنا ســابقا ، ما امكن وكقاعدة بسـيطة فان اتاحة مجال الرؤية للجلوس تتيح مسـارا كافيا للصـوت ويعنى هذا ان خط الرؤية يجب ان يرتفع من 110مم الى125 مم لكل صــف من المقاعد ، أنظر الشــكل (3-7) وتتحدد أهمية ميل الارضية ويتحقق ذلك برفع أرضية القاعة كلما اتجهنا نحو الخلف من خلال رفع الصـفوف المتعاقبة من المقاعد عن بعضـها البعض بمسـافة لا تقل عن 7.5 – 10 سـم ، وهناك طريقتان لتنسيق المقاعد لها مجال رؤية مختلف وزاوية رؤية مختلفة ، ومقاعد مصفوفة خلف بعضها ، ومقاعد تبادلية ما بين مقعدين أماميين.



إذا كانت الأرضية مستوية فإن نسبة الرؤية تكون أقل وإمتصاص المستمعين للصوت أكبر



أما إذا كانت الأرضية مائلة فيساعد ذلك مستوى النظر وكمية الصوت الواصل لصفوف المستمعين الأخيرة مناسبة
حيث D المسافة بين المصدر وأول صف ، HD المسافة بين الصفوف، TH الإرتفاع بين كل رأس مستمع والآخر

شكل رقم (3-7) يوضح أهمية الارتفاعات بين الصفوف داخل القاعة
المصدر : (Judith Strong ، 2010 ، 77)

3-3 المعالجات الصوتية داخل قاعات الحديث

يبلغ متوسط سرعة الصوت في حالة الحديث بين 15 – 22 مقطعا للصوت الواحد (وقطع وحدة تستعمل في حالة الحديث) ، أو مقطع واحد لكل 70 ملى /الثانية (0.07 ثانية) وفي هذا الزمن (70 ملى ثانية) يستطيع الصوت الإنتقال لمسافة 17 متر ، فإذا ما حدثت انعكاسات قوية من الجدار الخلفى ، في حالة القاعات الضخمة ، تحدث بلبلة في الحديث نتيجة الانعكاسات التى تبطئ بأكثر من 50 ملى/ثانية ولذا فان المسافات التى تزيد عن 85 متر (سريان وانعكاس صوت) يمكنها ان تحدث هذه المشكلة .

ولمنع حدوث هذه الظاهرة يجب معالجة الجدار الخلفى بمواد ماصة للصوت ، أما الانعكاسات الضعيفة التى تأتى من الأركان فيمكن معالجتها بنوع من البياض الماص للصوت.

ان عملية تصميم أى قاعة من الناحية الصوتية هى عملية معقدة تتطلب الحصول على زمن الارتداد الصحيح لكل الترددات من حوالى 100 هيرتز الى 4 كيلوهيرتز ، ويتطلب هذا، الكمية اللازمة والصحيحة من المواد الماصة لكل تردد وبالتالى فإن إختيار المادة الماصة للصوت يتم تحديدها حسب الامتصاص المطلوب لكل تردد ، وعلى الأقل فإنه يجب حساب الإمتصاص الكلى على الترددات الدنيا 125 هيرتز ، والمتوسطة 500 هيرتز ، والعليا 2000 هيرتز .

4-3 دراسة تشكيل بعض اشكال القاعات على الصوتيات

لا يمكن بطبيعة الحال حصر كافة الأشكال المختلفة للقاعات ودراسة تأثيرها على الصوتيات ولهذا سنكتفى بالاشارة الى إثنين من أهم الأشكال وأكثرها شيوعا وهى القاعات المستطيلة والقاعات المروحية.

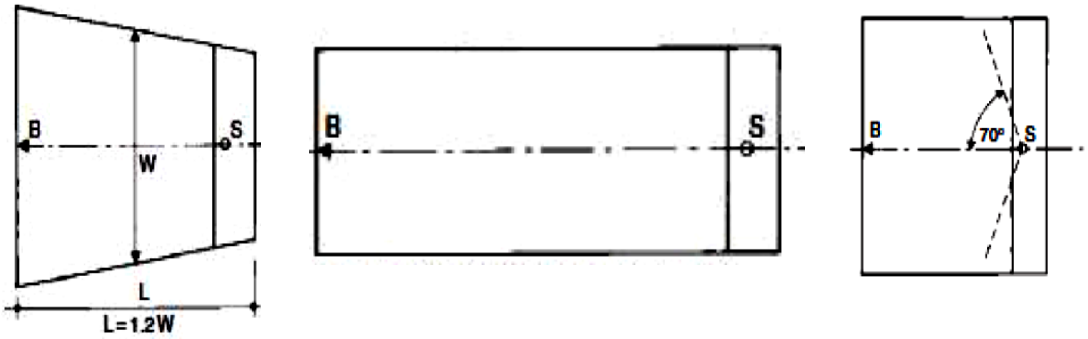
1-4-3 القاعة المستطيلة

أخذت القاعات المســـتطيلة إهتماما كبيرا من الباحثين في مجال الصـــوتيات ويرجع السبب في ذلك الى سيطرة الشكل على الفراغات ليس الى كونه إقتصـاديا في إنشـائه – والذى قد يكون احدى الأسباب – ولكن ما ارتبط به من نجاح عبر التاريخ ، وتنحصـر مشـاكل قاعات الاستماع المستطيلة الى أمرين : الحوائط المستوية وتوازى هذه الحوائط

فالحوائط المســتوية تنتج الصــدى ، مالم تكن عالية الإمتصــاص ، والحوئط المتوازية تنتج الصدى المتعدد أو المشوش ، ففى الغرف المستطيلة تبقى زوايا الانعكاس لاشعة الصوت من الرتب المختلفة ثابتة، وتكمن خطورة ذلك في أن خواص الامتصـــاص للمادة تتغير بتغير زاوية اصطدام الاشعة بها ، ومع ذلك فان الشكل المستطيل مفضل عن بقية الاشكال الاخرى ، وبسـبب الطبيعة الاتجاهية للترددات العالية فإنه يفضــل أن تكون أطوال مثل هذه القاعات أكبر من عروضها ، وقد ذكر كندسن (Kundsen) أن القيم المثلى لهذه النسبة تتراوح بين 1:2 ، و 1:1.2 .

و تعد الفضــاءات القصــير والعريضــة أفضــل بكثير من تلك التى تتميز بالطول (إنظر الشكل رقم (3-8))، ويبين أن وضوحية الصوت تقل بعد الزاوية 70 من المحور العمودى على مصدر الصوت وهذا ما يضع حدود لعرض الفضاء .

وعموما فإن القاعات الكبرى أفضل صوتيا من تلك الكبرى التى قد تحدث أثر المشاكل الصــوتية ويعتمد عامل تصــميم القاعات على نســبة الطول والعرض والإرتفاع ، وأن أســوأ الأشكال هو الشكل المكعب نسبة لتساوى الثلاث أبعاد. والجدول (3-2) يوضح أفضل النسب المستخدمة لأشكال القاعات .



شكل رقم (3-8) نسبة طول وعرض الفضاءات

المصدر : (Steven Szokolay , 2004,ص 179)

جدول رقم (3-2) أفضل النسب المستخدمة لقاعات المستطيلة

	النسبة	القاعات الصغرى	القاعات المتوسطة	القاعات الكبرى
الإرتفاع (متر)	0.30	2.44	3.66	4.88
العرض (متر)	0.39	3.12	4.68	6.24
الطول (متر)	0.47	3.76	5.63	7.51
الحجم (متر^3)	-	304	1036.32	2438.4

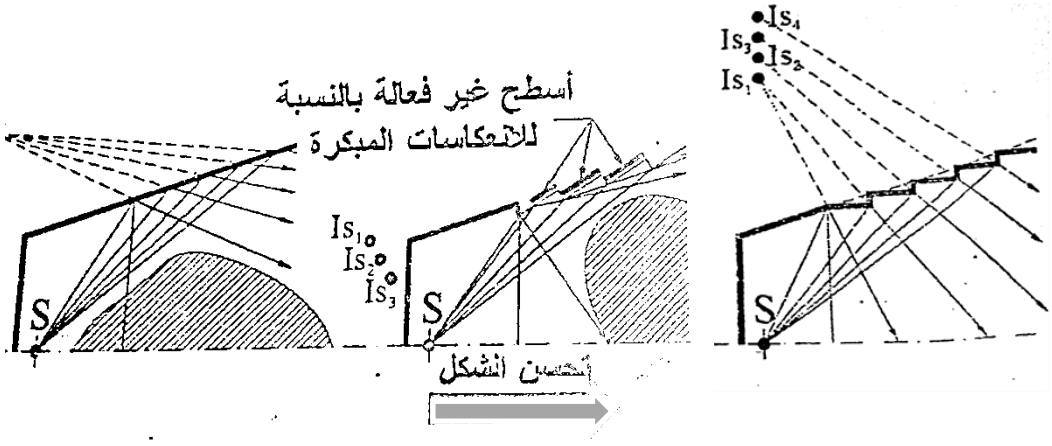
المصدر : (-httpwww.slideshare.netmominzakiauditorium-acoustics ، س 4:00 ظهرا ، 2016/11/20م)

2-4-3 القاعة ذات الشكل المروحى

يتميز باستيعاب العدد الأكبر من المستمعين دون زيادة البعد بينه وبين المنصة ،لا يعتبر الفراغ ذو المسقط الافقى المروحى من الفراغات المثالية من الناحية الصوتية وخصوصا إذا كان الحائط الخلفى مقعر لما تحدث من بؤرة صوتية لا تعالج الا بجعل الحائط الخلفى من مادة ماصة للصوت .

ومن ناحية أخرى يؤدى جعل المسقط الافقى للفراغ على شكل شبه منحرف الى تحسن سماته الصوتية كثيرا خصوصا اذا تمت دراسة دقيقة لتوزيع الاشعة المكبرة ، بحيث تغطى جميع أجزاء الفراغ. (الخطيب 2002 ، ص 143 – 144)

وعموما فإنه يفضل معظم المعماريين استخدام القاعات ذات المسقط المروحى بالرغم من مميزاتها العديدة الا انها لا تعطى – اذا كانت ذات سطح مستو – اى انعكاسات مبكرة في منطقة وسط القاعة بل ينتقل الصوت من المنصة كليا الى المؤخرة ، ويوضح بذلك أهميه عمل سنون المنشار الموازية لمحور القاعة ، والتى قد تكون مناطق ظل ايضا يمكن ان تحل بعمل تحديب خفيف على الحوائط الموازية لمحور القاعة لنشر الانعكاسات الجانبية حتى تملا مناطق الظل تلك ، و الشكل رقم (3-9) يوضح تلك المراحل التى مر بها الشكل المروحى للوصول الى افضل اثر صوتى .



شكل رقم (3-9) تحسين الشكل المروحى
المصدر: (الخطيب ، 2002 ، ص140)

3-5 خطوات وأهداف التصميم الصوتى لقاعات الإستماع

يتضمن التصميم الصوتى للقاعات دراسة كل من :

1. صوتيات الفراغ (زمن التردد ، منسوب الصوت ، الانعكاسات الصوتية ...).
2. التحكم في الضوضاء .
3. تصميم نظام تقوية الصوت عند اللزوم.

وتتم بعض مراحل التصميم الصوتى من خلال الرسومات وأثناء إعداد التصميمات المعمارية، بينما يتم البعض الآخر حقليا بعد تنفيذ القاعة بإجراء عدد من القياسات بواسطة أجهزة وتجارب خاصة ، وهذه الخطوات هى :

1. عملية التصميم المعمارى والصوتى هى تحديد البرنامج ، ويتضمن ذلك تحديد العوامل التى تؤثر على التصميم الصوتى مثل : عدد المستمعين ، نوعية وأنشطة الأداء وكيفية

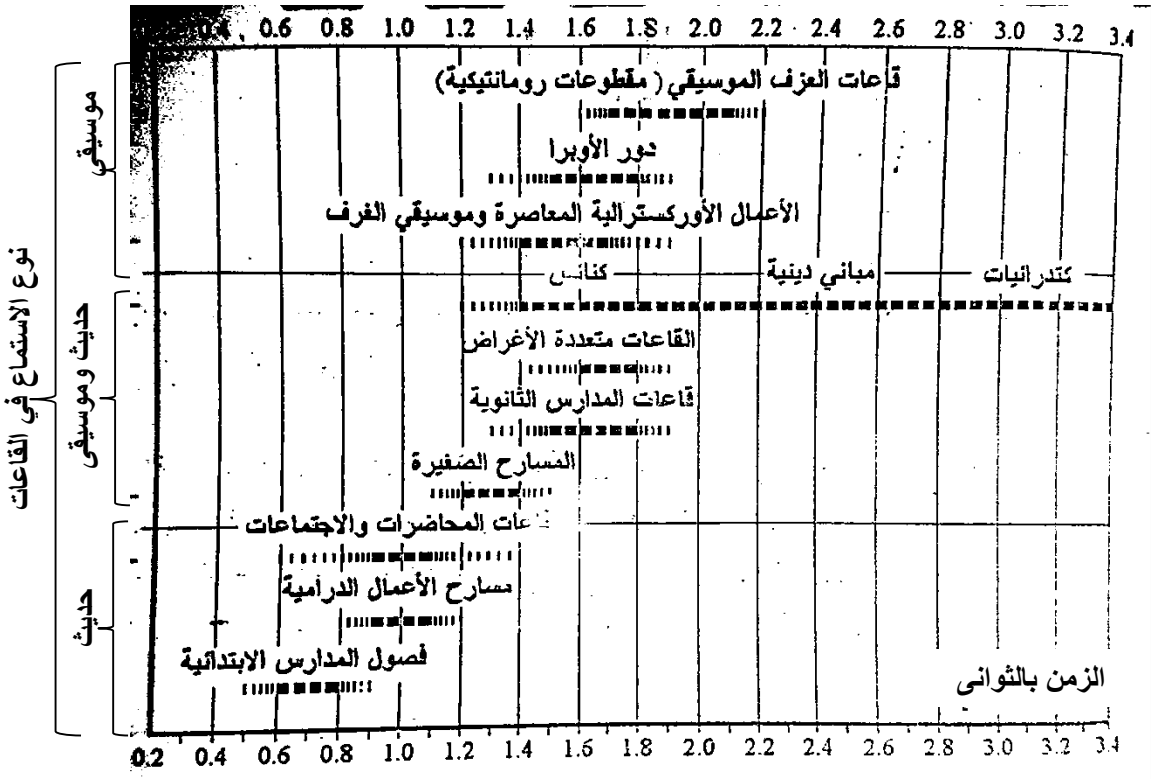
التوفيق بينها ، وتحديد الضوضاء المحتملة للمستمعين ، ودراسة ظروف الموقع ، القوانين الاشتراطات المحلية ... الخ من العوامل.

2. تحديد مساحة القاعة الرئيسية بتحديد عدد المستمعين ،وبذلك يتم البدء في دراسة حجم القاعة وفقا لمحددات التردد ، فالحجم يجب أن يكون كافيا لصوت القاعة الممتلئة وقد أستخدمت قديما القاعدة التى تربط بين الحجم V المخصص للفرد وزمن التردد RT من خلال العلاقة التالية : V = 4 * RT

ويوضح الشكل التالى (3-10) القيم الموصى بها وفقا لنوع القاعة ويبدو فيه تقسيمات زمن التردد الأمثل والمتوسط حسب نوع القاعة واستخدامها .

وتلعب الصوتيات دورا هاما عند اختيار المواد المستخدمة بالقاعة ، فجميع القاعات تقريبا تستخدم المواد الماصة والمواد العاكسة . حيث أن أكبر مساحة من المواد الماصة في أى قاعة هى المستمعين. فإن الفرق في الخصائص الصوتية والذى يحدث عند خلو القاعة يمكن تخفيضه أقل قدر ممكن بإستخدام المقاعد المنجدة ، فالمقاعد ذات الجلسات والظهور المنجدة بواسطة نسيج مثقب يكون لها عادة خصائص صوتية قريبة جدا من خواص المستمعين .

3. دراسة الانعكاسات الصوتية بشكل تفصيلى وتحديد المنافع منها أو الضار.
4. ايجاد الحلول الجزرية لمعالجة بعض الظواهر الصوتية الغير مرغوب فيها كالصدى أو التركز الصوتى .
5. عمل التصميم التفصيلي للعناصر المختلفة من المبنى كالابواب والشبابيك وغيرها ، كى تفى بالاحتياجات المختلفة من ناحية العزل والامتصاص ومنع التسرب الصوتى وغير ذلك.



شكل رقم (3-10) قيم RT الموصى بها

المصدر: (الخطيب ، 2002 ،ص 217)

6-3 أهداف التصميم الصوتى الناجح

كأى عمل تصـــميمى ، ليس هناك حل وحيد لتحقيق البيئة الصـــوتية الناجحة بل حل أفضل يتم تحديده من خلال المفاضلة بين عدد من البدائل ووفقا لطبيعة استخدام الفراغ . ويمكن ايجاز التصميم الصوتى الناجح في النقاط التالية:

أ. الخلو من الضوضاء ، سواء تلك الصادرة من خارج القاعة أو داخلها .
ب. زمن التردد ، يعتبر زمن التردد RT معيار التصـــميم الصـــوتى الأول بالقاعات ، وتختلف الآراء في تحديد قيمته المثلى لإســتخدام القاعة في مجال معين ، ولكن قد وضعت لها معايير من خلال قاعات يعتقد بأن صوتياتها جيدة وموضحة في الشكل السابق رقم (3-10) .

