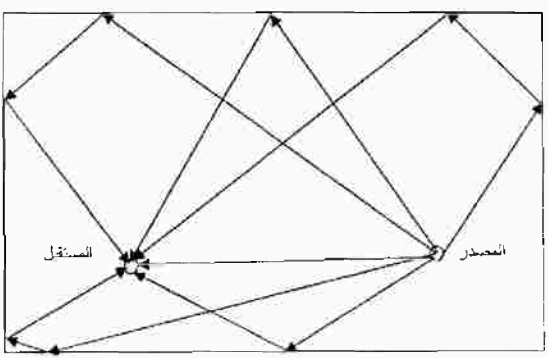
3 سمعيات البناء

سمعيات البناء تشمل عزل الصوت بين حجرات المبنى الواحد و عزل الصوت خارج المبنى من الدخول إلى حجرات المبنى. و بما أن الضوضاء تعرف بأنها الصوت الغير مرغوب فيه فيمكن القول أن الهدف من سمعيات البناء هو إخماد منسوب صوت الضوضاء داخل الحجرة بأكبر قدر.

<u>مصدر الضوضاء داخل الحجرة</u>

مثال على ذلك حجرة المكتب الكبيرة المفتوحة التي يعمل بها عدة أشخاص و كذلك عنابر الصناعة التي بها مصادر للضوضاء كالمطارق و المخارط. يصل صوت الضوضاء إلى العاملين داخل الحجرة عن طريقين هما الصوت المباشر من مصدر الضوضاء إلى العامل و الصوت الرنان الذي إنعكس على الأسطح المحددة للغرفة عدة مرات قبل وصوله إلى العامل أي المستقبل. كما هو موضح بالشكل التالي الذي يظهر بعض الإنعكاسات و ليس كلها.



الصوت المباشر و الرنان

إن شدة الصوت المباشر تضمحل بمقدار 6 ديسيبل كلما تضاعفت المسافة بين مصدر الصوت و المستقبل. بينما لا تتغير كثيرا شدة الصوت الرنان في وسط الحجرة. أما شدة الصوت الذي يحتوي على العديد من الترددات مثل ضوضاء الماكينات فإن شدة الصوت تزيد عن تلك التي في وسط الحجرة بمقدار 3 ديسيبل قريبا جدا من وسط سطح من أسطح الحجرة و 6 ديسيبل عند ملتقى سطحين من أسطح الحجرة (حائطين أو حائط والسقف أو الأرضية) و 9 ديسيبل في ركن من أركان الحجرة أي عند ملتقى ثلاث أسطح، وكل ذلك مع الإفتراض أن أسطح الحجرة لا تمتص الصوت كثيرا بحيث أنه عند نقطة الإنعكاس تتساوى تقريبا شدة الصوت الساقط مع شدة الصوت المنعكس، فيكون حاصل جمع شدة الصوت الساقط مع شدة الصوت المنعكس الضعف لكل سطح عاكس، أي الضعف عند وسط سطح من أسطح الحجرة (1 X 2) و أربع أضعاف (1 X 2 X 2)عند ملتقى سطحين من أسطح الحجرة و ثمان أضعاف (1 X 2 X 2 X 2) عند ملتقى ثلاث أسطح. و لا ننسى أن:

10 خو 2 = 3

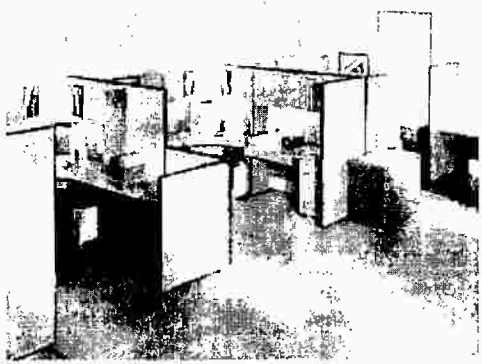
10 خو 4 = 6

10 خو 8 = 9

و لقد كان إثبات ذلك بالقياس ضمن أبحاثي بالمعهد الإتحادي للفيزياء و الهندسة في براون شفايج (ألمانيا الأتحادية) في عام 1960.

