

# **Camera de audiție**

**ing. Flaviu Oros**

**JF Studio Design SRL**

[www.jfstudiodesign.ro](http://www.jfstudiodesign.ro)

**Dec 2006 - Mar 2011**

Până nu demult, amenajarea unei camere de audiție sau a unei camere de vizionare (Home Cinema) și dotarea ei cu aparatură de înaltă fidelitate reprezenta visul multora dintre noi, dar costul unei asemenea aventuri putea să atingă cu ușurință sume de ordinul miilor de dolari, chiar și numai la nivelul unei instalații stereo, cele surround fiind mult mai scumpe și mai rare, puțini fiind din această cauză cei care-și puteau duce visul la îndeplinire. În ultimii ani însă, datorită evoluției spectaculoase a tehnicii de calcul, mai ales în domeniul jocurilor video și a aplicațiilor multimedia, a apărut o serie de produse audio-video periferice calculatorului, care au început să înlocuiască tot mai mult aparatura clasică HI-FI. S-a ajuns astfel la posibilitatea obținerii unei calități a sunetului și imaginii foarte bune, la prețuri reprezentând până la o zecime din prețul unui echipament clasic echivalent. Există însă desigur în continuare pe piață și aparatură de înaltă clasă calitativă (la prețuri pe măsură), ceea ce duce la situația ca în acest moment consumatorul să poată găsi aparatură pentru orice buget, asigurându-i-se oricui accesul la o calitate pe măsura pretențiilor.

Nu aceleași lucruri pozitive se pot spune și despre calitatea amenajării mediilor de audiție/vizionare, adică a camerelor dedicate acestor activități. Izolarea fonică și optimizarea răspunsului acustic al acestor încăperi sunt factori de importanță primordială în obținerea unei fidelități cât mai ridicate a proceselor de audiție, dar din păcate ele sunt în continuare ori ignorate ori abordate superficial. Lipsa încrederii în utilitatea investiției suplimentare în proiectare și optimizare acustică duce în mod frecvent la neglijarea acestor etape. În schimb se cheltuiesc în continuare sume foarte mari de bani pe îmbunătățirea aparaturii audio, obținându-se rezultate mult inferioare situației în care măcar o fracțiune din acești bani ar fi investiți în tratament acustic.

Scopul acestui articol este prezentarea pe scurt a principiilor teoretice și a unor mijloace practice prin care, cu eforturi și investiții cât mai mici, pot fi amenajate în condiții acustice cât mai bune o cameră de audiție, un home cinema sau chiar un mic home studio.

Etapele principale în amenajarea unei asemenea camere sunt izolarea fonică a interiorului încăperii față de exterior, poziționarea corectă a ascultătorului și a boxelor audio și optimizarea acustică a interiorului camerei.

## Izolarea fonică

Nivelul necesar de izolare fonică a unei camere de audiție depinde în primul rând de locația ei relativ la sursele externe de zgomot (aeroporturi, străzi circulante, curți de joacă, vecini gălăgioși, etc.) precum și de sensibilitatea vecinilor față de "gălăgia" generată în încăpere. În funcție de acești factori, tehnica de izolație fonică poate varia de la forma cea mai simplă (adică cea dată de simplii pereți ai camerei) până la forme complexe constând în mai multe straturi de materiale fonoizolante, asamblate prin tehnici speciale care urmăresc blocarea cât mai eficientă a transmisiei undelor sonore prin pereții/tavanul/podeaua camerei.

În cele ce urmează vor fi evidențiate cele mai accesibile mijloace de îmbunătățire a izolației fonice pentru o încăpere ce trebuie să fie transformată în cameră de audiție. Fără a intra în detalii teoretice complexe, vor fi enumerate câteva principii de bază în tehnica fonoizolării :

### Undele sonore sunt oprite de obstacole grele

Pentru a trece de un perete, o undă sonoră trebuie să pună în vibrație acel perete, care la rândul lui va genera o undă sonoră de cealaltă parte a lui. Cu cât masa peretelui este mai mare, cu atât va fi mai mare energia necesară punerii lui în vibrație. Cu alte cuvinte, cu cât masa peretelui (pe unitatea de suprafață) este mai mare, cu atât el va fi mai greu de pus în vibrație de către unda sonoră, iar unda generată de cealaltă parte va fi mai slabă. Teoretic, la fiecare dublare a masei unui perete se atenuază sunetul cu încă 6dB (în practică se obțin doar 4-5dB).