وايضــا العلاقة بين حجم القاعة وزمن التردد الامثل لأنواع القاعات المختلفة عند تردد 500 هيرتز في الشكل رقم رقم (2-10) .

ت. الوضـوح: يفضـل في جميع الاحوال امكانية سـماع كل كلمة أو مقطوعة موسـيقية بوضوح ويتحقق ذلك بعدة اشياء مثل ان يكون المسافة بين المستمع المصدر جيدة وان لا يعوق مصدر الصوت في مساره اى عائق.
ث. الاحاطة : تكون البيئة الصـــوتية أكثر دفئا حينما يكون المســـتمع محاطا بالمجال الصوتى ويتحقق ذلك عند تضمين الانعكاسات القليلة المبكرة بعضا من الانعكاسات الجانبية ذات الشدة المناسبة.
ج. النعومة : ويقصـــد بها الانتظام في تلاشـــى الصـــوت الترادى المتاخر ، وظهور الصدى.
ح. راحة المؤدى : فالمتحدث او العازف بالقاعة يحتاج دائما الى تغذية صـــوتية مرتدة تعطيه احساسا دقيقا بما يفعله .

7-3 تقييم وضوح الحديث

للحديث خمس سمات اساسية تميزه عن بقية الأصوات الأخرى :

1. امكانية التفسير والفهم
2. خاصية العلو والجهارة والتى يميزها العقل باللين والخشونة وهى ترتبط بشدة الصوت.
3. طبقة الصوت والتى تميز بين الصوت العالى والمنخفض
4. نوعية الصوت وهى التمييز بين الاصوات المختلفة في الطبقة والعلو كاصوت الأجش والصافى .
5. معدل السرعة والهدوء

الوســـيلة إلى ذلك ما يعرف بإختبارات وضـــوح المقاطع Articulation Teste ، وتعتمد على قيام أحد الأشخاص بنطق مجموعة من المقاطع عديمة المعنى وقيام أحد المستمعين بتســجيلها كتابة وقياس نســبة المقاطع الصــحيحة فيها ، وهذا يعطى دلالة على وضــوح معنى الصوت ، وتتوقف على :

(أ) العلاقة بين مستوى الصوت والضوضاء ونسبة المقاطع الصحيحة : عند ثبات نسبة الضوضاء فإن نسبة المقاطع الصحيحة تزداد بزيادة مستوى الصوت الى حد معين لا تتعداه . وعند ثبات نســبة الصــوت فإن نســبة المقاطع الصــحيحة تتناقص مع زيادة مستوى الضوضاء.

(ب) العلاقة بين زمن الإرتداد ونسبة المقاطع الصحيحة : عند ثبات حجم القاعة فإن نسبة المقاطع الصحيحة تقل بزيادة زمن الإرتداد . وعند ثبات زمن الإرتداد فإن الحجم الأقل يعطى وضوحا أكثر .

(ج) العلاقة بين البعد بين المصدر ونسبة المقاطع الصحيحة : عند مسافة ثابتة من المصدر ترتفع نسبة الوضوح في البلكونة عنها في الصالة . كذلك ترتفع نسبة الوضوح في منتصف الصالة عنها في الجوانب (يلاحظ هذا على وجه الخصوص في المقدمة ، نتيجة لإتجاه المصدر).

وعند الحديث عن وضوح الكلام فانه عند زيادة الضوضاء فانه الكلام يفقد خاصية مفهوميته ،وعموما فان الانسان يستطيع ان يفهم ويتابع بسهولة جمل الحديث إذا كان يرى فم المتحدث، لكونه موجه بصرية في عملية التعلم ، ويوضح الجدول التالى (3-3) حدود ابعاد الفراغ الذي يلائم بشكل افضل قاعات الحديث.

جدول (3-3) مسافات الاستماع في قاعات الحديث :

المسافة بالامتار	حالة الاستماع
حتى 15 متر	ظروف استماع مريح
20 – 15 متر	وضوح جيد
25 – 20 متر	وضوح مقبول
30 متر	حد القبول دون الحاجة الى وسائل كهربائية أو ميكانيكية

المصدر: مجلة الأنبار للعلوم الهندسية، العدد 2 .

8-3 الخصائص الصوتية للتحدث

(أ) توزيع المستمعين بحيث يكونوا أقرب ما يمكن للمتحدث ، ذلك لضمان وصول الصوت إليهم بشدة كافية ، إذ أن الصوت المباشر الأصلى يصل الى درجة غير مسموعة على بعد 9 – 10 أمتار من المصدر ، كما يجب مراعاة أن لا تزيد الزاوية المحصورة بين المتحدث ونهايتى الصفوف الأمامية عن 140 درجة ، وذلك لتفادى المناطق التى يكون الصوت فيها ضعيفا نتيجة اتجاهية المصدر .

(ب) عمل ميل في أرض الفراغ بحيث تتيح وصول الصوت المباشر دون أى عقبات ،ولضمان سقوط أشعة الصوت بزاوية كبيرة لتفادى الامتصاص الناتج عن المستمعين ،ويمكن أحيانا أن تكون الأرضية أفقية مع الإكتفاء برفع المصدر الى أعلى .

(ج) توفير أسطح عاكسة تحيط بالمصدر وذلك للإستفادة من الإنعكاسات الأولى القوية في مساعدة الصوت المباشر وذلك بشرط أن لا يزيد الفارق في المسافة المقطوعة بين الصوت المنعكس والصوت المباشر عن 14 متر حتى لا يتأخر الصوت المنعكس من الصوت المباشر بأكثر من 0.04 ثانية .

a. ويراعى أنه مالم يتسبب أى سطح من الأسطح العاكسة وجود عيوب صوتية (كالصدى ، والصدى الرعاش ... الخ) فإنه لا مانع مطلقا من أن يكون جميع الأسطح عاكسة .

(د) توفير الحجم الأمثل المخصص للشخص في الفراغ وهو 2.8 م^2 ، أما الحد الأدنى فهو 2.3 م^2 والحد الأقصى 4.9 م^2 . فإذا تجاوز الحد الأقصى فغالبا ما يستلزم الأمر إستعمال مواد ماص لتحقيق زمن الإرتداد المناسب.

(ه) ضـــمان زمن الإرتداد الأمثل ، ويتراوح ما بين 0.75 – 1.0 ثانية ويراعى المحافظة عليه في جميع الترددات . ولا مانع من أن يكون زمن الإرتداد أقل قليلا من الموصـــى به مما يضـــمن عدم تجاوز الزمن الأمثل إذا ما قل عدد الحاضـــرين ، وعموما يمكن التغلب على مشـكلة عدم ثبات عدد الحاضـرين إما بإحتسـاب زمن التردد على أسـاس 0.5% - 1.3% من الســعة الفعلية أو بإســتعمال مقاعد ذات بطنية ماصـــة أو مثقبة وتتلوها مادة ماصة .

(و) وفي حالة إستعمال مواد ماصـة يراعى عند توزيعها أن تكون بعيدة عن المتحدث وأن تختار لها الأماكن المعرضة لإحداث صدى أو عيوب صوتية ، مثل الجزء الخلفى من الجدران الجانبية أو الجدران الخلفى أو مقدمة البلكونة.

(ز) تنطبق هذه الشـــروط العامة على الفراغات التى يكون فيها المتحدث هو المصـــدر الاساسى للصوت ، وتشمل الفصول وقاعات المحاضرات وقاعات المناقشات وغيرها.

9-3 النماذج المشابهة

من الضرورى جدا بعد الاطلاع على كل اساسيات التصميم الصوتى لقاعات الاستماع من دراسة بعض النماذج وعرضها لمعرفة التقنيات المختلفة التى استخدمت لجعل الفراغ أكثر ملائمة صـــوتيا والمقارنة بينها لمعرفة مدى تأثيرالأشـــكال والتقنيات داخل القاعة على أدائها الصـــوتى . وقد اختار الباحث مختلف النماذج العالمية لمصـــممين عالميين من مختلف الدول كدراسة يمكن الإستفادة منها.

فالجزء الأول يعرض قاعات صـــوتية مختلفة الوظيفة والشـــكل ويقارن بينها وبين التصـميم الصـوتى القياسـي لمثل هذه القاعات . أما الجزء الثانى فيعرض بعض القاعات التى صـــممت في القرن العشـــرين واتصـــفت بأنها فاشـــلة وذلك لمعرفة المشـــاكل التى واجهها المعماريون وأصبحت درسا مهما في المجال الصوتى .

وأخيرا عرض الباحث بعض القاعات المتشـــابهه في التصـــميم الشـــكلى لها وكمقارنة بسيطة توضح مدى تأثير الشكل الداخلى للقاعات على التصميم الصوتى.

1-9-3 دراسات سابقة لقاعات إستماع إيجابية

هناك الكثير من الأمثلة عالميا والتى نفذت على مســـتويات عالية من التصـــميم المعمارى والصوتى ، وما يميز تلك التجارب هى الأستفادة القصوى من التجارب السابقة وتطويرها بصورة مثالية وقد تم اختيار :

(أ) دار الاوبرا بسيدنى ، 1973 م. (Sydney Opera House -Australia)
(ب)مسرح سكالا بميلانو - ايطاليا 1999 م .(Teatro alla Scala – Milan , Italy)
(ج)قوانزو اوبرا - مدينة قوانزو - الصـــين 2011 م. (The Guangzhou Opera-China)

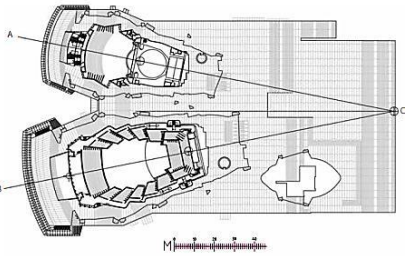
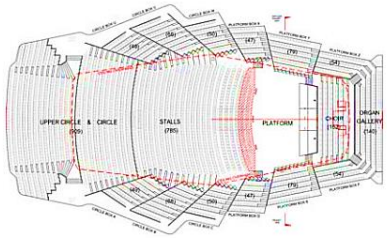
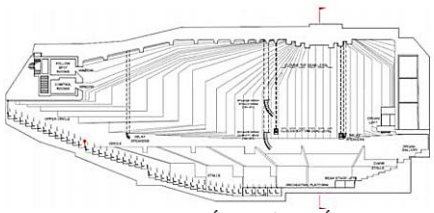
وكدراســة مختصــرة لهذه النماذج الوضــحة الجداول التالية كعرض وصــفى للنماذج المختارة مبينا فيها المســـاحات وحجم القاعة و زمن الارتداد الفعلى لكل للقاعة ومرفق المســاقط الأفقية ومقاطع رأسـية لقاعات الاسـتماع . وكدراسـة لأشـكال القاعات وعلاقتها بالصوت مرفق دراسة تحليلية لكل نموذج يوضح التشكيل الداخلى له ، لتقييمه صوتيا .

(أ) دار أوبرا سيدنى – سيدنى - أستراليا (Sydney Opera House – Australia)

يرجع سبب إختيار هذه القاعة كدراسة الى شهرتها ضمن قاعات القرن العشرين والتى صممت بأحدث التقنيات والتجهيزات الصوتية التى لا تزال مرجعا لهندسة العمارة الصوتية ، وقد صممه المهندس المعماري الدنماركى جون أوتزون والذي فاز بالمسابقة التى أقيمت بصددها وتم إفتتاحه عام 1973 م.

إنظر الجدول (3-4) يوضح أهم المواصفات الصوتية والتشطيبات المنفذة داخل القاعة ومرفق معها الخرط الخاصة بالقاعة. مع ملاحظة ومن التردد الذى صمم وفق مواصفات القاعة.

جدول رقم (3-4) دراسة قاعة أوبرا سيدنى

قاعة الاوكسترا الكبرى – القاعة الغربية – 1973 م	
وصف عام للقاعة : استخدام الشكل المروحى مع عمل عدة انحناءات في الحوائط الجانبية عولجة بخشب البتولا الأبيض الاسترالى المضغوط واستخدم المصمم بعض المواد المعلقة على سقف القاعة كسحابة تعكس الصوت وتقوم بتشتيته. مسرح القاعة يعد في منتصف القاعة واستخدمت البلكونات المرتفعة كأداء عاكسة للصوت . المقاعد منجدة تنجيد كامل لإمتصاص الصوت صورة رقم (3-1) قاعة اوبرا سيدنى من الداخل	الرسومات التوضيحية مسقط أفقى يوضح شكل القاعتين : الشرقية قاعة الأوبرا والغربية قاعة الاوركسترا أوالمسرح الرئيسي)  مقطع افقى لقاعة الاوركستر الغربية  مقطع رأسي لقاعة الأوركسترا  شكل (3-11) مساقط أفقية لقاعة أوبرا سيدنى المصدر :(ICA 2010 , Alban Bassuet)
عدد المقاعد	2679
حجم القاعة م^3	30474.75 م^3
مساحة القاعة م^2	1618.99 م^2
زمن الارتداد الأمثل بالثوانى عند 500 هيرتز	1.6 ثانية

المصدر : الباحث

(ب) مسرح سكالا – ميلانو – ايطاليا (Teatro alla Scala – Milan , Italy)

يعد هذا المسرح من أوائل المسارح المغلقة في تاريخ المسارح والذى صمم ثم تم تعديله من قبل معماريين متخصصين ، وأجريت عليه عدة إختبارات أفادت فيما بعد في تصميم القاعات المغلقة لذلك أختير ضمن النماذج .

والجدول (3-5) يوضح مع الرسم الشرح الوصفى لشكل وتشطيبات القاعة وزمن التردد الذى صمم لها.

جدول رقم (3-5) دراسة مسرح سكالا بميلانو

<table>
<tr><td colspan="2">مسرح متعدد الاغراض 1999م – 1778 م</td></tr>
<tr><td>وصف عام للقاعة :

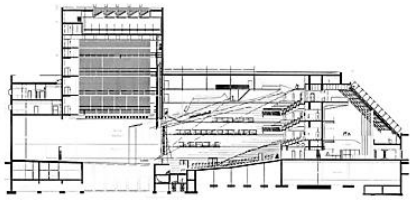
استخدام شكل حذوة الحصان في تشكيل القاعة ولكن تمت توسعتها ليكون كالشكل المروحى ، وهى مكونة من عدة طوابق (بلوكونات) ساعدت على الانعكاس المبكر للصوت .

استخدام الحوائط ذات التشطيب بالخشب الرقائقى لانعماس الصوت .

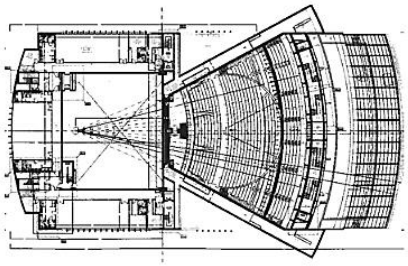
صورة رقم (3-2) مسرح سكالا- ميلانو</td><td>الرسومات التوضيحية

مسقط أفقى يوضح شكل القاعة والغرف المحقة بها

مقطع رأسي للقاعة

مسقط أفقى للقاعة

شكل (3-12) مسقط أفقى ومقطع رأسى لمسرح سكالا- ميلانو

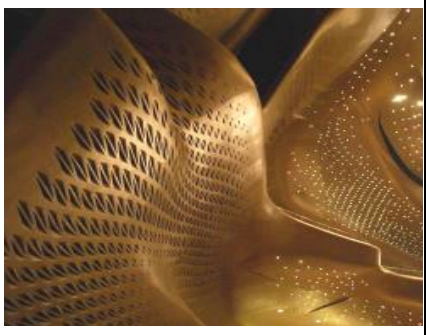
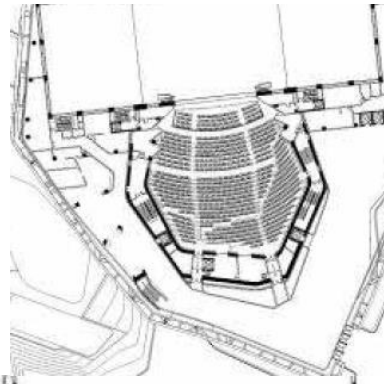
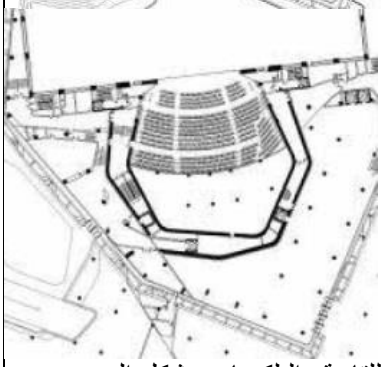
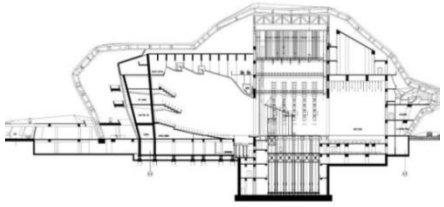
المصدر : (Proceedings of the Institute of Acoustics, Peter Exton , 2002 , ((24))</td></tr>
<tr><td>عدد المقاعد</td><td>2400</td></tr>
<tr><td>حجم القاعة م^3</td><td>36882.51 م^3</td></tr>
<tr><td>مساحة القاعة م^2</td><td>1300.64 م^2</td></tr>
<tr><td>زمن الارتداد بالثوانى عند 500 هيرتز</td><td>1.7 ثانية</td></tr>
</table>

المصدر : الباحث

(ج) دار قوانزو للاوبرا - مدينة قوانزو - الصين 2011 م. (The Guangzhou Opera-china)

صممت دار أوبرا قوانزو بواسطة المعمارية زها حديد عام 2011 ، ويعد من التحف الفنية في عالم تصميم القاعات من الداخل والخارج ، وذلك بإستخدام التقنيات التكلوجية ، وتظهر العمارة التفكيكية في الشكل الداخلى وإستغلالها بصورة جيدة في توجيه الصوت داخل الفراغ بإستخدام مواد بناء جديدة. والجدول (3-6) يوضح مع الرسم الشرح الوصفى لشكل وتشطيبات القاعة وزمن التردد الذى صمم لها.