يتم إخماد الصوت الرنان في الحجرة بواسطة جعل الأسطح المحددة للحجرة أكثر امتصاصا للصوت و ذلك باستخدام المواد الماصة للصوت مثل الصوف الصناعي المغطى بألواح مخرمة لوصول الصوت إليها. علما بأن امتصاص الصوت بالطرق المعتادة لا يفني إنعكاس الصوت تماما، أي أنه دائما ما سيظل قدر من الصوت الرنان بالحجرة.

و يمكن إخماد الصوت المباشر بواسطة حائل يوضع بين المصدر و المستقبل، على أن يكون سطح الحائل ماصا للصوت لكي لا يعكس الصوت إلى من نريد حمايته من الضوضاء. و تستخدم تلك الحوائل في المكاتب الكبيرة المفتوحة التي يعمل بها عدة أشخاص ليس فقط لتخفيض منسوب الصوت الصادر من أحد العاملين مثلا أثناء مكالمته الهاتفية مسببا إزعاج زميله بالمكتب المجاور، بل أيضا لكفالة قدر و لو ضئيل من حجب النظر بين العاملين (انظر الشكل التالي).

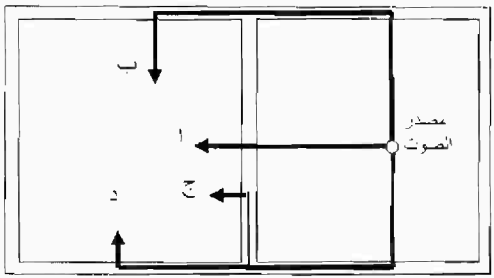


عزل الصوت بين الحجرات

ينقسم عزل الصوت بين الحجرات إلى قسمين: عزل الصوت الذي نشأ داخل الحجرة ثم انتقل عبر هوائها إلى الأسطح المحددة للحجرة و منها إلى الحجرة المجاورة ، و يطلق عليه الصوت الهوائي أو المحمول عن طريق الهواء. و عزل الصوت الصلدي أو المحمول من الصلد والذي نشأ نتيجة لإهتزاز الصلد ثم انتقل عبره إلى داخل الحجرة التي يسمع بها. و غالبا ما يكون إهتزاز الصلد بسبب دبيب الأقدام في الحجرة بالطابق الذي يعلو طابق حجرة المستقبل. كما تنشأ أحيانا إهتزازات بسطح الطريق نتيجة لمرور سيارات النقل الثقيلة تنتقل من سطح الطريق إلى أساس المبنى و منه إلى الأسطح المحددة للحجرة، و كلها أجسام صلدة. و حينما تهتز الأسطح المحددة للحجرة تسبب إهتزاز بعض محتوياتها فيهتز الهواء بالحجرة، أي أنه بالإضافة إلى الضيق الناتج عن الإحساس بالإهتزاز الجسمي يتعرض من في الحجرة إلى ضيق سمعي.

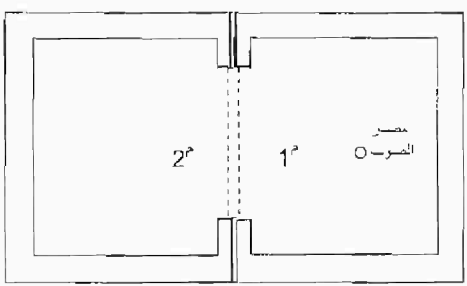
عزل الصوت الهوائي

من مصدر الصوت داخل الحجرة ينتقل الصوت عبر هوائها إلى الأسطح المحددة للحجرة و منها إلى الحجرة المجاورة كما هو موضح بالشكل التالي.



و في المعتاد فإن المسار أ هو المسار الرئيسي الذي تنتقل عبره الطاقة الصوتية إلا في الحالات النادرة التي يكون الحائط الفاصل بين الحجرتين ذو قدرة كبيرة جدا على إخماد الصوت بحيث أن المسارات الثلاث الأخرى ب ، ج ، د تنافس المسار أ في إيصال الصوت إلى الحجرة المجاورة.