**Consecință** : creșterea fonoizolației se realizează în primul rând prin folosirea unor pereți cât mai groși și mai denși, precum cei din beton, piatră sau cărămidă (și nu a unor straturi de polistiren, burete sau alte materiale cu densitate mică !)

### Un orificiu într-un perete lasă undele sonore să-l traverseze

Undele sonore dintr-o încăpere se comportă ca aerul dintr-un recipient sub presiune – dacă vor găsi un cât de mic orificiu, ele îl vor străbate și vor ieși afară. Cu cât acest orificiu este mai mare, cu atât energia undelor sonore ce ies va fi mai mare, iar spectrul de frecvențe mai larg (înspre capătul inferior al benzii audio), astfel că, pentru a obține o fonoizolare cât mai bună, trebuie ca încăperea să fie închisă ermetic

**Consecință** : creșterea fonoizolației unei încăperi necesită etanșarea tuturor orificiilor din pereții ei și a îmbinărilor de la geamuri și uși.

## O rezonanță într-un perete facilitează transferul undelor sonore

Dacă între două straturi de material solid ale unui perete compus există un strat de aer, va apărea o rezonanță la o anumită frecvență (depinzând în primul rând de distanța dintre straturi și de masa lor pe unitatea de suprafață) pentru care peretele va fi traversat cu ușurință de o undă sonoră oscilând la acea frecvență. Cu cât distanța dintre straturi și masa lor cresc, cu atât frecvența de rezonanță scade. Dacă această frecvență se situează într-o zonă sensibilă urechii umane, peretele va oferi o proastă izolație fonică, astfel că este importantă deplasarea acestei frecvențe cât mai în afara spectrului audio, în speță spre valori cât mai coborâte.

**Observație :** pentru aceeași grosime totală a peretelui, se va obține o frecvență de rezonanță mai coborâtă în cazul unui singur strat de aer mai gros (și deci două straturi solide) decât în situația folosirii a două sau mai multe straturi mai subțiri de aer (separate de straturi solide).

**Consecință :** creșterea fonoizolației unui perete format din mai multe straturi solide, separate de straturi de aer, se obține prin creșterea grosimii stratului de aer și a masei straturilor solide componente, situația cea mai avantajoasă fiind cea în care se folosesc doar două straturi solide, separate de unul singur de aer.

## Fonoizolația unei încăperi este dependentă de punctele cu cele mai slabe proprietăți fonoizolante din perimetrul ei

Degeaba ne vom strădui să construim pereți adiționali din materiale scumpe, dacă geamurile sau ușile sunt prea subțiri sau nu se închid bine, pentru că undele sonore vor găsi întotdeauna căile cel mai ușor de trecut. Zonele cele mai vulnerabile vor da măsura fonoizolației pentru toată camera. Cu cât suprafețele zonelor cu izolație slabă sunt mai mari, raportat la zonele cu izolație mai puternică, cu atât fonoizolația totală a încăperii va fi mai slabă.

**Consecință:** elementele de frontieră ale unei încăperi (pereții, tavanul, podeaua, ușile, geamurile, etc) trebuie să aibă capacități fonoizolante de valori cât mai apropiate, minimizându-se suprafețele cu izolație fonică slabă.

Pereții unei locuințe tipice din zona europeană sunt destul de masivi, fiind de obicei construiți din cărămidă, beton sau alte materiale cu masă mare pe unitatea de suprafață, care asigură o izolație fonică ridicată în aproape tot spectrul audio. Pentru a crește considerabil capacitatea de fonoizolare a acestor pereți ar fi necesară suplimentarea lor cu straturi adiționale de densitate mare și grosimi substanțiale, fapt ce în majoritatea cazurilor este impractic sau chiar nerealizabil, din diferite motive cum ar fi costurile foarte mari de realizare sau risipa de spațiu util.

Realitatea este că, pentru acest tip de încăpere cu pereți masivi (spre deosebire de o cameră tipic americană având pereții din straturi de rigips), izolația fonică dată de pereți este în general suficientă pentru o aplicație gen cameră de audiție, limitările fiind impuse de fapt de elementele mai slabe precum geamurile și ușile încăperii și de alte căi auxiliare de scurgere a sunetului în încăperile învecinate.