جدول رقم (3-6) دراسة قاعة قوانزو للاوبرا

مسرح متعدد الاغراض 2011 م	
وصف عام للشكل : الشكل الخماسي للقاعة ذات التشطيب الفريد للاستفادة من الانعكاسات المبكرة للصوت بانحنائاتها الغير منتظمة والمدروسة بشكل جيد .  صورة رقم (3-3) قاعة أوبرا قوانزو	الرسومات التوضيحية مسقط أفقى الطابق الأرضى يوضح شكل القاعة الخماسي والغرف المحقة بها  مسقط أفقى الطابق الاول للقاعة  مقطع رأسي يوضح الارتفاع العام للقاعة والبلكونات وشكل المسرح  شكل (3-13) مسقط أفقى ومقطع رأسى لقاعة أوبرا قوانزو المصدر :(Peter ,Proceedings of the Institute of Acoustics ((33) , 2011 , Exton
عدد المقاعد	1800
زمن الارتداد بالثوانى عند 500 هيرتز	1.4 – 1.5 ثانية

المصدر : الباحث

2-9-3 دراسات سابقة لقاعات إستماع سالبة

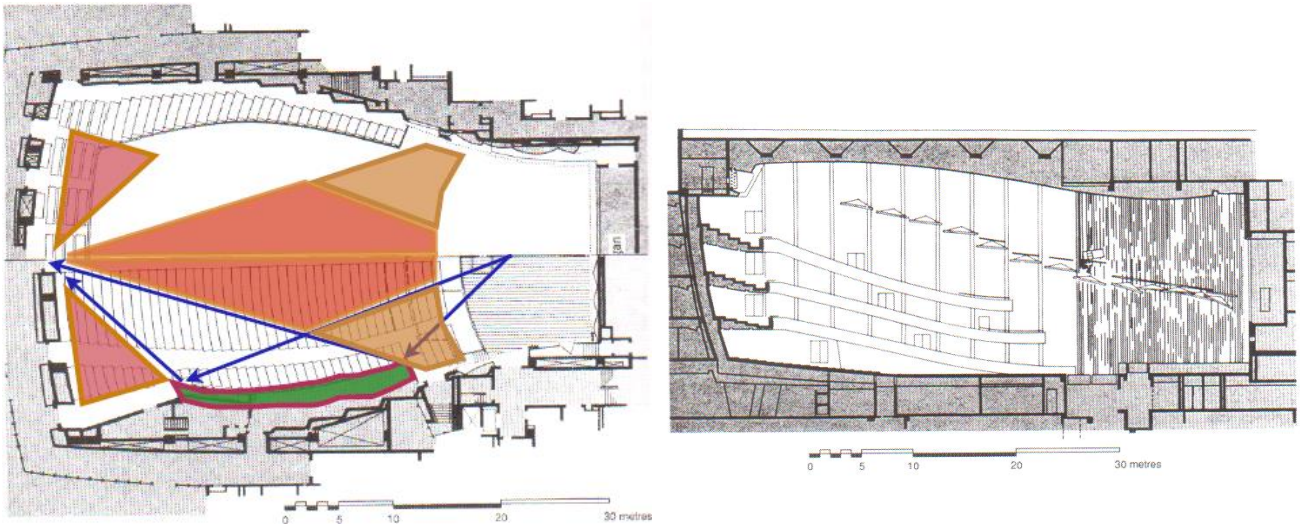
نعرض في هذا الجزء الدراسات السابقة والوصفية المفصلة لأشهر القاعات فشلا في القرن العشـرين وهى قاعة نيويورك للهارمونيكا (New York Philharmonie) ، لمعرفة مدى استفادة المعماريين من تأثيرات الصوت، وكيفية الاستفادة من ذلك في تصميم قاعة برلين للهارمونيكا (Berlin Philharmoni) والإخفاقات التى حدثت في القاعتين.

(أ) قاعة نيويورك للهارمونيكا New York Philharmonie ، 1959

سميت بأشهر كارثة سمعية في القرن العشرين ، وقد وصفها النقاد بأن الصوت داخلها هو صوت واضح مع القليل من الإنعكاسات ، وتداخل القليل من الأصوات مع بعضها البعض عند إستخدام حفرة الأوركسترا . ومن الدراسة التفصيلية الصوتية للقاعة أوضح المعماريين بعض النقاط : إنظر الشكل (3-14)

1. أرضية القاعة المستوية أدت الى صوت مباشر ضعيف في المقاعد الخلفية.
2. وجود حائط خلفى مقعر.
3. بعض المقاعد لا تصلها أى إنعكاسات جانبية.
4. المسرح كبير جدا وحفرة الأوركسترا واسعة مقارنة مع الأبعاد القياسية.
5. السقف المعلق بالقاعة أصبح كعاكس منتظم وفيه بما يعادل 30,000 مسمار صغير ، وهو لايعمل عند الترددات المنخفضة (حسب نوع المادة العاكسة).

من مميزات القاعة التى ذكرت أن إنخفاض المقاعد في قاعة الإســتماع أثر على الترددات المنخفضة كمادة ماصة جيدة .



شكل رقم (3- 14) مسقط أفقى ومقطع رأسي لقاعة New York Philharmonie
المصدر : (2nd edition , 2010 , Barron, Michael)

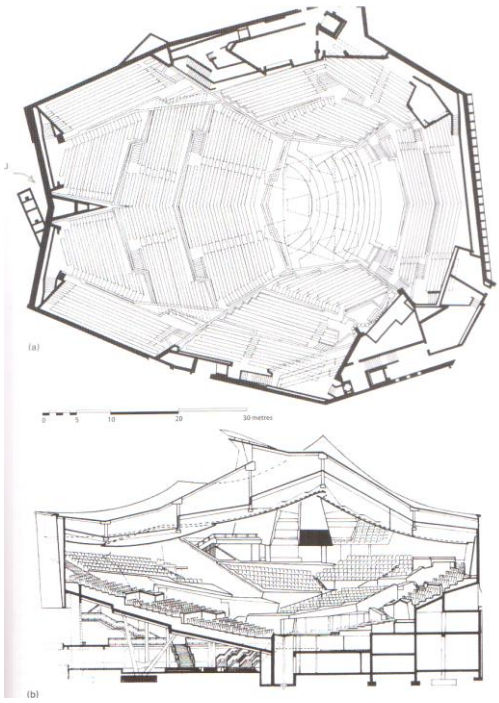
(ب) قاعة برلين للهارمونيكا Berlin Philharmonie ، 1963

تتمتع بخاصية المسرح الدائري وتجمع المستمعين حوله ، وتتسم بالتصميم غير المنتظم للقاعة والذى أدى الى التوزيع المنتظم لكل المقاعد.ونسبة لهذا الشكل الغير منتظم واجهت المصممين تحديات اعتبارات الصوت واتجاهه وذلك للعديد من الآلات الموسيقية ، وتحتاج أيضا دراسة الانعكاسات المبكرة للصوت . ومن العوامل التى ساعدت القاعة على وصفها بالناجحة صوتيا هى :

1. السطح العاكس للمقاعد.
2. الانعكاسات المبكرة للصوت من الحوائط.
3. الإرتفاع العالى للسقف.(إنظر الشكل(3-15))
4. أختيار مواد البناء المناسبة لتأثيرات الإنعكاس والإمتصاص.

والعوامل التى أخفقت فيها القاعة هى :

1. الإنعكاسات الكثيرة
2. خطوط ومسارات إنعكاس سيئة (إنعكاسات متأخرة)
3. أبعاد المقاعد الغير مدروسة.



شكل رقم (3- 15) مسقط أفقى ومقطع رأسي لقاعة Berlin Philharmonie
المصدر : (2nd edition , 2010 , Barron, Michael)

3-9-3 دراسات سابقة لمعرفة مدى تأثير الشكل الداخلى لقاعات الإستماع

في دراسة أجراها Beranek عام 1962 م كمقارنة لأربعة قاعات موسيقية والتى تختلف في الأثر الصوتى نتيجة لإختلاف المكونات الداخلية لكل قاعة ، وتتسم القاعات الأربع بتساوى المساحة وتساوى عدد المقاعد (انظر الجدول (3-7)) ، وهذه القاعات هى :

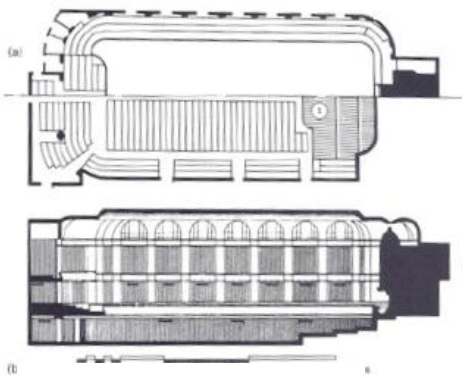
(أ) قاعة غروسر للموسيقى – فينا، Grosser Musikvereinssall
(ب) قاعة نيوس -لايبزج Neues Gewandhaus
(ج)قاعة الكونسرت – أمستردام ، Concertgebow
(د) قاعة السيمفونية – بواسطن ، Symphony Hall

تمتاز هذه القاعات بالشكل المستطيل غير أنها تختلف في مكونات القاعة من بلكونات و تشكيل مقاعد الجلوس وتشكيل الحوائط والتصميم الداخلى والإختلاف أيضا في نوعية مواد التشطيب لهذه القاعات ويوضح الشكل رقم (3-16) شكل المسقط الأفقى والقطاع الرأسى للقاعات.

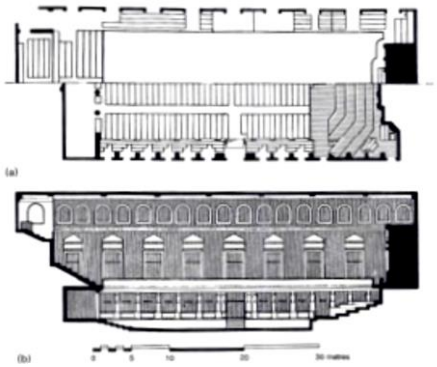
جدول رقم (3-7) عرض الخصائص المشتركة لقاعات Beranek:

سنة الإنشاء	1900
حجم القاعة	17000 م^3
عدد المقاعد	2000
طول القاعة(L)	48 م
عرض القاعة(E)	22 م
الإرتفاع(H)	17 م
زمن التردد	1.85 ثانية
H : W : L	1 : 1.22 : 2.70

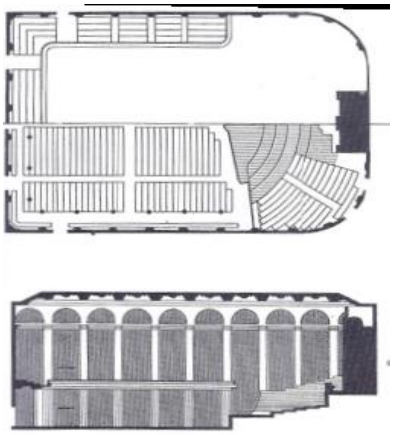
المصدر : (2nd edition , 2010 , Barron, Michael)



Neues Gewandhaus
(Leipzig)



Grosser Musikvereinssall
(Vienna)



Concertgebow

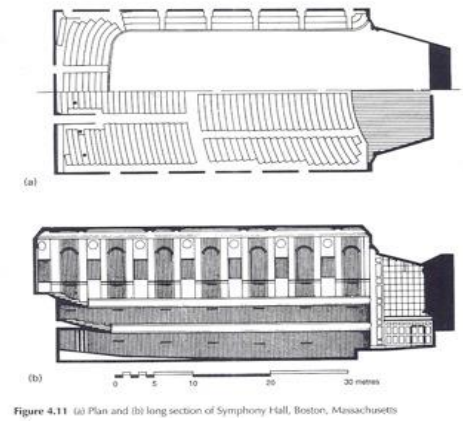


Figure 4.11 (a) Plan and (b) long section of Symphony Hall, Boston, Massachusetts

Symphony Hall

شكل رقم (3-16) يوضح المساقط الأفقية والمقاطع الرأسية لقاعات Beranek على مختلف أماكنهم

المصدر : (2nd edition , 2010 , Barron, Michael)

10-3 الخلاصات

- يجب دراسة مكونات الفراغ الداخلى للقاعات وتأثير تصميم كل مكون من مكونات القاعة على سلوك الصوت وكيفية إستخدامه بالصورة المثلى للوصول الى أفضل أثر صوتى في القاعات.
- ويفضل معظم المعماريين بعض الأشكال الخاصة بالتصميم الصوتى لمميزاتها الحجمية (مثل الشكل المروحى) ، ولكن لا يوجد محدد واضح يوكد مدى تمييز شكل عن آخر، ولكن بالسلوك الصوتى المدروس جيدا والإختيار الأمثل لمواد ومناطق الإمتصاص والإنعكاس.
- لايمكن تحديد عوامل نجاح أو فشل القاعة الا أذا تمت دراستها بصورة صحيحة ومعرفة مطابقة زمن الارتداد الأمثل والفعلى للقاعة و حسابهما ومقارنتها في عدة ترددات للصوت (عند 250 – 500 – 2000 هيرتز على الأقل) .
- عند تصميم قاعات الحديث (مؤتمرات – محاضرات – اجتماعات .. الخ) فإنه لابد من مراعاة المسافة المثلى والمناسبة بين المصدر والمستمع أقصاها 30 متر وأقلاها 15 متر كأفضل ظروف إستماع ، وإن اللجوء الى المصادر الخاصة لتكبير الصوت يكون بعد دراسة لوضعيتها وكيفية توزيعها على القاعة بمراعاة الانعكاسات المتاخرة والمبكرة للصوت .
- ولحساب زمن الارتداد الامثل لقاعات الحديث تستخدم المعادلة :

$$t = r*\{0.012*\ (V)^{1/3} + 0.1070\}$$

$$r = 4 \text{ (للقاعات المستعملة في الحديث)}$$

- ولا بد أيضا من معرفة الخصائص الصوتية للتحدث و أساليب تقييم القاعات لمعرفة كيفية تقييم القاعات الموجودة وكيفية التصميم للقاعات الجديدة ، وهذا ما سيتم في الفصل التالى لتقييم قاعات الإستماع عموما ، وفي ولاية الخرطوم خاصا.
- أما بخصوص النماذج المشابهه :

أ/ دراسات سابقة لقاعات إستماع وصفت بالنجاح :

- ❖ النماذج الثلاثة التى عرضت قاعات مختلفة في الوظائف فالاولى قاعة خاصة بالمسرح والأوركسترا لشكل أقرب للإستطالة بزمن ارتداد 1.6 ثانية ، بحجم 30474 متر مكعب ، وهى صاحبة أكبر عدد للمستمعين من بين القاعات الثلاثة ، أما النموذج الثانى لمسرح على شكل مروحى بزمن إرتداد 1.7 ثانية ، بحجم 36882 متر مكعب ، أما النموذج الثالث كان لقاعة متعددة الأغراض لشكل خماسي بزمن تردد ما بين 1.4 – 1.5 ثانية .
- ❖ بإختلاف اشكال القاعات وتقارب أحجامها فإن زمن التردد يختلف طبقا لعدة عوامل مؤثرة ، فالأوركسترا تحتاج الى زمن ارتداد أكبر من المسرح والقاعة المتعددة الأغراض .
- ❖ القاعات الثلاثة أستخدمت الخشب الرقائقى لأغراض إنعكاس الصوت ، واستغلت الشكل الداخلى للحوائط والاسقف والبلكونات في الانعكاس المبكر والتوزيع الامثل.

ب/ دراسات سابقة لقاعات إستماع وصفت بالفشل :

- ❖ يمكن للتصميم الغير منتظم أن يجعل توزيع الصوت مثالى جدا إذا ما تم دراسة الإنعكاسات المبكرة للصوت بصورة مثالية.
- ❖ يمكن للمعمارى بسهولة جدا معرفة إنعكاسات الصوت الغير مرغوب فيها من خلال التمثيل بالخطوط لاتجاهات الإنعكاس والإرتداد من المراحل الأولى للتصميم.

- يجب للمعمارى الإستفادة القصوى من التجارب والخبرات السابقة للوصول الى أفضل تصميم صوتى ممكن.

ج/ دراسات سابقة لمعرفة مدى تأثير الشكل الداخلى لقاعات الإستماع

- بدراسة العديد من الأشكال الشائعة الاستخدام في تصميم القاعات فإنه يمكن التوصل الى انه يمكن استخدام العديد من الأشكال إذا ما تمت دراسة سلوك الصوت وانعكاساته بصورة صحيحة لتوزيعه بصورة مثلى على المستمعين.
- من العوامل المؤثرة جدا على الحفاظ على ترك الأثر الصوتى الجيد هو الإختيار الأمثل لنوع التشـــطيب وكيفية توزيعه داخل الفراغ ، وهذا يتطلب جهد وخبرة كبيرة من قبل المهندس المصمم.
- على إختلاف أشـــكال القاعات فإنه إذا كانت الســـعة المطلوبة للقاعة واحدة ، وكانت الوظيفة المطلوبة لقاعة الحديث واحدة ، فإنه يجب أن يكون لهم نفس الأثر الصـــوتى ونفس زمن الإرتداد .