يتم قياس مقدار إخماد حائط ما بوضع عينة منه مساحتها س متر مربع بين حجرتي قياس إخماد الحائط كما هو موضح بالشكل التالي.



هناك شروط عدة لمواصفات حجرتي قياس إخماد الحائط خ أهمها أن تكون الحجرتين معزولتين سمعيا بحيث أن الصوت يمر من حجرة الإرسال إلى حجرة الإستقبال فقط عبر عينة الحائط المراد قياس إخمادها للصوت. و توجد تلك الحجرات في مراكز بحوث السمعيات أو البناء مثل المركز القومي لبحوث البناء بالقاهرة.

ف= فرق منسوب الصوت بين الحجرتين = م1 – م2 [ديسيبل]

حيث

م1 =متوسط منسوب الصوت في حجرة الإرسال [ديسيبل]

م2 =متوسط منسوب الصوت في حجرة الإستقبال [ديسيبل]

خ = ف + 10 خو (س / إ2) [ديسيبل]

س = مساحة عينة الحائط المقاس [متر مربع]

إ2 = إمتصاص الصوت الكلي بحجرة الإستقبال [متر مربع]

و يلاحظ من معادلة خ أن إخماد الحائط يتناسب طرديا مع فرق منسوب الصوت بين الحجرتين و مع مساحة عينة الحائط المقاس، و يتناسب عكسيا مع إمتصاص الصوت الكلي بحجرة الإستقبال.

الجدول التالي يعطي فكرة تقريبية عن العلاقة بين إخماد الحائط والإحساس بضوضاء الجار.

إخماد الحائط [ديسيبل]	ضوضاء الجار		
	محادثة بصوت معتاد	محادثة بصوت عال	موسيقى مذاعة
30	تفهم بسهولة	تفهم بسهولة جدا	تسمع جيدا (للأسف!!!)
40	يمكن فهمها	تفهم بسهولة	تسمع
50	غير مفهومة	بعضها مفهوم	تسمع خافتة
60	غير مسموعة	غير مفهومة	غير مسموعة
70	غير مسموعة	غير مسموعة	غير مسموعة

و المعادلة الرياضية التالية تعطي قيمة حسابية لإخماد الحائط يمكن إستخدامها في حالة الحائط البسيط المكون من سطح واحد و ليس من سطح مزدوج.

كما يمكن إستخدامها لحساب إخماد النافذة المكونة من سطح واحد من الزجاج أو الباب المكون أيضا من سطح واحد.

إخماد الحائط = 20 خو (ط ت و / 420) [ديسيبل]

حيث

ط = النسبة التقريبية 3,14159

ت = التردد [هرتز]

و = وزن المتر المربع من الحائط [كيلو جرام / متر مربع]

عزل الصوت الصلدي

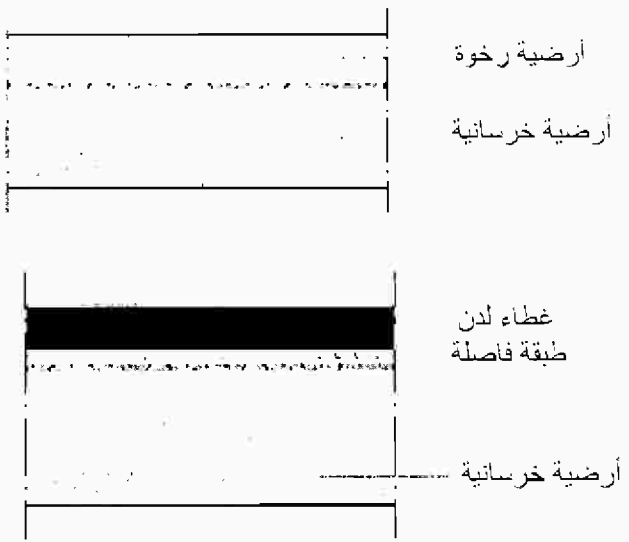
الصوت الصلدي الناشئ عن الدبيب على أرض الحجرة التي تعلو حجرة الإستقبال هو أغلب صور الصوت الصلدي. و لمعرفة مقدار عزل الصوت الصلدي للسطح المشترك بين حجرة في طابق و الحجرة اسفلها يقاس ذلك العزل بواسطة خمس مطارق لها مواصفات خاصة متفق عالميا عليها. و الشكل التالي هو لهذا الجهاز.