Din acest motiv, primul pas pentru creșterea fonoizolației unei încăperi se recomandă a fi îmbunătățirea izolației geamurilor. Se va consolida contactul sticlei cu rama, folosindu-se chituri elastice sau chiar chedere de cauciuc, după care se va verifica îmbinarea ramelor cu tocul geamului, fiind necesară obținerea unei închideri cât mai etanșe. Pentru asta este în general nevoie de aplicarea unor benzi de cauciuc subțire (sau alt material spongios, în ultimă instanță chiar fâșii de burete) de-alungul îmbinărilor și de folosirea unor sisteme de închidere cât mai solide care să mențină un contact cât mai strâns al îmbinărilor.

În cazul geamurilor de tip termopan, aceste îmbinări cauciucate, împreună cu un sistem de închidere destul de performant, sunt făcute foarte bine din construcție, determinând o etanșare foarte bună. Din păcate însă, distanța prea mică (1-2cm) dintre cele două foi de sticlă specifică acestor geamuri determină apariția unei rezonanțe în zona frecvențelor mediu-joase (200-300Hz), unde urechea umană este destul de sensibilă, realizându-se practic o reducere considerabilă a fonoizolației în jurul acelei frecvențe și din această cauză folosirea geamurilor termopan nu este cea mai performantă alegere în amenajarea unei camere de audiție.

Cea mai bună soluție constă în folosirea unui sistem de două geamuri clasice, cu sticla cât mai groasă și cu o distanță cât mai mare (min. 7-8cm) între cele două foi de sticlă (ceea ce duce la coborârea frecvenței de rezonanță la valori mult mai joase și mai puțin sesizabile de urechea umană), folosindu-se metodele de etanșare a îmbinărilor prezentate mai sus.

Și în cazul ușilor, un factor esențial în obținerea unei bune izolații fonice este etanșarea îmbinărilor de jur împrejurul ușii, inclusiv la nivelul pragului. Deasemenea, sistemul de închidere trebuie să fie cât mai solid, eventual cu prindere în mai multe puncte, capabil să aplice o presiune suficientă pentru menținerea etanșă a îmbinărilor.

Ceea ce este definitiv pentru capacitatea de fonoizolare a unei uși este masa ei. Deoarece grosimea unei uși, în condiții normale, nu poate avea mai mult de câțiva centimetri, folosirea unui model gol pe dinăuntru este nerecomandată pentru că ar rezona la frecvențe mediu-joase, preferându-se folosirea unei uși masive dintr-un singur strat cât mai gros de lemn, PAL, rigips sau o combinație dintre acestea. Eventual se poate folosi o ușă normală, care se umple cu nisip și se consolidează cu straturi adiționale de PAL pe ambele părți, pentru a crește masa totală și pentru a evita bombarea placajului sub presiunea nisipului din interior.

Se va avea grijă de faptul că, datorită creșterii greutateii ușii peste limitele ei normale, s-ar putea să fie nevoie de balamale suplimentare care să preia surplusul de greutate și poate chiar și rama ușii va trebui consolidată în acest scop.

Orice orificiu din pereți (datorat trecerii unor conducte, prize electrice, etc) trebuie cu grijă înfundat cât mai bine, nu cu spuma folosită uzual la montarea geamurilor (pentru că are o densitate foarte mică și nu oprește suficient undele sonore), ci cu ceva mai dens, precum vată minerală, gips, chit sau chiar ziere umezite și presate în orificiile/crăpăturile ce trebuie etanșate.

După ce toate etapele prezentate mai sus au fost parcurse, mai rămâne de discutat un fenomen care are un efect dramatic asupra fonoizolației unei încăperi. Dacă o sursă sonoră (de exemplu o boxă audio) este amplasată într-o încăpere cu pereți rigizi, ea va transmite energie sonoră atât în aer cât și direct podelei sau peretelui pe care este sprijinită. Cuplarea directă, prin conexiunea rigidă a sursei cu podeaua/peretele va determina o transmitere foarte eficientă și la distanțe mari a undelor sonore (în special a frecvențelor joase) prin infrastructura rigidă a clădirii din care face parte încăperea. La rândul lor, pereții încăperilor din apropierea camerei originale vor transmite undele sonore în încăperile respective, ajungându-se pe această cale la transmiterea undelor sonore de frecvență joasă de la sursă până în interiorul acestor încăperi.