الفصل الرابع

عرض وتحليل حالة الدراسة

1-4 مقدمة

يتناول هذا الفصل خلفية تاريخية عن قاعات الاستماع وبداية ظهور المسرح والفن المسرحى في السودان وخاصة ولاية الخرطوم واسباب انتشار قاعات الاستماع في الآونة الأخيرة ويعرض بعض النماذج المحلية والتى تم الاستفادة منها في تقييم وتحليل القاعات في ولاية الخرطوم بشكل عام والقاعات الكلامية على وجه الخصوص ، ويظهر التنوع في اختيار القاعات (قاعة مؤتمرات برج الاتصالات ، قاعة مؤتمرات جامعة إفريقيا ، قاعة مؤتمرات وزارة التعليم العالى والبحث العلمى) كنماذج للدراسة ويظهر الفرق بين الفترة الزمنية التى أنشأت فيها القاعات وبين الوظائف المتعددة وبين الأشكال التى صممت عليها القاعات صوتيا.

و كحالة دراسية مفصلة إختار الباحث قاعة الصداقة لما فيها من مميزات وتصاميم حديثة بعد الترميم الذى حدث لها ، وذلك بمعلومية قدم إنشاء هذه القاعة وأهميتها على المستوى الدولى . وسنتعرف في هذا الفصل على موقع القاعة ومكوناتها ووصف كامل لها يشمل التشطيبات الداخلية والمعالجات الصوتية المستخدمة .

وتتلخص أهمية دراسة النماذج المحلية في :

1. معرفة مدى التطورات والتقنيات الحديثة التى توصلت اليها الخرطوم بخصوص النوع من المبانى .
2. معرفة الصعوبات التى يواجهها المعمارى في تصميمه للقاعات الكلامية.

2-4 الموقع الجغرافى

يقع السودان في شمال شرق إفريقيا ويحتل مساحة قدرها 1,865,813 كيلو متر مربع يقع السودان بين خطي عرض 8.45 درجة و 23.8 درجة شمالاً، وخطي طول 21.49 درجة إلى 38.24 درجة شرقاً ويتسم المناخه المداري بارتفاع درجة الحرارة في معظم أيام السنة، خاصة في الصيف ويتدرج من مناخ جاف جداً في أقصى الشمال، إلى حار ماطر في الصيف ومعتدل في الشتاء في مناطق السافانا ويبلغ عدد السكان: 33.419.625 نسمة .

صورة رقم (4-1) الحدود السياسية لدولة السودان

المصدر : (https://ar.wikipedia.org)، 2016/8/6، س 12:25ص

يمتد السودان على مساحة واسعة ما بين جنوب مصر وحتى المناطق الاستوائية في وسط أفريقيا, مما أدى لوجود مختلف العرقيات والثقافات والأديان, لكن يشكل الإسلام الخلفية الثقافية لغالبية سكان السودان خاصة الأجزاء الوسطى والشمالية منه. فيما تتشكل ثقافة الجنوب وجنوب شرق وغرب السودان من الثقافات الأفريقية الخالصة وان مازجها الإسلام قليلا.

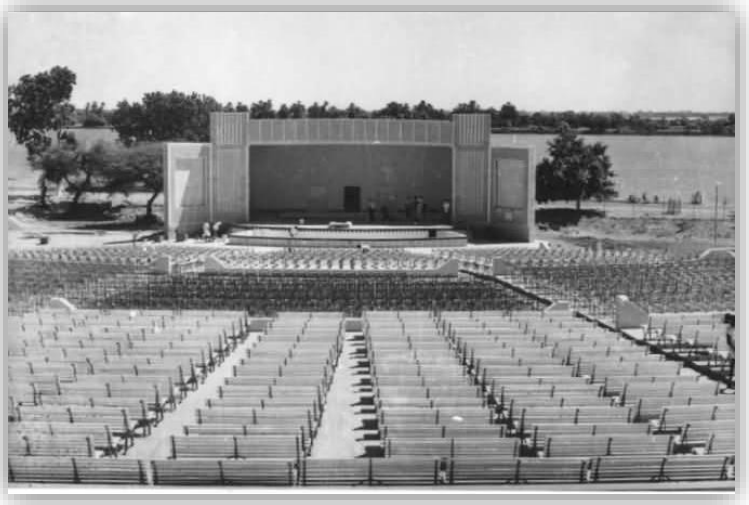
3-4 الفن المسرحي في السودان:

السـودان بلد متعدد الثقافات وعريق الحضـارات و التي تمتزج لتكون إنسـان السـودان بالرغم من الإختلاف المظهري بينها . وقد إهتم السـودان بالفن الا أن الفنان السـوداني لم يجد البيئة المناسـبة لتطوير فنه و تلقي عدة فنون أخرى جديدة قد ظهرت في دول العالم (الفن العالمي) بل و أنه قد وجد صعوبة في طرح فكرته الثقافية و نشرها للعالم .

لم يعرف السودانيون المسارح الا بعد إستقلال السودان سنة 1956 م وكانت الفنون الأدائية آن ذاك تعرض في شكل جلسات بسيطة تقام كمنتديات شعرية وفنية و مسرحية على مقربة من مقر إذاعة أمدرمان الحالية و تبث عبر الأثير الإذاعي في شكل برامج ثقافية صغيرة ، لقيت هذه الجلسات إعجابا كبيرا و حضور جماهيري متميز إلى أن أنشئ ما يسمى بمسرح البراميل (مسـرح مكون من مجموعة من البراميل مغطاه بالخشـب و تعرض أعلاها كل العروض والجلسـات الثقافية) و هو أول مسـرح أقيم بمكان المسـرح القومي الحالي في عهد الرئيس عبود و وزير الثقافة والعمل آن ذاك طلعت فريد . وقد كان حجر الأسـاس لظهور تدرجات المسارح ، و مع تطور المسرح و الفن المسرحي و الأدائي و الفني أفتتح أول مسرح في السودان 17 نوفمبر 1959 م المسرح القومي الحالي ، و إستمر تطور الفن المسرحي بعمل معاهد تعليمية للموسيقى والدراما تعمل على ترقية مستوى الفن (المسرحي و الغنائي) .

وانتج المسرح السوداني مختلف الأعمال المسرحية على مختلف المدارس من المدرسة الكلاسـيكية الرومانسـية والعبثية والرمزية والواقعية، إلا أن اليد الطولى هو لهذه الأخيرة وذلك لبسـاطتها ولارتباطها بقضـايا المشـاهد السـوداني وسـلوكياته وعاداته . وظهر بعد ذلك مفهوم القاعات المغلقة المدرجة وكان أول عمل لهذه القاعات المغلقة هى تجربة الصـينيين بمبنيين عريقين الا وهما قاعة الصداقة بالمقرن ومسرح قصر الشباب والأطفال (الباحث).

بعد مرور عدة سـنوات ظهرت الأوركسـترا في السـودان ولكنها لم تجد إهتماما كبيرا من خلال توفير البيئة المناسـبة لها ، وظهر الأوبريت في أواخر القرن الماضـي كأعمال فنية بسيطة عبرت بشكل بسيط عن قضـايا مهمة وهي مستمرة إلى الآن كأداء موسـمي في بعض المسارح بالسودان .



صورة رقم (4-2) توضح المسرح القومي 1961م
المصدر : (https://ar.wikipedia.org)، 2016/8/6، س 12:27 ص)

جدول رقم (4-1) تقييم المسارح بولاية الخرطوم :

إسم المسرح	الموقع	الوظيفة	السعة / الأشخاص	ملاحظات
المسرح القومي	أمدرمان	لجميع العروض	1000	يحتاج لصيانة وتأهيل
مسرح قصر الشباب والأطفال	أمدرمان	لجميع العروض	500	يحتاج لصيانة وتأهيل
مسرح قاعة الصداقة	الخرطوم	لجميع العروض	1180	كامل التجهيزات الصوتية
مسرح الطابية والبرجين	أمدرمان	لجميع العروض	3000	تنقصه معينات تقنية
مسرح د . أحمد الطيب	أمدرمان	عروض دراما	750	تنقصه معينات تقنية
المسرح الأهلي بأمبدة	أمدرمان	للحفلات الغنائية	700	غير مؤهل بالكامل
مسرح معهد الموسيقى والمسرح	الخرطوم	عروض و حفلات غنائية	1000	تنقصه معينات تقنية
مسرح كلية الموسيقى والدراما – جامعة السودان	الخرطوم السجانة	تقدم فيه أعمال الطلاب الدرامية والموسيقية	700	كامل التجهيزات الصوتية
مسرح نادي الضباط	الخرطوم	للحفلات الغنائية	2000	تنقصه معينات تقنية و تأهيل
مسرح خضر بشير	الخرطوم	للحفلات الغنائية	2000	تنقصه معينات تقنية
مسرح نادي الشرطة	الخرطوم	للحفلات الغنائية	1000	كامل التجهيزات الصوتية
مسرح شرق النيل	شرق النيل	للحفلات الغنائية	4000	لم يكتمل بعد

المصدر : وزارة الثقافة إحصائيات 2013م.

أما بالنسبة لقاعات الإستماع سواء كانت لمؤتمرات أو ندوات أو محاضرات أو غيره فقد توسعت في الآونة الأخيرة وأصبحث منتشره على القطاع العام والخاص ، فكل مؤسسة أو مبنى ذو أحتياج تعليمى أو إجتماعى أو مؤتمرات للمجالات المختلفة أصـــبحت تمتلك قاعة بمواصفات صوتية متقدمة ، ويرجع ذلك للوعى المتقدم في هذا المجال ومعرفة مدى أهمية هذه الفراغات الصوتية بيد أن الالمام بأهمية التصميم الصوتى المدروس لها بات من الأشياء النادرة والتى غالبا ما يلجأ المصممون الى خبرات من خارج القطر لتصميمها .

ويمكن ذكر على سـبيل المثال وليس الحصـر أشـهر قاعات الحديث الموجودة بولاية الخرطوم جدول (4-2) ، وغيرها الكثير جداً من النماذج التابعة للقطاعات الخاصة أو العامة .
وقد إختار الباحث بعض منها كنماذج مختلفة من هذه القاعات لدراســتها وتحليلها والاســتفادة منها في تقييم ذلك على ولاية الخرطوم .

جدول (4-2) قاعات الحديث بولاية الخرطوم:

إسم القاعة	الموقع العام	سنة الإنشاء	القطاع	السعة
1. قاعة الصداقة الرئاسية	الخرطوم – المقرن	1979	قطاع عام	2000
2. قاعة الشارقة	الخرطوم		قطاع عام	-
3. قاعة الشهيد	الخرطوم		قطاع عام	-
4. قاعة مؤتمرات برج الاتصالات	الخرطوم	2010	قطاع عام	280
5. قاعة مؤتمرات إفريقيا	الخرطوم	2005	قطاع خاص	412
6. قاعة حمد للمؤتمرات	الخرطوم	2013	مركز التنوير المعرفى للتدريب	535
7. قاعة مؤتمرات وزارة التعليم العالى والبحث العلمى	الخرطوم	-	قطاع عام	400
8. قاعة مؤتمرات المعهد العالى للدراسات المصرفية والمحاسبية	الخرطوم	2008	قطاع خاص	220

المصدر: الباحث

4-4 دراسة النماذج المحلية

بعد أن تعرفنا على العديد من النماذج المحلية لقاعات الإستماع ، بعد عدة زيارات قام بها الباحث للقاعات ، وكإختيار هذه النماذج كإحدى أهم القاعات في ولاية الخرطوم ومساهمتها الكبيرة في التعليم والتطوير وأيضا مساهمتها في المجالات الإقتصادية والسياسية وكونها من القاعات التى تمثل واجهه للبلد ، كان لا بد لنا من دراسة هذه القاعات . وهى :

1. قاعة الهيئة القومية للإتصالات.
2. قاعة إفريقيا العالمية للمؤتمرات.
3. قاعة مؤتمرات وزارة التعليم والبحث العلمى
4. مجمع قاعات الصداقة

وفيما يلى دراسة تفصيلية لهذه القاعات نذكر فيها معلومات لكل قاعة على حدة (سنة إنشاء القاعة ، موقع القاعة بالولاية ، أسباب إختيارها كحالة دراسة ، ومن ثم تفصيلا عن الشكل التصميمى والتشطيب الداخلى للقاعة وسعتها وحجمها وزمن التردد الفعلى لقاعة ومرفق مع كل قاعة خرطا توضيحية وصور داخلية لها).

4-4-1 قاعة الهيئة القومية للإتصالات NTC Conference Hall

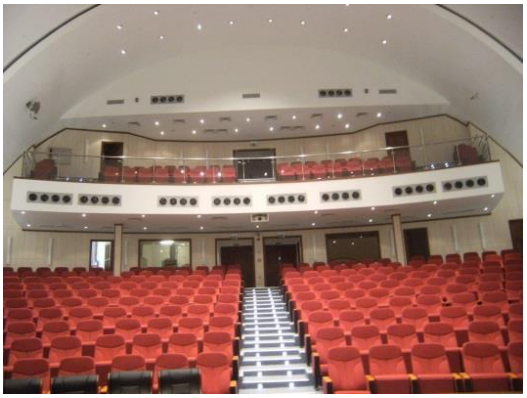
توجد هذه القاعة ضمن مبانى برج الهيئة القومية للإتصالات ، وتعد من أشهر القاعات بتصميمها الداخلى الفريد من نوعه بإستخدام تقنيات حديثة .

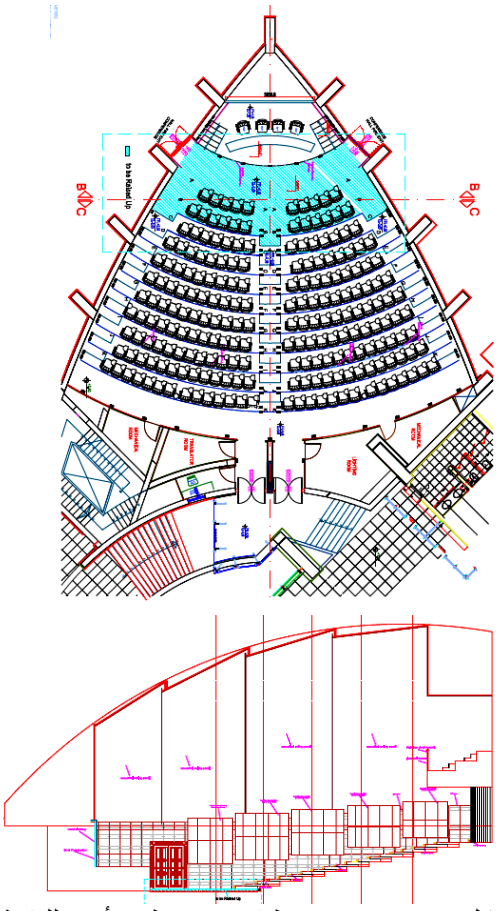
والجدول(4-3) يوضح الوصف العام للقاعة والمسقط الأفقى لشكل القاعة ، وموضح زمن الارتداد الفعلى للقاعة عند 500هيرتز.

جدول رقم (4-3) دراسة قاعة برج الاتصالات للمؤتمرات

<table>
<tr><td colspan="2">برج الهيئة القومية للاتصالات – الخرطوم – برى - قاعة مؤتمرات 2010م</td></tr>
<tr><td>وصف عام للشكل :

يظهر الشكل المروحى للقاعة
الجدران :
مقســمة على جزئين من تشــطيب الخشــب موزع بطريقة منظمة (ألواح الخشــب الرقائقى العاكس للصوت ، وخشب MDF مضغوط)
السقف :
مغطى بالواح من الجبس بفجوات هوائية ومعلق .
الارضية :
ارضية خرسانية مكسوة بالموكيت.
المقاعد :
مقاعد ثابتة منجدة تنجيد كامل
تحتوى أيضا على 9 أبواب من الخشب المجلد والمقاوم للحريق والعازل للصوت (3 منهم للدخول ، 4 هروب ، 2 خدمة)

 
صورة رقم (4-3) توضح شكل قاعة برج الاتصالات</td><td>الرسومات التوضيحية

 
شكل رقم (4-1) مسقط افقى و مقطع رأسي للقاعة

المصدر : الادارة الهندسية لبرج الاتصالات</td></tr>
<tr><td>عدد المقاعد</td><td>280</td></tr>
<tr><td>حجم القاعة م^3</td><td>2100</td></tr>
<tr><td>مساحة القاعة م^2</td><td>280 م^2</td></tr>
<tr><td>زمن الارتداد بالثوانى عند 500 هيرتز</td><td>R.T = 1.9 sec</td></tr>
</table>

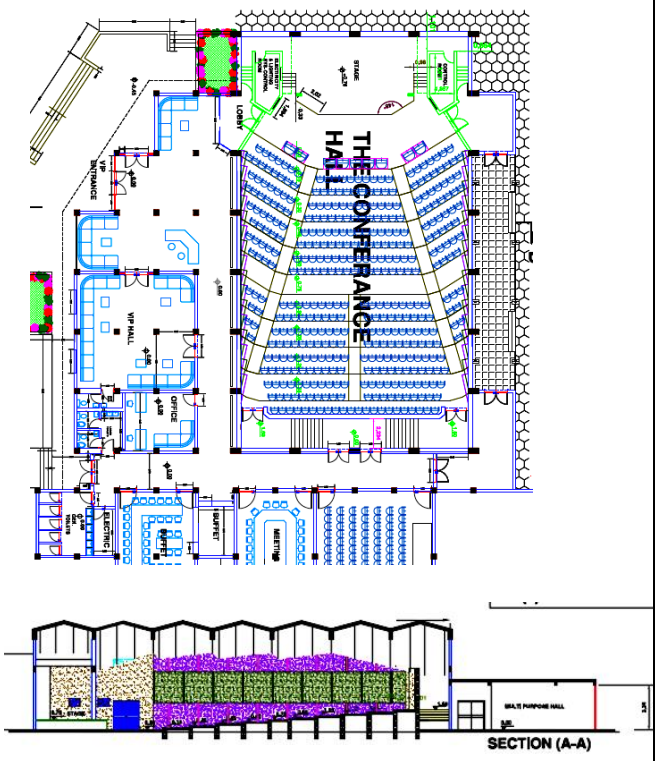
المصدر : الباحث

4-4-2 قاعة مؤتمرات إفريقيا العالمية

هى قاعة ضمن مبانى جامعة إفريقيا العالمية ، وصممت لإستقبال المؤتمرات الخاصة بوفود الجامعة، وتضم الكثير من النشاطات في المجال الأكاديمى والدعوى ، وتعد من القاعات

المتميزة بالتصميم الصوتى الجيد ، إنظر الجدول (4-4) يوضح وصف عام لشكل القاعة كما مبين في الشكل (4-2).