و بمقارنة منسوب ضوضاء المطارق الخمس الناتج في حجرة الإستقبال مع قيم المواصفات العالمية (ISO 717) يمكن الحكم على جودة عزل الصوت الصلدي. و لمن يبغي ذلك فعليه الإتصال بمراكز أبحاث السمعيات أو البناء.

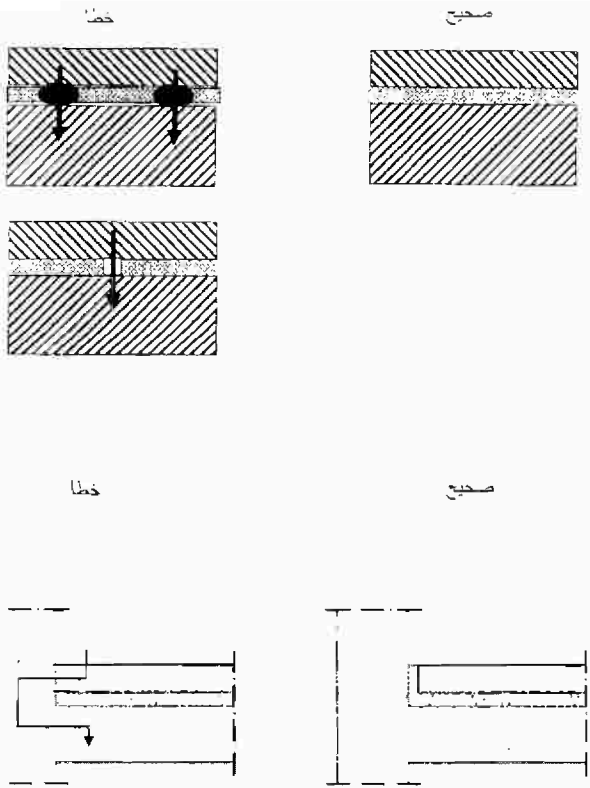
و الوسيلة المثلى لتخفيض منسوب الضوضاء الناتجة عن الدبيب هي التصميم السمعي الجيد من قبل فقيه السمعيات بالإشتراك مع المهندس المعماري و الإنشائي، أما إذا تم البناء و أصبح هناك من يعاني من ضوضاء الدبيب فالوسيلة العملية الفعالة لإخفاض

منسوب الدبيب هو فرش أرضية الحجرة العليا بمسطح من مـــادة لينة تمتص الدبيب مثل بساط سميك أو مسطح مـــن مـــادة لدنـــة مصنعة.

و الأشكال التالية تعطي أمثلة على كيفية تصميم الأرضيات التـــي تخفض منسوب الضوضاء الناتجة عن الدبيب.



أساس العزل الناجح للصوت الصلدي هو عـدم إرتكـاب الخطـأ الجسيم بعمل "دائرة قفل" ينتقل الصوت عبرها. و الأشكال التاليـة توضح الصحيح و الخطأ عند استخدام طبقة إخماد الدبيب.



و سائل معمارية توفر قدرا أكبر من العزل الصوتي

مع تقدم ركب الحضارة و ما صاحبه من ازدياد عـدد السـيارات و حركة مرورها بالطرق، و كذلك كثرة وسائل النقل الأخرى مـن طائرات و قطارات، و زيادة عدد المصانع و الـورش و غيرهـا،

ارتفع منسوب الضوضاء المحيطة بنا إرتفاعا رهيبا ، فأصبحنا نعيش وسط هذا التلوث السمعي الضار في بيئة ضوضائية.