Concret, în cazul unei camere de audiție, asta înseamnă că sunetele de joasă frecvență generate de o boxă (în special un subwoofer) amplasată direct pe podea, vor ajunge destul de ușor în camerele vecine. Pentru a împiedica acest fenomen, este necesară decuplarea mecanică a boxei de podea, printr-o metodă care să atenueze transmiterea undelor sonore de joasă frecvență de la boxă la podea. Din acest motiv, mulți fabricanți de boxe le dotează cu piciorușe scurte și ascuțite de metal (așa numitele "spike"-uri) prin intermediul cărora boxele iau contact cu podeaua doar pe o suprafață foarte mică, reducând într-o anumită măsură energia transmisă podelei. Inșă cel mai eficient mod de a realiza această decuplare constă în intercalarea între boxă și podea a unor suspensii elastice (de exemplu bucăți de neopren sau cauciuc mai gros), care să amortizeze undele de joasă frecvență, avându-se grijă ca frecvența de rezonanță a suspensiei să fie sub frecvența minimă ce trebuie izolată, în caz contrar ea devenind un amplificator în loc de izolator în zona acelei frecvențe din spectrul semnalului. Astfel, dacă trebuie izolat un semnal de audiofrecvență ce coboară până la 30Hz, frecvența de rezonanță a suspensiei trebuie să fie sub 20Hz (trebuie să fie de cel puțin 1.5 ori mai mică). Modificarea frecvenței de rezonanță a suspensiei se realizează prin ajustarea dimensiunilor ei (a grosimii și a suprafeței de contact cu boxa) și a greutateii aplicate asupra ei.

O problemă care mai poate apărea în cazul folosirii suspensiilor elastice la boxele full-range este vibrația la frecvențe joase a boxei (și implicit a difuzoarelor de medii și înalte) din cauza lipsei unei fixări rigide, ceea ce duce în general la distorsiuni sesizabile de fază la

frecvențele medii și înalte din semnalul sonor emis. Pentru a evita acest lucru, masa boxei trebuie suplimentată considerabil, fie prin amplasarea ei pe un soclu mult mai greu (care la rândul lui se va sprijini pe suspensiile elastice), fie prin umplerea ei cu nisip, granule de plumb sau alte materiale cu densitate ridicată (dacă fabricantul boxei recomandă acest lucru).

În situația inversă cazului de mai sus, în care nu boxele voastre îi deranjează pe vecini, ci boxele vecinilor (sau alte surse de joasă frecvență, mașini, utilaje, etc) vă deranjează pe voi, situația se complică puțin. Dacă vă împăcați bine cu vecinii, aveți poate șansa să opriți răul la sursă, adică să-i convingeți să decupleze mecanic de la infrastructura clădirii sursele de zgomot deranjante (prin metodele descrise mai devreme), dar din păcate acest lucru nu va fi posibil în toate cazurile, existând situații în care nu veți putea izola perfect încăperea de zgomotele de afară, mai ales dacă locuiți într-un mediu urban zgomotos.