جدول رقم (4-4) دراسة قاعة مؤتمرات إفريقيا

جامعة افريقيا العالمية – الخرطوم - جنوب أركويت - قاعة مؤتمرات 2005م	
وصف عام للشكل : الجدران : الجدران الجانبية و جدران الامامية للمسرح مكسوة بخشب رقائقى مضغوط 2.00*1.20 م مثبت على على مسافة من الحائط الصلب لاعطاء الانعكاس المطلوب للصوت ، اضافة الى أجزاء من الالواح المثقبة التى تغطى مواد ليفيه او مسامية لامتصاص الصوت . الجدران الخلفية مصنوعة من شرائح خشبية مرتبة لترك فراغات طولية بينها والتى تليها طبقة من مادة ماصة مثبتة على قوائم خشبية على الجدار الصلب . السقف : مغطى بالواح من الجبس بفجوات هوائية ومعلق الارضية : ارضية خرسانية مكسوة بالموكيت. المقاعد : مقاعد ثابتة منجدة تنجيد كامل تحتوى أيضا على أربعة أبواب من الخشب المجلد والمقاوم للحريق والعازل للصوت صورة رقم (4-4) توضح شكل قاعة افريقيا الداخلى	الرسومات التوضيحية : مسقط أفقى يوضح شكل القاعة والغرف المحقة بها ويظهر استطالة الشكل مقطع رأسى للقاعة يوضح فيه تدرجات القاعة والتشطيبات  شكل رقم (4-2) مسقط افقى ومقطع رأسى للقاعة المصدر : الادارة الهندسية لجامعة إفريقيا
عدد المقاعد	412
حجم القاعة $م^3$	2493.9 $م^3$
مساحة القاعة $م^2$	484.5 $م^2$ (الطول 31.5 م ، العرض 18 م ،الارتفاع المتوسط 6م)
زمن الارتداد بالثوانى عند 500 هيرتز	R.T = 0.92 sec

المصدر : الباحث

3-4-4 قاعة مؤتمرات وزارة التعليم والبحث العلمى

تحتل هذة القاعة أهمية كبيرة في مجال إدارة التعليم العالى في البلاد ، والجدول التالى(4-5) يوضح الوصف العام لشكل التشطيب داخل القاعة .

جدول رقم (4-5) قاعة مؤتمرات وزارة التعليم والبحث العلمى

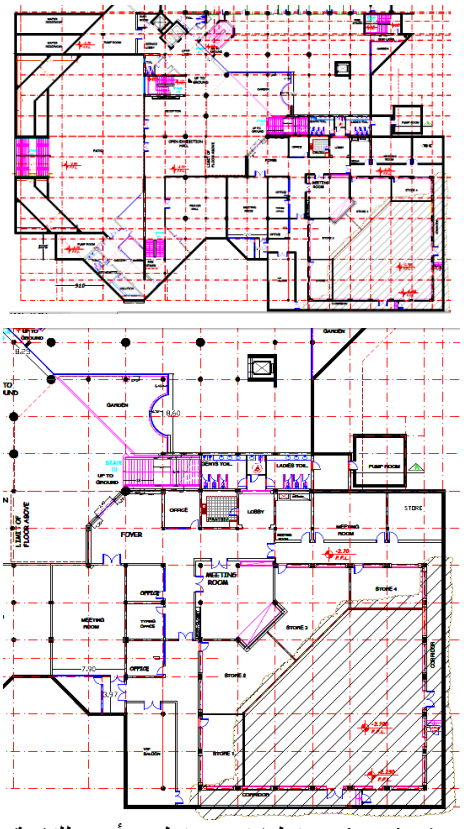
<table>
<tr><td colspan="2">وزارة التعليم العالى والبحث العلمى – الخرطوم - قاعة مؤتمرات 2012م</td></tr>
<tr><td>وصف عام للشكل :

الجدران :
الجدران مكسوة بتشطيب خشب ال MDF بها فجوات على شكل شرائح طولية، ومكسوة من الداخل بالصوف الزجاجى.
السقف :
مغطى بالواح من الجبس بفجوات هوائية ومعلق
الارضية :
ارضية خرسانية معلقة ومكسوة بالموكيت فوق بلاط المزايكو
المقاعد :
مقاعد ثابتة منجدة تنجيد كامل
تحتوى أيضا على أربعة أبواب من الخشب المجلد والمقاوم للحريق والعازل للصوت

صورة رقم (4-5) توضح شكل قاعة افريقيا الداخلى</td><td>الرسومات التوضيحية :

مسقط أفقى يوضح شكل القاعة والغرف المحقة بها

ويظهر الشكل المربع للقاعة

 
شكل رقم (3-4) مسقط افقى ومقطع رأسى للقاعة

المصدر : أسامة عثمان ،2015 ، ص 45</td></tr>
<tr><td>عدد المقاعد</td><td>400</td></tr>
<tr><td>حجم القاعة م^3</td><td>2539 م^3</td></tr>
<tr><td>مساحة القاعة م^2</td><td>590.49 م^2</td></tr>
<tr><td>زمن الارتداد بالثوانى عند 500 هيرتز</td><td>R.T = 0.85 sec</td></tr>
</table>

المصدر : الباحث

5-4 حالة الدراسة - قاعة الصداقة 1976م

تم إختيار مجمع قاعة الصـــداقة لإعتبارها أول قاعات الاســـتماع وجودا بولاية الخرطوم، ولما فيها من تنوع صوتى ومعالجات صوتية صممت بواسطة خبراء صينين . كما تعد قاعة الصداقة من المبانى القومية الكبرى بالعاصمة الخرطوم.

وقد تم إختيار القاعة الرئاسية من بين قاعات الصداقة لما يها من تشطيبات حديثة العهد إثر الصـــيانات الاخيرة بالقاعة من قبل الشـــركة الصـــينية . وهى أحدث القاعات إنشـــاء من حيث التقنيات الصوتية وسيتم التفصيل لها لاحقا.

1-5-4 الموقع العام

هى عبارة عن مجمع يتكون من قاعات للمؤتمرات والإجتماعات وصـالات معارض و مســرحاً و ســينما مغلقة ومرافق أخرى ملحقة بها. تشــتهر القاعة باســتضــافتها لعدد كبير من الفعاليات السياسية الثقافية المهمة بالسودان بما في ذلك مؤتمرات قمم دولية واقليمية ومحلية و اجتماعات وزارية ومحافل ومنتديات وندوات وأمســيات ثقافية وســياســية ومســرحيات وافلام وحفلات عامة.

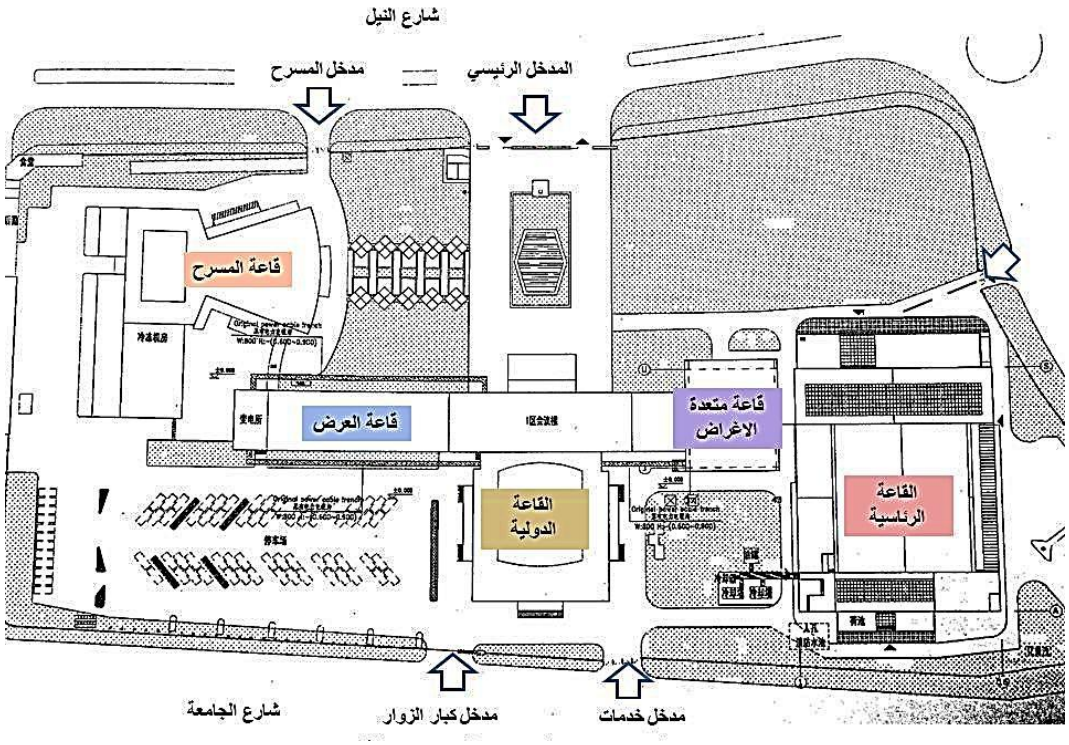
وتتوسط القاعة منطقة سياحية واجتماعية مهمة بالخرطوم إنظر الصورة (4-6)، حيث يجاورها من جهة الشرق فندق كورنثيا الخرطوم (فندق برج الفاتح سابقاً)، وفندق السودان وفي غربها متحف السـودان القومي ومنتزه حدائق 6 أبريل وفندق كورال الخرطوم (هيلتون سـابقاً) وجســـر النيل الأبيض المؤدي إلى مدينة أم درمان، أما في شـــمالها يقع مرســـى عبّارة جزيرة توتي، وتقع في جنوبها بضع مكاتب شركات وبعثات دبلوماسية أجنبية ، وتقدر المساحة الكلية للمباني 80 ألف متر مربع.الصـــورة (4-7)،(4-8) توضـــح واجهة القاعة الرئاســـية لقاعة الصداقة.

صورة رقم (4-6) توضح موقع قاعة الصداقة العام ومجاوراتها

المصدر : الباحث

صورة رقم (4-7)/ (4-8) الشكل الخارجى لقاعة الصداقة وتظهر القاعة الرئاسية محور الدراسة

المصدر : الباحث



شكل رقم (4-4) مسقط افقى لمبانى مجمع قاعات الصداقة

المصدر : الادارة الهندسية لقاعة الصداقة

ويضم المبنى القاعات التالية المزودة بكابينات للترجمة وملحقاتها:

1. القاعة الرئاسية وتتسع لإجتماع 2000 شخص
2. القاعة الدولية بالطابق الأرضي وتسع 1200 شخص
3. قاعة البركل بالطابق الثاني تسع 70 شخص
4. قاعة اركويت بالطابق الثاني تسع 70 شخص
5. قاعة جبل مرة بالطابق الثاني وتسع 60 شخص

6. قاعة إفريقيا بالطابق الرابع تسع 150 شخص
7. قاعة الخرطوم بالطابق الرابع تسع 60 ششخص
8. قاعة السودان بالطابق الرابع تسع 60 شخص
9. قاعة الطيب صالح بالطابق الخامس تسع 350 شخص
10. قاعة أم درمان بالطابق السادس تسع 75 شخص

كما يضم مبنى القاعة الصالات الآتية:

- الصالون الرئاسي
- صالون كبار الضيوف
- صالة المعارض الكبرى
- صالة توتيل،المخصصة للمعارض وإقامة الحفلات والمناسبات العامة والخاصة وتسع 300 شخص
- صالة المآدب وتسع لألف شخص وتقدم كافة الوجبات

المباني الشرقية وتضم قاعة السينما المغلقة والمكيفة الهواء و خشبة المسرح الداخلي وللمجمع حديقة تقع في أمامه وتعرف بحديقة النخيل.

2-5-4 القاعة الرئاسية لقاعة الصداقة

إختار الباحث كتفصيل صوتى القاعة الرئاسية الخاصة بالمؤتمرات والإجتماعات (القاعة الرئاسية) ، ويرجع سبب إختيار هذه القاعة الى مدى أهميتها ضمن القاعات الموجودة وأيضا لما بها من تجهيزات صوتية ضخمة نفذت حديثا.

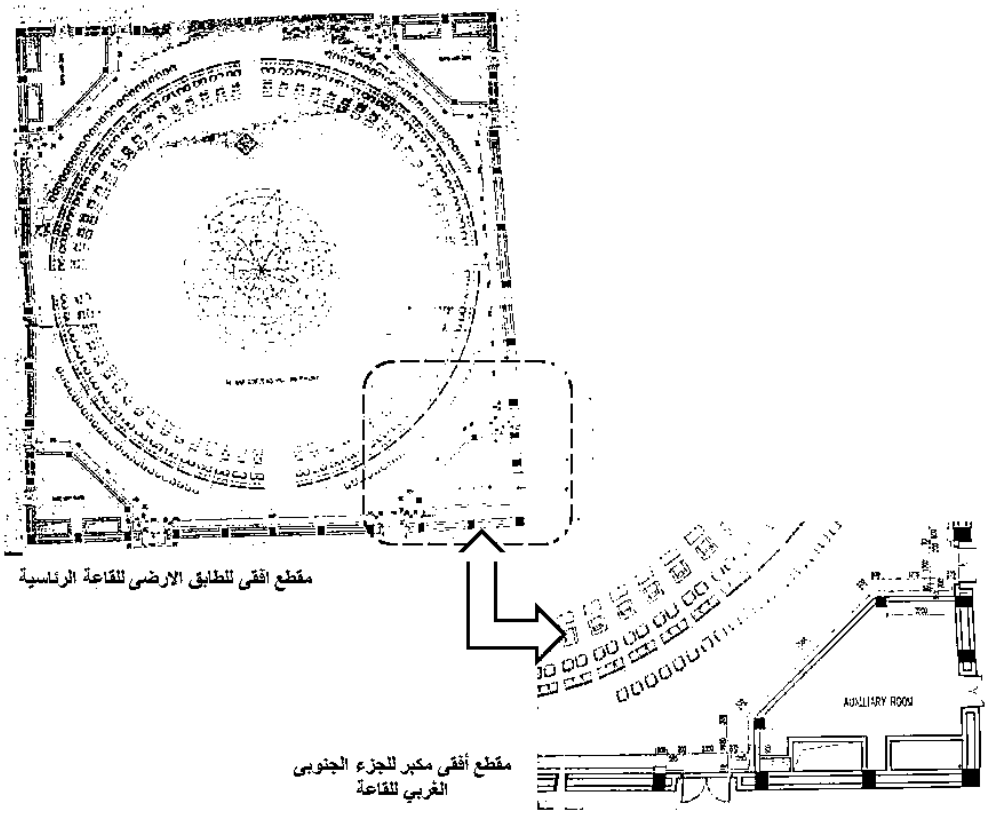
3-5-4 وصف القاعة الرئاسية لقاعة الصداقة

1. الموقع : تقع شرق المبنى العام لقاعة الصداقة و تتميز بإنشائها الفريد وإطلالتها المميزة.
2. مساحتها : تبلغ مساحتها 1349.3 متر مربع.
3. سعة القاعة : تسع لأكثر من 2000 مقعد وهى قاعة متعددة الأغراض .
4. ملحقاتها : ملحقة بمخازن وغرف للترجمة وضبط الصوت خاصة بها ، ومشتركه في خدمات الجمهور مع قاعات أخرى مجاورة لها .صورة رقم (6-9)/ (6-10) مدخل القاعة الرئاسية وصالة الطعام.

صورة رقم (4-9)/ (4-10) مدخل القاعة الرئاسية وصالة الطعام

المصدر : الباحث

5. الشكل العام للقاعة: هى ذات مسقط مربع استخدمت الاركان كمخازن للقاعة لتصبح المساحة الخاصة بالمستمعين ثمانية المسقط . إنظر الشكل (4-5)



شكل رقم (4-5) مسقط افقى لمبنى القاعة الرئاسية

المصدر : الادارة الهندسية لقاعة الصداقة

4-5-4 وصف تشطيب القاعة الرئاسية

(أ) الجدران

إنظر الجدول (4-6) مقسمة الجدران الى عدة أجزاء كل جزء منها مشطب بنوع مختلف عن الآخر.