و لعزل الضوضاء الخارجية من الدخول إلى المبنى يجب تصميم الحيطان و الأبواب و النوافذ بحيث تفقد الضوضاء جزءا كبيرا من طاقتها الصوتية أثناء تسربها عبر هذه الأسطح المحددة للمبنى. و لكن هناك حجرات يتحتم أن يكون منسوب الضوضاء بها منخفض جدا و يصعب بناء خط الدفاع الأول المكون من الحيطان و الأبواب و النوافذ ليفي بهذا الغرض، أو قد يمكن ذلك ولكن بتكلفة مادية عالية. و هنا تسعفنا طريقة بناء أجدادنا لمنازلهم: الحوش العربي الأصيل الذي عرفته أوروبا حينما بني في الأندلس. و ما أبهى تلك الأوحشة في إشبيلية القائمة حتى اليوم منافسة أوحشة دمشق التي جاء منها من عمروا الأندلس. الحوش العربي يتكون من حائط عال يحيط بالمنزل به باب واحد متين وليست به نوافذ، فيحمي من في الداخل من نظرات الذين في الخارج، كما يعزل الضوضاء. و داخل الحوش فناء به الخضرة و الماء في صورة نافورة حولها حوض. و حول هذا الفناء الداخلي توجد الحجرات المختلفة التي تطل عليه و لا تطل على الخارج. فيدخل النور و الهواء إلى الحجرات عن طريق الفناء الذي يكون منسوب الضوضاء به منخفض نتيجة لإخماد الضوضاء الفعال للحائط المحيط بالحوش.

لقد أخذ الألمان هذا التصميم المعماري الممتاز فنجد في العاصمة برلين الكثير من الأبنية القديمة المتعددة المساكن مبنية على طراز الحوش العربي، و لقد بنوا داخل الحوش عدة عمارات سكنية،

يتمتع سكان العمارات الداخلية بهدوء سمعي فلا تصلهم ضوضاء الشوارع المحيطة بالحوش.

تاريخ الحوش العربي قديم فلقد انتشرت الأحوشة التي بداخلها منازل عديدة بالمدينة المنورة كما كتب عن ذلك الدكتور تنيضب الفايدي في جريدة الرياض اليومية ، العدد 14031 بتاريخ الخميس 2 من ذي القعدة 1427هـ - 23نوفمبر 2006م.

أستوديو الإذاعة الصوتية أو المرئية يشترط فيه العزل التام لضوضاء الخارج، ولذا فيبنى في قلب البناء ولا يطل على الخارج. و أنصح بتصميم كل الأبنية بحيث تكون الحجرات الحساسة للضوضاء بعيدة عن ضوضاء الخارج. و يمكن إستغلال حجرات البناء التي بها نوافذ في واجهة البناء المعرضة لأعلى منسوب لضوضاء الخارج في جعلها حمامات و مطابخ و غيرها من الأماكن التي لا تتطلب عزلا كبيرا ضد ضوضاء الخارج. فحجرات النوم بالمنازل و المستشفيات و الفصول الدراسية بالمدارس يجب أن تكون نوافذها بعيدة عن مصادر الضوضاء.

<u>النوافذ و الأبواب</u>

تمثل النوافذ و الأبواب عموما نقاط ضعف لتسرب الضوضاء إلى داخل الحجرة. لذا يجب مراعاة تصميمها بحيث يمنع تسرب الصوت عبر الحافة أي أنها حينما تغلق فلا يمكن للهواء أن يتسرب ما بينها و الحائط. و يمكن ذلك بوضع شريط من مادة لدنة حول محيط النافذة أو الباب، و هذا لا يفيد فقط كعازل للصوتو إنما أيضا كعازلا حراريا و مانعا لدخول الأتربة.

كما أن النوافذ و الأبواب المزدوجة توفر قدرا أكبر لعزل الصوت. و الإزدواجية إما أن تكون باستخدام سطحين متوازيين يحيط بهما إفريز واحد أو باستخدام نافذتين أو بابين منفصلين بينهما مسافة صغيرة. و من التصميمات الممتازة للنوافذ تلك التي تستخدم لوحين من الزجاج المسافة بينهما صغيرة تبلغ بضع ملليمترات و لكن تفرغ المسافة بينهما من الهواء. و يمكن الحصول على أكبر قدر من عزل صوت باب بأن يوضع في مدخل الحجرة بابين منفصلين بينهما مسافة كبيرة نسبيا قد تبلغ نصف متر أو أكثر، أحدهما يفتح إلى الداخل و الثاني إلى الخارج.