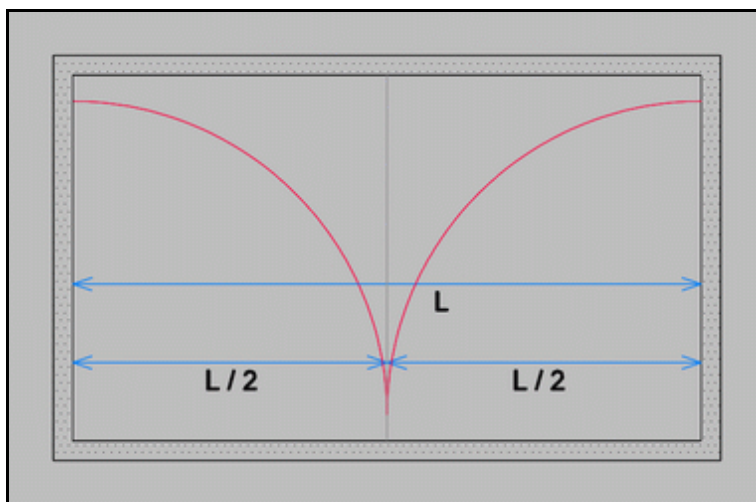
Pentru cei aflați în asemenea situații, trebuie menționat că există și procedee mai eficiente de izolare fonică a unei încăperi, dar sunt mai complicate și mai costisitoare, constând practic în construirea în interiorul camerei originale a unei alte camere („camera în cameră” sau “cameră flotantă”), ce are toate elementele (pereți, tavan, podea) decuplate mecanic de camera externă prin folosirea unor dispozitive și tehnici speciale. Astfel, se construiește o podea nouă care se sprijină de podeaua originală doar prin intermediul unor elemente de suspensie (cauciucuri speciale sau chiar arcuri de oțel), pe perimetrul ei se ridică pereți noi ce nu au nici un contact mecanic cu cei exteriori, iar pe marginea superioară a acestor pereți noi se va construi un tavan nou, care la rândul lui nu va avea nici un contact cu tavanul original. Geamurile și ușile acestor încăperi vor trebui să urmeze aceeași tehnică de realizare în două exemplare separate mecanic între ele, pentru a menține o izolație fonică ridicată. Problemele care apar la acest tip de construcție se datorează faptului că este necesară efectuarea mai multor calcule sensibile, cel mai complicat fiind de obicei determinarea distribuției greutății suportate de elementele de suspensie a podelei și dimensionarea lor, ținându-se cont atât de proprietățile fizice ale materialelor din care sunt ele compuse cât și de greutatea totală a camerei interioare (împreună cu mobilierul, aparatura și persoanele din încăpere). Executarea greșită a acestor calcule poate duce la înrăutățiri ale izolației dintre camere, atât în cazul în care elementele elastice sunt subdimensionate și se comprimă prea tare (determinând uzura lor prematură, ajungându-se în scurt timp la contact mecanic între straturi), cât și în cazul în care sunt supradimensionate și nu se comprimă suficient (rămânând rigide și generând rezonanțe la frecvențe audibile).

Acest procedeu al camerei flotante, chiar dacă este mai dificil de realizat și necesită intervenția unui specialist cu experiență, este atât de eficient încât este foarte folosit în construcția studiourilor de înregistrare audio, unde cerințele de izolare fonică sunt foarte critice.

## Optimizarea răspunsului acustic

În urma execuției corecte a procedurilor de izolare fonică a încăperii destinate audiției, se va ajunge la situația în care aproape toată energia sonoră emisă de sursele de sunet din cameră va rămâne captivă înăuntru. Dacă din punctul de vedere al separării sonore a interiorului față de exterior acest lucru este foarte bun, vom constata că, paradoxal, din punctul de vedere al răspunsului acustic al încăperii (adică al calității audiției într-o asemenea încăpere) poate deveni un lucru destul de nefavorabil, în special pentru încăperile mici (sub 50-60 de metri cubi).

În funcție de dimensiunile fiecărei camere în parte, există anumite frecvențe la care undele sonore dintre doi pereți paraleli se reflectă și se suprapun în antifază, apărând așa numitele unde staționare, care se manifestă prin formarea de-a lungul distanței ( $L$ ) dintre cei doi pereți a unor zone de maxim al nivelului presiunii sonore pentru frecvențele respective, alternativ cu zone de minim (**Fig.1**).



**Fig.1**

Deasemenea, pentru fiecare această frecvență (numită frecvență fundamentală), există frecvențe asociate (numite armonice) având valori multipli întregi ai fundamentalei, cu un număr multiplicat corespunzător de maxime și minime ( exemple în **Fig.2** , **Fig.3**).