جدول (4-6) مكونات الجدران الداخلية للقاعة الرئاسية :

نوع الجدران	المساحة م^2
1) الجدار الخلفى :	
خشب رقاقى مضغوط عاكس للصوت	79.6
الواح من الشبك مغلف لمادة ليفية ماصة للصوت	6
الالواح الخشبية على شكل عرضى (فراغات رنانة)	68
الواح من القماش	106
ألواح من الموكيت الجدارى	14
2)الجدران الجانبية :	
خشب رقائقى مضغوط عاكس للصوت	195.8
الواح من القماش	79.2
الالواح الخشبية على شكل عرضى (فراغات رنانة)	16

ألوح من الزجاج المزدوج	30
ألواح من الموكيت الجدارى	75
3) الجدران الأمامية :	
خشب رقائقى مضغوط عاكس للصوت	80
الواح من القماش	30.9
خشب منقوش مطلى باللون الذهبي	39
الواح من الشبك مغلف لمادة ليفية ماصة للصوت	4.9

المصدر : الباحث

ملاحظة : خرط الواجهات الداخلية للحوائط ملحق (2)

(ب) السقف : ألواح من الجبص منقوش ومقسم لى أجزاء

(ج) الأبواب : عدد 6 ابواب رئيسية بأبعاد 2.40 * 2.00 ، و 4 أبواب فرعية بأبعاد 2.40 * 1.80

(د) خشبة المسرح : مساحة 81 متر مربع خشبة اساسية ، و 24 متر مربع خشبتين ثانويتين إنظر الصورة (4-19)

(ه) شاشات : شاشات بلازما عدد 2 (1.8 طول *1.2 ارتفاع).

صورة رقم (4-11)/ (4-12) شكل القاعة من الداخل ويظهر فيها الحوائط الجانبية وشكل التشطيب العام لها ويظهر توزيع الكراسي

صورة رقم (4-13)/ (4-14) التشطيب الداخلى للقاعة يظهر تشطيب الموكيت والالواح الخشبية على شكل عرضى مكونة فراغات رنانة على جانبي لامتصاص اكبر كمية من الصوت على جميع انواع ترددداته ويظهر أيضا القماش من الجلد الصناعى

صورة رقم (4-15) باب القاعة من الخارج

صورة رقم (4-16) المداخل الرئيسية للقاعة من الداخل

صورة رقم (4-17) تشطيب الحوائط الجانبية الواح من الشبك مغلف لمادة ليفية ماصة للصوت

صورة رقم (4-18) شكل التشطيب الحائط الامامى خشب منقوش مطلى باللون الذهبي

صورة رقم (4-19) شكل المنصة الامامية ويبدو توع تشطيبها بالخشب العرضى كفراغات رنانة ماصة للصوت

المصدر : الباحث

صورة رقم (4-20) شكل القماش بمواصفات الجلد الصناعى المستخدم لخواص إمتصاص الصوت

(و) السقف : مغطى بالواح من الجبس على شكل ثمانيات شبه مستو ومعلق على فجوات هوائية ، توجد نجفه مضيئة تحتل وسط القاعة دائرية الشكل بقطر 3 متر.

إنظر الصورة (4-21).

(ز) الارضية: ارضية خرسانية مكسوة بالموكيت.

(ح) المقاعد : مكونة من عدد 800 مقعد نصف تنجيد ونصف خشبية، ولكن يمكن زيادتها لتصل حتى 2000 مقعد .

إنظر الصورة (4-22)

(ط) مكبرات الصوت الالكترونية : توجد على سقف القاعة في الوسط 8 مكبرات صوت و 2 في الجزء الامامى من القاعة وهى متصلة بغرف التحكم.

صورة رقم (4-21) شكل السقف وتظهر ثمانيات الجبس

صورة رقم (4-22) شكل المقاعد ذات اللون الابيض

6-4 التحليل الصوتى لقاعة الصداقة

في هذا الجزء سيتم دراسة وتحليل القاعة صوتيا وذلك عن طريق حساب زمن الارتداد للأصوات وذلك باستخدام معادلة سابين ، ومقارنتها بزمن الارتداد المطلوب ، حتى نتجنب ظاهرة حدوث الصدى وعدم وضوح الحديث ، فإذا كان زمن الارتداد أكبر من زمن الارتداد الأمثل تحدث هذه الظاهرة حيث سيتم الحساب على ضوء المواد المستعملة في تشطيب القاعة من ناحية إمتصاصها للصوت (حسب معاملات الامتصاص لكل مادة) في الترددات الدنيا والمتوسطة والعليا (125 ، 500 ، 2000 ، 4000) ، وتسع القاعة 2000 مستمع ، وذلك حسب خطوات التحليل الصوتى التى ذكرناها سابقا . وذلك رياضيا كالتالى :

1-6-4 حساب الحجم الأمثل للشخص داخل القاعة

حسب الجدول (3-1) في الفصل السابق (3-2-1/ حجم القاعة) فإن الحجم الأمثل للشخص عند قاعات المؤتمرات 2.9 م^3/فرد

وحجم القاعة الرئاسية للصداقة = 9445.1 م^3

حجم الفراغ للشخص الواحد في الفراغ = (2.3= 9445.1/4000) = 2.3 م^3

وبمقارنة النتيجة أعلاه بالجدول السابق رقم (3-1) فاننا بحاجة لعمل مواد ماصة للقاعة.

2-6-4 مساحات المواد المستعملة في تشطيب القاعة ومعاملات الإمتصاص لحساب زمن الامتصاص موضحة في الجدول التالى رقم (4-7)

جدول رقم (4-7) مواد تشطيب القاعة الرئاسية ومساحتها ومعاملات الإمتصاص

البنـــــد	مساحة السطح	معاملات الإمتصاص			
		تردد ادنى	تردد متوسط	تردد أعلى	
		125	500	2000	4000
الواح جبسية 13 ملم فوق فاصل هوائي كبير	1349.3	0.02	0.02	0.05	0.05
خشب رقاقى مضغوط عاكس للصوت	355.4	0.4	0.2	0.1	0.05
الواح من الشبك معدنى خلف الياف زجاجية ماصة للصوت	10.9	0.1	0.6	0.8	0.8
الالواح الخشبية على شكل عرضى (ئضفراغات رنانة)	84	0.3	0.15	0.1	0.05
قماش وسط عمودية على مسافة قريبة من الحائط	204	0.55	0.25	0.30	0.50
ألواح من الموكيت الجدارى	30	0.05	0.15	0.25	0.30
موكيت متوسط على أرضية مصمته (ناقصا الغطاء 50%)	1349.3	0.10	0.30	0.50	0.60
موكيت متوسط على أرضية خشبية مجوفة	105	0.20	0.30	0.50	0.60
باب خشب	46.28	0.28	0.17	0.10	_
مستمعين على مقاعد منجدة تنجيد كامل	2000	0.19	0.47	0.15	0.47
الهواء (لكل متر مكعب)	9445.1	-	-	0.007	0.002

المصدر : الباحث

ملاحظة : قيم معاملات الامتصاص الملحق (1)

3-6-4 حساب زمن الارتداد الفعلى للقاعة

وكما ذكرنا انه لحساب زمن التردد الفعلى وفق معادلة سابين :

$$R.T = (0.16 \times V)/A$$

R.T= زمن الارتداد بالثواني

V = الحجم الداخلي للقاعة (م ^{3}) = 9445.1 A= مساحة الامتصاص بالامتار المربعه

حساب زمن الارتداد الامثل للقاعة :

$$t = 4*\{0.012* (V)^{1/3}+ 0.1070\}$$

$$t = 4*(0.012 * 21.1 + 0.1070) \quad = 1.01 \text{ sec}$$

الجداول التالية (4-8) ، (4-9) ، (4-10) ، (4-11) توضـــح الإمتصـــاص الكلى عند الترددات المنخفضـــة 125 والمتوســـطة 500 والعالية 2000،4000 . وذلك لحســـاب كمية الإمتصاص اللازمة للإضافة أو النقصان .

(أ) جدول رقم (4-8) الامتصاص الكلى عند التردد 125 هيرتز

البـــــــند	مساحة السطح م ^{2}	معامل الإمتصاص	مساحة الإمتصاص
الواح جبسية 13 ملم فوق فاصل هوائي كبير	1349.3	0.02	26.986
خشب رقاقى مضغوط عاكس للصوت	355.4	0.4	142.16
الواح من الشبك معدنى خلف الياف زجاجية ماصة للصوت	10.9	0.1	1.09
الالواح الخشبية على شكل عرضى (فراغات رنانة)	84	0.3	25.2
قماش وسط عمودية على مسافة قريبة من الحائط	204	0.55	112.2
ألواح من الموكيت الجدارى	30	0.05	1.5
موكيت متوسط على أرضية مصمته (ناقصا الغطاء 50%)	1349.3	0.10	67.5
موكيت متوسط على أرضية خشبية مجوفة	105	0.20	21
باب خشب	46.28	0.28	12.9584
مستمعين على مقاعد منجدة تنجيد كامل	2000	0.19	380
الهواء (لكل متر مكعب)	9445.1	-	-
الامتصاص الكلي			1398

المصدر : الباحث

حساب زمن التردد الفعلى وفق معادلة سابين عند 125 هيرتز:

R.T = (0.16 * 9445.1) / 1398

R.T = <u>1.08 sec</u>

حساب زمن الارتداد الامثل عند 125 هيرتز :

عمل زيادة 40% عند التردد 125هرتز وبهذا يكون زمن الارتداد الامثل عند125= <u>sec1.41</u>

حساب كمية الامتصاص عند 125هيرتز : A= 0.16 v

A = 0.16 * 9445.1 / 1.41 = 1071

وبالتالى تكون كمية الامتصاص اللازمة لزيادتها عند تردد 125هيرتز= 1398 -1071

= 327 مترمربعا

(ب) جدول رقم (4-9) الامتصاص الكلى عند التردد 500 هيرتز

البـــــــند	مساحة السطح م ^{2}	معامل الإمتصاص	مساحة الإمتصاص
الواح جبسية 13 ملم فوق فاصل هوائي كبير	1349.3	0.02	26.986
خشب رقاقى مضغوط عاكس للصوت	355.4	0.2	71.08
الواح من الشبك معدنى خلف الياف زجاجية ماصة للصوت	10.9	0.6	6.54
الالواح الخشبية على شكل عرضى (فراغات رنانة)	84	0.15	12.6
قماش وسط عمودية على مسافة قريبة من الحائط	204	0.25	51
ألواح من الموكيت الجدارى	30	0.15	4.5
موكيت متوسط على أرضية مصمته (ناقصا الغطاء 50%)	1349.3	0.30	202.395
موكيت متوسط على أرضية خشبية مجوفة	105	0.30	31.5
باب خشب	46.28	0.17	7.8676
مستمعين على مقاعد منجدة تنجيد كامل	2000	0.47	940
الهواء (لكل متر مكعب)	9445.1	-	
الامتصاص الكلي			1354

المصدر : الباحث

حساب زمن التردد الفعلى وفق معادلة سابين عند 500 هيرتز:

R.T = (0.16 * 9445.1) / 1354

R.T = 1.11 sec

حساب زمن الارتداد الامثل عند 500 هيرتز : Sec 1.01

حساب كمية الامتصاص عند 500 هيرتز :

A= 0.16 v / t

A= 0.16 * 9445.1 / 1.01 = 1496.2

وبالتالى تكون كمية الامتصاص اللازمة لزيادتها عند تردد 500هيرتز= 1496.2 – 1384 =142.2 مترمربعا

(ج) جدول رقم (4-10) الامتصاص الكلى عند التردد 2000 هيرتز

البـــــــند	مساحة السطح م ^{2}	معامل الإمتصاص	مساحة الإمتصاص
الواح جبسية 13 ملم فوق فاصل هوائي كبير	1349.3	0.05	67.465
خشب رقاقى مضغوط عاكس للصوت	355.4	0.1	35.54
الواح من الشبك معدنى خلف الياف زجاجية ماصة للصوت	10.9	0.8	8.72
الالواح الخشبية على شكل عرضى (فراغات رنانة)	84	0.1	8.4
قماش وسط عمودية على مسافة قريبة من الحائط	204	0.30	61.2
ألواح من الموكيت الجدارى	30	0.25	7.5
موكيت متوسط على أرضية مصمته (ناقصا الغطاء 50%)	1349.3	0.50	337.3
موكيت متوسط على أرضية خشبية مجوفة	105	0.50	52.5
باب خشب	46.28	0.10	4.628
مستمعين على مقاعد منجدة تنجيد كامل	2000	0.15	300
الهواء (لكل متر مكعب)	9445.1	0.007	66.1157
الامتصاص الكلي			949

المصدر : الباحث

حساب زمن التردد الفعلى وفق معادلة سابين عند 2000 هيرتز:

R.T = (0.16 * 9445.1) / 949

R.T = 1.6 sec

حساب زمن الارتداد الامثل عند 2000 هيرتز : Sec 1.01

حساب كمية الامتصاص عند 2000 هيرتز :

A= 0.16 v / t

A= 0.16 * 9445.1 / 1.01 = 1496.2

وبالتالى تكون كمية الامتصاص اللازمة لزيادتها عند تردد 2000هيرتز = 1496.2 – 949

= 547 مترمربعا

(د) جدول رقم (4-11) الامتصاص الكلى عند التردد 4000 هيرتز

البـــــــند	مساحة السطح م ^{2}	معامل الإمتصاص	مساحة الإمتصاص
الواح جبسية 13 ملم فوق فاصل هوائي كبير	1349.3	0.05	67.465
خشب رقاقى مضغوط عاكس للصوت	355.4	0.05	17.77
الواح من الشبك معدنى خلف الياف زجاجية ماصة للصوت	10.9	0.8	8.72
الالواح الخشبية على شكل عرضى (فراغات رنانة)	84	0.05	4.2
قماش وسط عمودية على مسافة قريبة من الحائط	204	0.50	102
ألواح من الموكيت الجدارى	30	0.30	9
موكيت متوسط على أرضية مصمته (ناقصا الغطاء 50%)	1349.3	0.60	404.7
موكيت متوسط على أرضية خشبية مجوفة	105	0.60	63
باب خشب	46.28	_	-
مستمعين على مقاعد منجدة تنجيد كامل	2000	0.47	940
الهواء (لكل متر مكعب)	9445.1	0.002	18.8902
الامتصاص الكلي			1635.8

المصدر : الباحث

حساب زمن التردد الفعلى وفق معادلة سابين عند 4000 هيرتز:

R.T = (0.16 * 9445.1) / 1635.8

R.T =0.92 sec

حساب زمن الارتداد الامثل عند 4000 هيرتز : Sec 1.01

حساب كمية الامتصاص عند 4000 هيرتز :

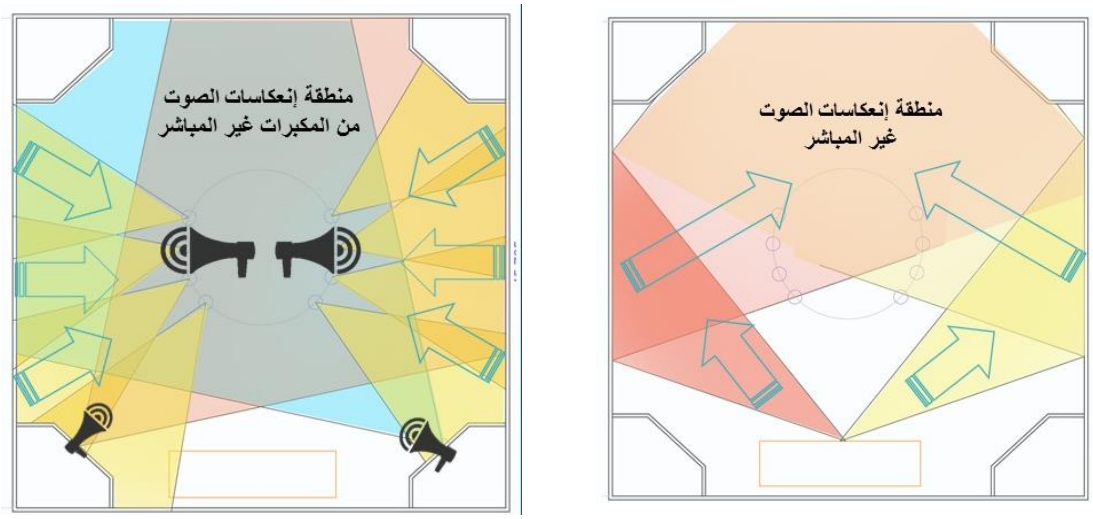
A= 0.16 v / t

A= 0.16 * 9445.1 / 1.01 = 1496.2

وبالتالى تكون كمية الامتصاص اللازمة لزيادتها عند تردد 4000هيرتز= 1496.2–1636 = 140 مترمربعا

4-6-4 دراسة الشكل الداخلى لحوائط القاعة

دراسة انعكاسات الصوت الداخلية للقاعة حسب المسقط لأفقى انظر الشكل (4-6) والذى يوضح كيفية النعكاس للصوت من خلال الصوت المباشر ومكبرات الصوت الموزعة داخل القاعة في الوسط والحوائط الجانبية كما ذكرنا سابقا.



شكل رقم (4-6) دراسة التشكيل الداخلى للقاعة الرئاسية

المصدر : الباحث

4-7 الخلاصات

- تتوفر المتطلبات الصوتية لحالة الدراسة من ناحية الحجم للقاعة 9445.1 م ^{3} حيث يقع ضمن الحجم الامثل المسموح به للقاعات الكلامية متوسطة .
- شكل القاعة من الاشكال المنتظمة – المضلع الثمانى – ذو الاضلاع المتوازية والذى يعطى الكثير من الانعكاسات قد تكون متكررة تنتج الصدى اذا ما عولجت بالكثير من المواد الماصة للصوت .
- نسبة طول الى عرض الى ارتفاع القاعة هو 6.4:6.4:1
- من خلال الدراسة فان زمن الارتداد الصوتى للقاعة يقع ضمن من الترددات الجيدة والمسموح بها للقاعات الكلامية 1.01 تانية.
- ومن الملاحظ النقصان الكبير في مساحة الامتصاص عند مقارنته مع كمية الامتصاص المثلى :

1. الترددات الدنيا نجد أن كمية الامتصاص اللازمة لزيادتها عند تردد 125هيرتز= **327** مترمربعا
2. الترددات المتوسطة نجد أن كمية الامتصاص اللازمة لزيادتها عند تردد 500هيرتز= **142.2** مترمربعا
3. الترددات العليا 2000 – 4000 نجد أن كمية الامتصاص اللازمة لزيادتها= **547** مترمربعا - **140** مترمربعا على التوالى

- من النتيجة التى تم الحصـــول عليها فإن كمية المواد الماصـــة للصـــوت غير كافية تماما وتحتاج الى زيادة في مساحات الامتصاص ، ويرجع السبب في ذلك الى استخدام كميات كبيرة جدا من الخشب المضغوط والالواح الخشبية العاكسة للصوت .
- بعد دراســة المســقط الأفقى لقاعة الصــداقة الرئاســية فإن الجزء الخلفى للقاعة ظهر فيه بوضـوح منطقة الإرتداد للصـوت من خلال الانعكاسـات الغير مباشـرة . أما عند دراسـة مكبرات الصـوت الموجودة في غير موزعة توزيع منظم وتحتل وسـط القاعة متجهه الى الحوائط الجانبية القاعة ، مع الانعكاســات الكبيرة للحوائط أدى الى صــدى ملحوظ على القاعة وتأخر للصوت .
- من مميزات القاعة وجود سـقف مسـتعار من الألواح الجبصـية على القاعة ذات التشـكيل المضـلع يجعل الصـوت متشـتت وكثير الإنعكاسـات لجميع الاتجاهات ولكن لم تسـتغل هذه الميزة بالصورة المطلوبة بالتوجيه الامثل .
- التعديل المسـتمر لمواد تشـطيب القاعة نتيجة الصـيانة المتكررة وغير المدروسـة لأسـس الصـوتيات تجعل من القاعة بيئة مناسـبة لوجود الصـدى المتعدد و ظاهرة الإنعكاسـات المتكررة.

الفصل السابع

الخلاصات والتوصيات

1-7 مقدمة

بعد التحليل و الدراسة والنتائج حسب ما ذكر في الفصول السابقة تم الوصول الى أهم الخلاصات وخاصة الفصل السادس، وفضلا على ذلك يقوم الفصل بالتوصيات عن كل خلاصة توصل اليها البحث ، كما يقوم الفصل بتوصيات بشأن البحوث والدراسات المستقبلية المقترحة .

2-7 الخلاصات

1. يعد تصميم التشكيل الداخلى لقاعات الحديث - محور الدراسة – وفق الوظيفة والاستخدام ، ووفق الأثر الصوتى المطلوب داخل هذه القاعة . ويمكن الوصول الى الأثر الصوتى الأمثل بسهولة من خلال توجيه كل هذه العوامل بكفاءة.

2. تنقسم قاعات الإستماع من حيث طبيعة المصدر الصوتى الى قاعات الحديث و قاعات الاستماع والموسيقى و قاعات الاستماع التى تضم أكثر من نوع من المصادر الصوتية (دور الأوبرا) وأكثر من إستعمال (القاعات المتعددة الأغراض)

3. أن درجة فهم الكلام في القاعات الحديث (قاعة المؤتمرات) تكون أفضل عندما يكون زمن التردد الصوتي فيها ملائماً مما يترتب عليه ضمان الحجم الملائم للقاعة وتحديد أماكن الانعكاس والامتصاص بالقاعة.

4. يتراوح المجال الترادى لفاعلية الحديث بين 100-10000 هيرتز لغرض تحقيق درجة فهم جيدة في القاعات السمعية.

5. يتراوح زمن التردد الأمثل في قاعات الحديث بين (1.0 – 0.6 ثانية) .

6. إن شكل القاعة الداخلى ومكوناتها يؤثران تأثيرا كبيرا على جودة الصوت داخلها.

7. لابد من مراعاة المسافة المثلى والمناسبة بين المصدر والمستمع أقصاها 30 متر وأقلاها 15 متر كأفضل ظروف إستماع ، وإن اللجوء الى المصادر الخاصة لتكبير الصوت يكون بعد دراسة لوضعيتها وكيفية توزيعها على القاعة بمراعاة الانعكاسات المتاخرة والمبكرة للصوت .

8. ويفضل معظم المعماريين بعض الأشكال الخاصة بالتصميم الصوتى لمميزاتها الحجمية (مثل الشكل المروحى) ، ولكن لا يوجد محدد واضح يوكد مدى تمييز شكل عن آخر، ولكن بالسلوك الصوتى المدروس جيدا والإختيار الأمثل لمواد ومناطق الإمتصاص والإنعكاس.

9. في الخرطوم ، ومن واقع تجربة الباحث العلمية لأكبر قاعات الإستماع على الولاية ، فإن معظم قاعات الاستماع (حديث ، مسارح ،موسيقى، اجتماعات ، مؤتمرات... الخ) لايتم عمل التصميم الصوتى لها ، وينصب كل الإهتمام على التكلفة والمظهر المعمارى فقط.

10. يرجع احد الأسباب لما ذكرنا في (3) هو عدم توفر المواد الخاصة بتشطيب القاعات على الأسواق المحلية الموجودة بالخرطوم وعدم وجود مصانع أو شركات مختصة لذلك مما يجعل أسعارها باهظة الثمن مما تؤثر على تكلفة المشروع.

11. يلاحظ أيضا من خلال دراسة الباحث الميدانية قلة وجود أخصائيين في هذا المجال (صوتيات العمارة) وأن غالبية التصاميم المنفذة كانت لشركات متخصصة من خارج القطر.

12. تعد المعايير الصوتية المعتمدة على المعادلات الرياضية المتقدمة أسلوبا فعالا لتصميم كفاءة الأداء الصوتى والوظيفى وتعتبر وسيلة ناجحة لإخيار وإختبار المواد اللازمة والمناسبة للتشطيب.

13. ليس من الضرورى إستخدام عواكس إضافية أو مواد ماصة حديثة أو معقدة للوصول الى أمثل أداء صوتى ولكن يلعب التصميم المعمارى المدروس وفقا لإعتبارات الصوتيات دورا كبيرا في ذلك.

14. يعتبرمجمع قاعة الصداقة من أهم مبانى القاعات بولاية الخرطوم ويعد موقعها متميزا لكونه في منطقة خاليا نسبيا من الضوضاء الذى قد يؤثر على كفاءة الصوتيات بداخلها.

15. المواد المختارة في تشطيب القاعة تم إختبارها حسابيا ، وقد نتج عن ذلك ظهور العيوب الصوتية الملحوظة مقارنة مع وظيفتها ، ويرجع ذلك للتغيير المتواصل والصيانات التى اقيمت لها بمراعاه شكلها الداخلى والاقتصاد.

16. تتوفر المتطلبات الصوتية للقاعة الرئاسية من ناحية الحجم للقاعة 9445.1 م ^{3} حيث يقع ضمن الحجم الامثل المسموح به للقاعات الكلامية متوسطة .

17. زمن الارتداد الصوتى الأمثل للقاعة الرئاسية يقع ضمن من الترددات الجيدة والمسموح بها للقاعات الكلامية 1.01 تانية.

18. تمتاز مواد تشطيب القاعة الرئاسية بالمرونة وإمكانية تبديلها بمواد أخرى ، وهذا ما جعل تبديل المواد المستخدمة سهلا ، وقد تم فعليا التبديل للمواد المستخدمة (مادة القماش الماص على الحوائط) بمواد أخرى أقل فاعلية للإمتصاص (مادة الجلد الصناعى). مما أدى الى نقصان المواد الماصة داخل القاعة مقارنة بالمساحة القياسية للمواد الماصة لقاعات الحديث.

19. من خلال النتيجة التى تم الحصول عليها فإن كمية المواد الماصة للصوت غير كافية تماما وتحتاج الى زيادة في مساحات الامتصاص ، ويرجع السبب في ذلك الى استخدام كميات كبيرة جدا من الخشب المضغوط والالواح الخشبية العاكسة للصوت (ففى الترددات الدنيا نجد أن كمية الامتصاص اللازمة لزيادتها عند تردد 125هيرتز= **327** مترمربعا، **142.2** مترمربعا في الترددات المتوسطة، 547 مترمربعا، 140 مترمربعا في الترددات العالية) .

20. من مميزات القاعة وجود سقف مستعار من الألواح الجبصية على القاعة ذات التشكيل المضلع يجعل الصوت متشتت وكثير الإنعكاسات لجميع الاتجاهات ولكن لم تستغل هذه الميزة بالصورة المطلوبة بالتوجيه الامثل .

3-7 التوصيات

إن الترابط بين عملية التصميم المعمارى والتصميم الصوتى لعناصر القاعة هو أساس للوصول الى أداء صوتى أمثل وهنا تظهر أهمية التصميمات الصوتية بداية من إختيار أبعاد الفراغات المعمارية، وصولا لإختيار مواد التشطيب الداخلى للوصول لأفضل أداء صوتى. ومن خلال هذه التوصيات العامة وعلى مستوى حالة الدراسة والبحوث في هذا المجال يمكن حصرها في النقاط التالية.

1-2-7 توصيات عامة

(أ) يفضل عند تصميم قاعات الحديث إختيار الأشكال المنتظمة ذات الأثر الفعال في انتشار الصوت بصورة منتظمة .
(ب) يجب أن تكون مرونة في التصميم لأى إحتمالات مطلوبة خلال فترة التشغيل . وهذا هو الأساس في السيطرة على تصميم القاعات الكلامية ذات الإستخدام المتعدد.
(ج) عمل دورات تدريبية للفنيين والعمال على طرق كيفية تركيب المواد المتعلقة بالتصميم الصوتى ، لأن التركيب الخاطئ لها يؤدى للإقلال من كفاءة الأداء الصوتى بالرغم من توفر التصميم الجيد لها.
(د) ضرورة إطلاع المهندسين في هذا المجال على ماهو جديد من منتجات في السوق المحلى والعالمي وذلك عن طريق النشرات والزيارات الدورية للشركات والمصانع المختصة بهذا المجال.
(ه) تشجيع الدولة لمثل هذه الصناعات وفتح باب الإستثمار فيها ومنح التسهيلات الجمركية للإستيراد والتصدير للمواد الخام والمنتجة.
(و) ضرورة وضع لوائح خاصة بالتصميم الصوتى وتضمينها للوائح تصديق الخرط لدى وزارة التخطيط العمرانى، لضمان كفاءة الأداء الصوتى داخل الفراغ.
(ز) وضع معايير خاصة لنظام تكبير الصوت لضمان التوزيع الأمثل لها.

2-2-7 توصيات خاصة بحالة الدراسة

(أ) وجوب اعادة التصميم الصوتى والتدقيق في اختيار مواد التشطيب المناسبة للقاعة وفق المعايير لضمان حسن ادائها للوظيفة الصوتية. ويمكن تبديل مادة الجلد الصناعى المغلف لجزء من الحوائط الجانبية بمواد أكثر إمتصاصا للصوت.
(ب) ويمكن أيضا استخدام التقنيات الجديدة في الصوت ومواد البناء الحديثة مثل المواص المتغيرة وذلك لتكييف استخدام القاعة الصوتى المتعدد مع مرونة التشطيب .
(ج) التوزيع الجيد لمكبرات الصوت داخل القاعة بطريقة مدروسة لتفادى منطقة ارتدادات الصوت في الجزء الخلفى للقاعة.

3-2-7 توصيات خاصة بالبحوث والدراسات المستقبلة

(أ) دراسات توضح لوائح وقوانين التصميم الصوتى للقاعات ، للوصول لتوصيات خاصة بقوانين وزارة التخطيط للتصميم الصوتى الأمثل.
(ب) دراسات عن مواد البناء المحلية (السعف ، والوبر ،والطين ... الخ) وإستخدامها كمواد صوتية داخل القاعات ، وذلك لأهمية ذلك على الأقتصاد والنواحى البيئية والجمالية المؤكدة على التراث السودانى.

المراجع

1. مجلة الأنبار للعلوم الهندسية، 2008 ، دراسة بعض المتغيرات الأساسية للقاعات الكلامية لتحديد كفاءة الأداء الصوتى ، المجلد (1) ، العدد (2) .
2. الخطيب ، أحمد ، 2002 ، الصوتيات المعمارية – النظرية والتطبيق ، مكتبة أنجلو المصرية.
3. حسن، سعود صادق ، 2007 ، الإضاءة والصوتيات في العمارة ، جامعة الملك سعود، المملكة العربية السعودية.
4. صفاء الدين حسين ، رضاب أحمد محمود ، 2013 ، أثر التقانة المعلوماتية في توفير الراحة الصوتية في قاعات المعارض بإستخدام برنامج Ecotect .
5. عثمان،أسامة عثمان عبدالرحيم، 2015 ، تقويم البيئة السمعية في قاعة المحاضرات بالخرطوم، بحث غير منشور ،جامعة السودان للعلوم والتكنلوجيا.

6. F. Alton Everest, 2001, **The Master Handbookof Acoustics,** Fourth Edition, The McGraw-Hill Companies, Inc.
7. Joseph De Chiara & Michael J. Crosbie , 2001, **Time Saver Standards For Building Types**, Fourth Edition - International Edition, Mc Graw Hill Book.
8. Judith Strong, 2010, **Theatre Buildings A Design Guide,** Association Of British Theatre Technicians.
9. K.B.Ginn.M.Sc, 1978, **Architectural Acoustics ,** 2nd Edition 1st Print.
10. Ian Appleton**, 2008, Buildings For The Performing Arts** ,A Design And Development Guide, Second Edition , Elsevier Limited, Architectural Press Is An Imprint Of Elsevier Ltd .
11. Leslie L. Doelle B**,** 1964, **Acoustics In Architectural Design** (An Annotated Bibliography On Architectural Acoustics).
12. Peter Exton, 2011 , **the Room Acoustic Design Of The Guangzhou Opera House,** Proceedings Of The Institute Of Acoustics, Vol. 33. Pt.2
13. Steven Szokolay , 2004, **Introduction To Architectural Science,** The Basis Of Sustainable Design, Library Of Congress, First Published.
14. Alban Bassuet, 2010, Proceedings Of 20th International Congress On Acoustics, The Acoustical Design Of The New National Opera House Of Greece, ICA.
15. Barron, Michael, 2010, Auditorium Acousticsand Architectural Design. 2nd Edition.
16. David Egan ,1988, Preferred Ranges Of Reverberation Time At Mid-Frequency.Source:, Architectural Acoustics ,Newyork: Mcgraw-Hill, Inc.

17. Peter Exton, 2011, Proceedings of the Institute Of Acoustics, the Room Acoustic Design of the Guangzhou Opera House, Vol. 33. Pt.2.

18. https:// ar.wikipedia.org , 6/ 8/2016,12:15 am .

19. https://en.wikipedia.org/wiki/Theatre_of_ancient_Rome, 30/9/2016 ,21:07 pm.

20. https://www.google.com/imgres, 30/9/2016, 21:15pm.