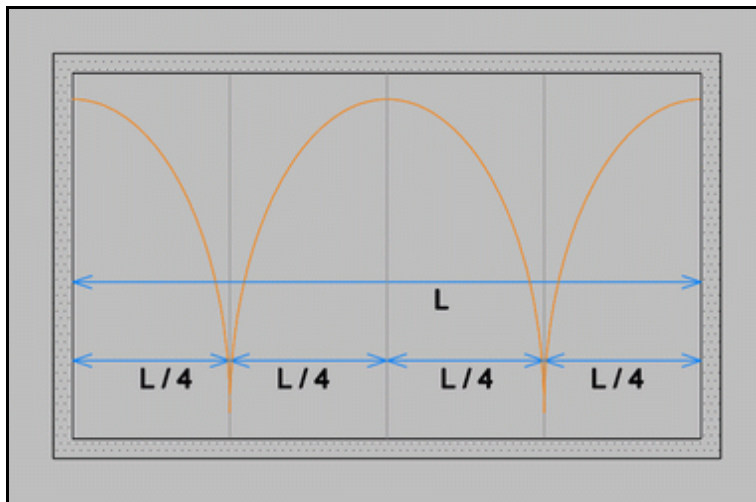


Fig.2

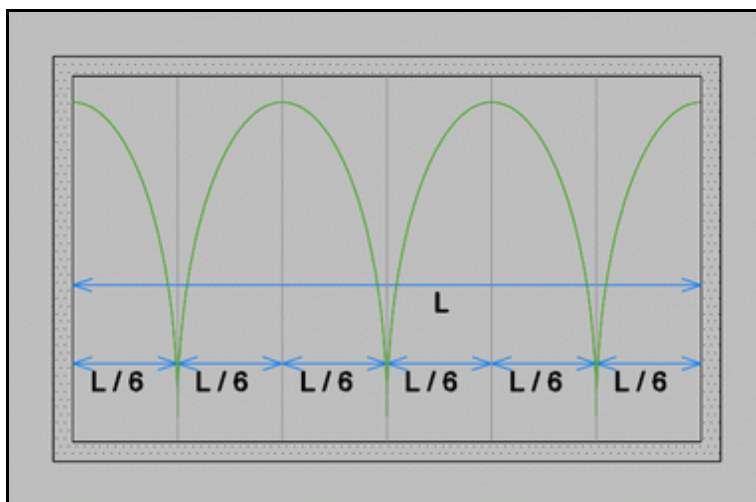


Fig.3

Pentru dimensiunile tipice ale unei camere mici (2-5m) frecvențele fundamentale la care apar aceste unde staționare au valori coborâte (30-100Hz), situându-se exact în zona de redare a difuzorului de joase (woofer-ul dintr-o boxă full-range respectiv subwoofer-ul dintr-un sistem 5.1). În momentul în care difuzorul va fi așezat în încăperea într-un punct ce este zonă de maxim de presiune pentru o anumită frecvență, el va stimula unda staționară corespunzătoare și ca urmare în cameră vor apărea locuri în care frecvența respectivă se va auzi mai tare respectiv locuri în care se va auzi mai încet. Asta înseamnă că, pentru anumite poziții ale difuzorului, vor exista zone din cameră în care unele note dintr-o melodie cântată de un contrabas (spre exemplu) se vor auzi mai tare decât celelalte, chiar dacă toate au fost emise cu aceeași intensitate sonoră de difuzor.

Consecința este că, în fiecare punct din încăperea, răspunsul acustic în frecvență va fi altul, cu denivelări față de liniaritate în special în zona de joasă frecvență (sub 250-300Hz), denivelări ce vor fi mai mult sau mai puțin pronunțate în funcție de poziția difuzorului de joase în încăperea. Într-o cameră normală, neoptimizată acustic, aceste denivelări pot ajunge la valori de peste 20dB. Ținând cont de faptul că la nivelul aparaturii (surse de redare, amplificatoare, difuzoare, ...)

neliniaritatea se încadrează de obicei în limite foarte strânse (2-3dB), aceste valori de zeci de decibeli vor constitui principala problemă în sistemul de redare.

În **Fig.4** se poate vedea răspunsul acustic la frecvențe joase al unei camere de dimensiuni mici (aprox 2m x 3.5m x 5m), măsurat cu un program de analiză acustică, pentru un difuzor amplasat într-o anumită poziție în această încăpere, iar în **Fig.5** se observă schimbarea dramatică a răspunsului în urma deplasării difuzorului în planul orizontal cu doar 20cm (poziția microfonului de măsură rămânând aceeași).