21. httpwww.slideshare.netmominzakiauditorium-acoustics, 7/10/2016, 20:10pm

الملاحق

ملحق (1) معاملات الإمتصاص لبعض مواد البناء لمختلف الترددات

Material	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	Reference (Chapter)
POROUS TYPE							
Drapes: cotton 14 oz/sq yd							
draped to 7/8 area	0.03	0.12	0.15	0.27	0.37	0.42	Mankovsky, ref 9-4
draped to 3/4 area	0.04	0.23	0.40	0.57	0.53	0.40	Mankovsky, ref 9-4
draped to 1/2 area	0.07	0.37	0.49	0.81	0.65	0.54	Mankovsky, ref 9-4
Drapes: medium velour, 14 oz/sq yd							
draped to 1/2 area	0.07	0.31	0.49	0.75	0.70	0.60	Mankovsky, ref 9-4
Drapes: heavy velour, 18 oz/sq yd							
draped to 1/2 area	0.14	0.35	0.55	0.72	0.70	0.65	Compendium, ref 9-1
Carpet: heavy on concrete	0.02	0.06	0.14	0.37	0.60	0.65	Compendium, ref 9-1
Carpet: heavy on 40 oz hair felt	0.08	0.24	0.57	0.69	0.71	0.73	Compendium, ref 9-1
Carpet: heavy with latex backing on foam or 40 oz hair felt	0.08	0.27	0.39	0.34	0.48	0.63	Compendium, ref 9-1
Carpet: indoor/ outdoor	0.01	0.05	0.10	0.20	0.45	0.65	Seikman, ref 9-17
Acoustical tile, ave, 1/2" thick	0.07	0.21	0.66	0.75	0.62	0.49	—
Acoustical tile, ave, 3/4" thick	0.09	0.28	0.78	0.84	0.73	0.64	—

Material	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	Reference (Chapter)
MISC. BUILDING MATERIALS							
Concrete block, coarse	0.36	0.44	0.31	0.29	0.39	0.25	Compendium, ref 9-1
Concrete block, painted	0.10	0.05	0.06	0.07	0.09	0.08	Compendium, ref 9-1
Concrete floor	0.01	0.01	0.015	0.02	0.02	0.02	Compendium, ref 9-1
Floor: linoleum, Asphalt-tile, or cork tile on concrete	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	Compendium, ref 9-1
Floor: wood	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07	Compendium, ref 9-1
Glass: large panes, heavy glass	0.18	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02	Compendium, ref 9-1
Glass, ordinary window	0.35	0.25	0.18	0.12	0.07	0.04	Compendium, ref 9-1
Drop Ceiling							
Owens-Corning Frescor, painted, 5/8" thick, Mounting 7	0.69	0.86	0.68	0.87	0.90	0.81	Compendium, ref 9-1
Plaster, gypsum or lime, smooth finish on tile or brick	0.013	0.015	0.02	0.03	0.04	0.05	Compendium, ref 9-1
Plaster: gypsum or lime, smooth finish on lath	0.14	0.10	0.06	0.05	0.04	0.03	Compendium, ref 9-1
Gypsum board: 1/2" on 2 x 4s, 16" on centers	0.29	0.10	0.05	0.04	0.07	0.09	Compendium, ref 9-1

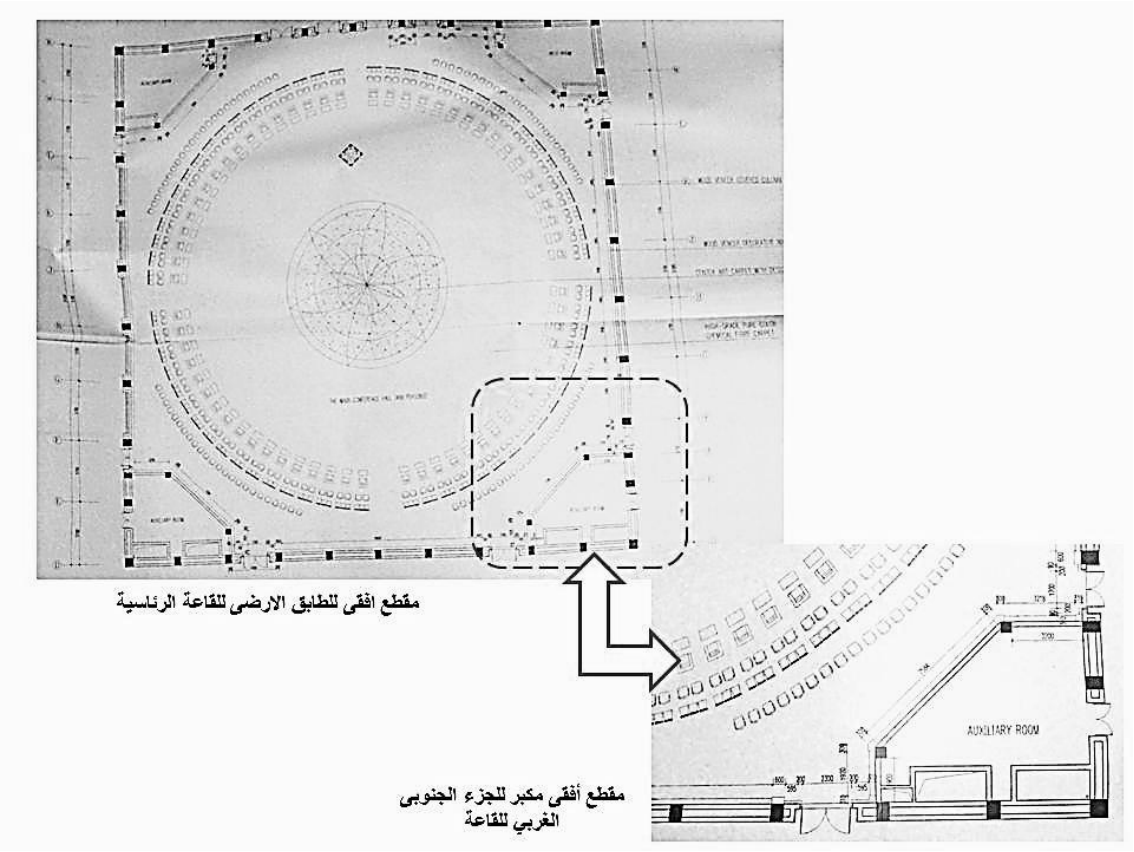
RESONANT ABSORBERS							
Plywood panel: 3/8" thick	0.28	0.22	0.17	0.09	0.10	0.11	Compendium, ref 9-1
Polycylindrical:							
chord 45" height 16" empty	0.41	0.40	0.33	0.25	0.20	0.22	Mankovsky, ref 9-4
chord 35" height 12" empty	0.37	0.35	0.32	0.28	0.22	0.22	Mankovsky, ref 9-4
chord 28" height 10"empty	0.32	0.35	0.3	0.25	0.2	0.23	Mankovsky, ref 9-4
chord 28" height 10" filled	0.35	0.5	0.38	0.3	0.22	0.18	Mankovsky, ref 9-4

RESONANT ABSORBERS							
Polycylindrical *(Continued)*:							
chord 20" height 8" empty	0.25	0.3	0.33	0.22	0.2	0.21	Mankovsky, ref 9-4
chord 20" height 8" filled	0.3	0.42	0.35	0.23	0.19	0.2	Mankovsky, ref 9-4
Perforated Panel							
5/32" thick, 4" depth, 2" glass fiber							
Perf: 0.18%	0.4	0.7	0.3	0.12	0.1	0.05	Mankovsky, ref 9-4
Perf: 0.79%	0.4	0.84	0.4	0.16	0.14	0.12	Mankovsky, ref 9-4
Perf. 1.4%	0.25	0.96	0.66	0.26	0.16	0.1	Mankovsky, ref 9-4
Perf:. 8.7%	0.27	0.84	0.96	0.36	0.32	0.26	Mankovsky, ref 9-4
8" depth, 4" glass fiber							
Perf: 0.18%	0.8	0.58	0.27	0.14	0.12	0.1	Mankovsky, ref 9-4
Perf: 0.79%	0.98	0.88	0.52	0.21	0.16	0.14	Mankovsky, ref 9-4
Perf: 1.4%	0.78	0.98	0.68	0.27	0.16	0.12	Mankovsky, ref 9-4
Perf: 8.7%	0.78	0.98	0.95	0.53	0.32	0.27	Mankovsky, ref 9-4
With 7" air space plus 1" mineral fiber of 9-10 16 cu ft/lb density, 1/4" cover							
Wideband, 25% perf or more	0.67	1.09	0.98	0.93	0.98	0.96	BBC, ref 9-18
Midpeak, 5% perf	0.60	0.98	0.82	0.90	0.49	0.30	BBC, ref 9-18
Lo-peak, 0.5% perf	0.74	0.53	0.40	0.30	0.14	0.16	BBC, ref 9-18
With 2" air space filled with mineral fiber, 9-10 lb/cu ft density							
Perf: 0.5%	0.48	0.78	0.60	0.38	0.32	0.16	BBC, ref 9-18

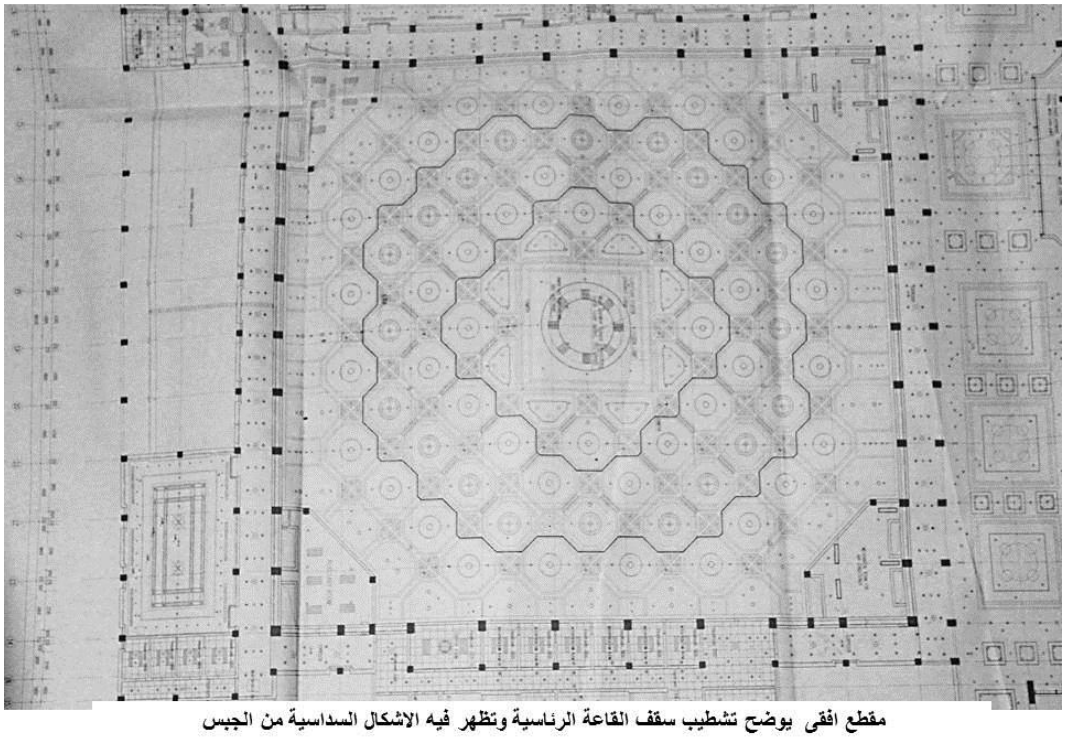
المصدر : (F. Alton Everest, 2001, 586)

ملحق (2) الخرط الأصلية لمبانى قاعة الصداقة

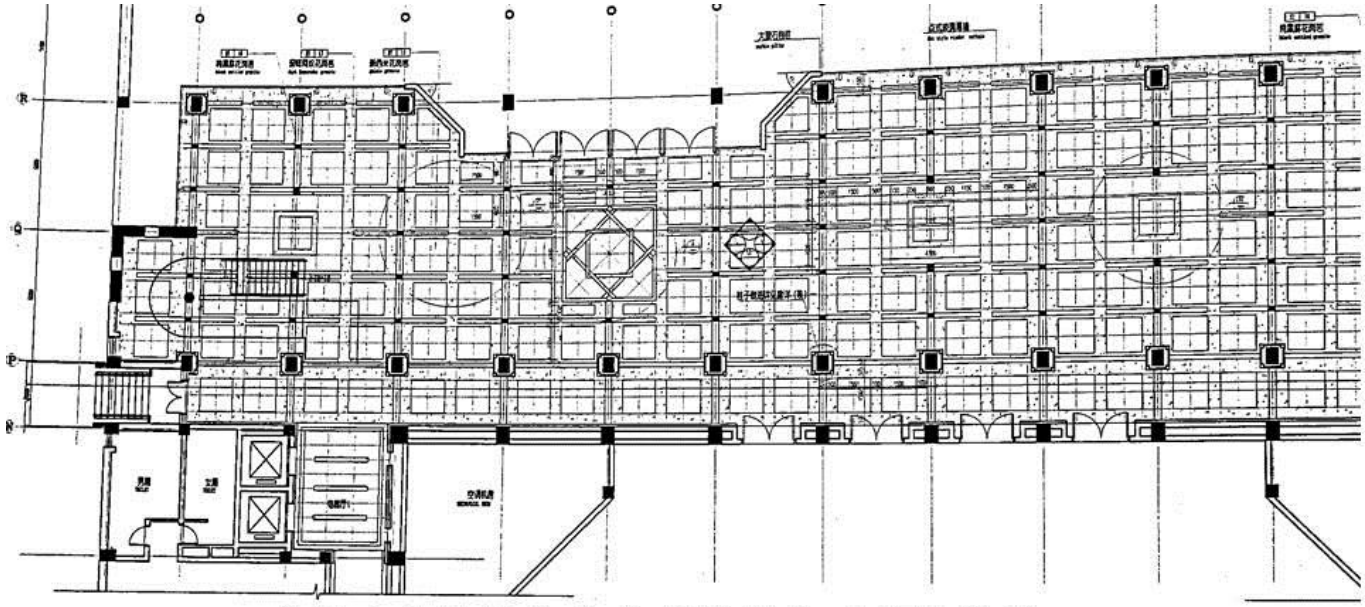
المصدر : الوحدة الهندسية لقاعة الصداقة



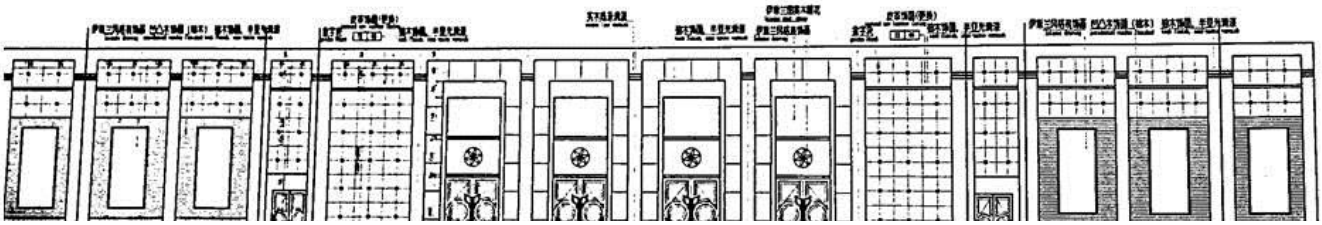
مسقط افقى لمبانى مجمع قاعات الصداقة

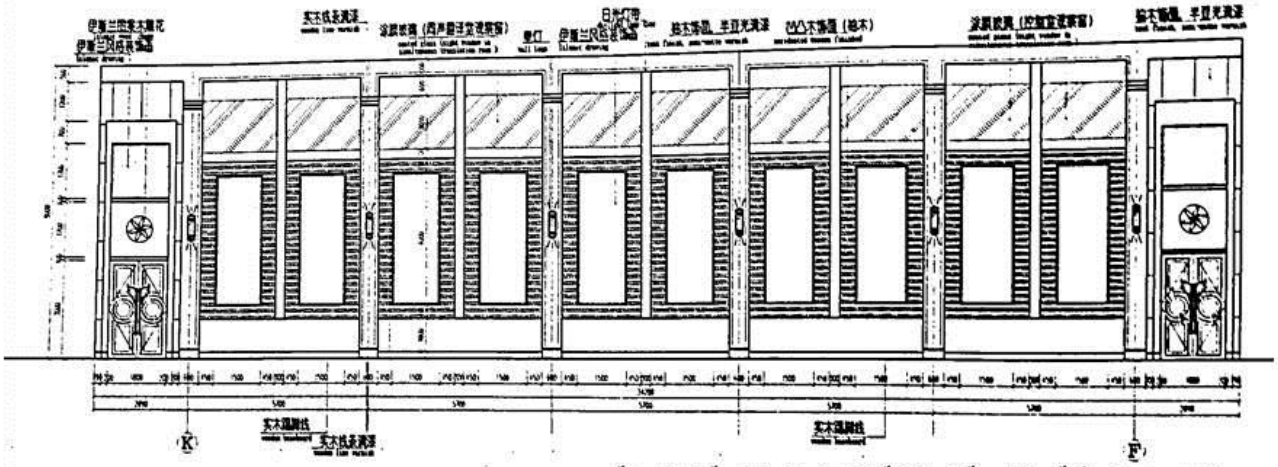


مقطع افقى يوضح تشطيب سقف القاعة الرئاسية وتظهر فيه الاشكال السداسية من الجبس

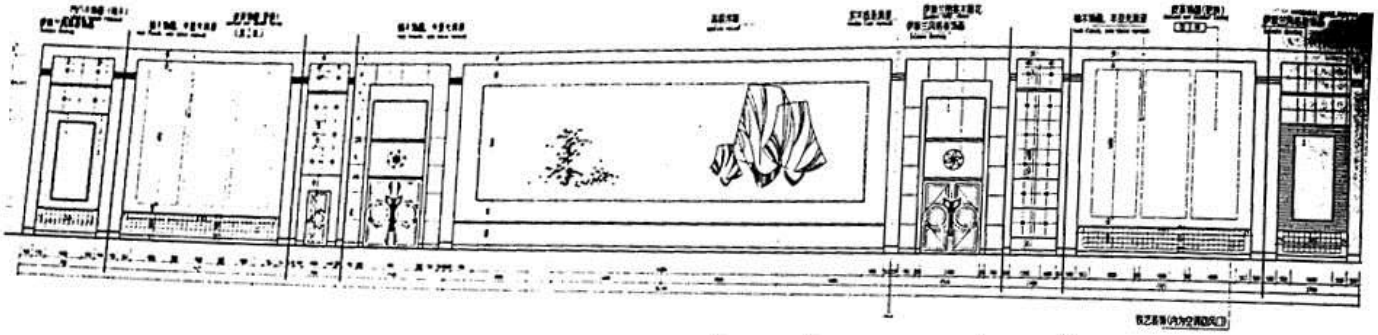


مقطع افقى لتشطيبات مدخل القاعة الرئاسية ويظهر فيها الحائط الشمالي للقاعة





الواجهه الشرقية والغربية الداخلية لتشطيبات القاعة الرئاسية



الواجهه الجنوبية الداخلية لتشطيبات القاعة الرئاسية