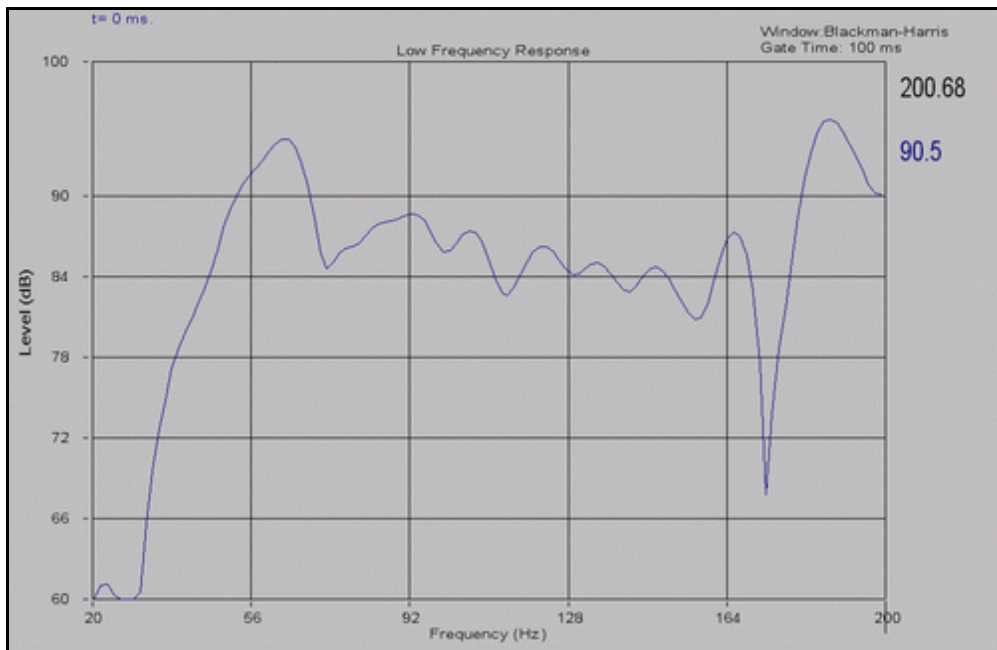


Fig.4

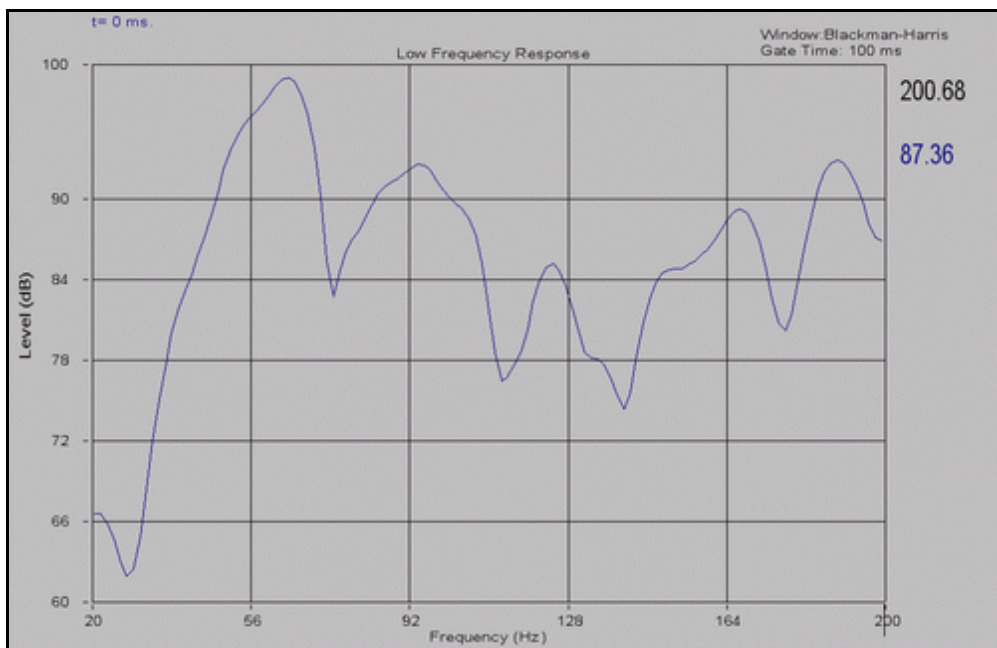


Fig.5

Pe lângă alterarea caracteristicii de răspuns în frecvență, undele staționare mai au un efect neplăcut asupra condițiilor de ascultare : în urma stimulării lor, ele persistă mult timp în încăperea (de la sute de milisecunde până la secunde întregi, în funcție de dimensiunile camerei și de gradul de fonoabsorbție al pereților) suprapunându-se peste semnalul util generat de difuzoare și dând senzația că încăperea vuieste sau “bubuie” la frecvențe joase și mediu-joase. Fiind așadar o distorsiune în domeniul timpului a semnalului original, folosirea unui egalizor grafic sau a altui dispozitiv de ajustare în frecvență pentru a remedia răspunsul sistemului nu va avea prea mare efect.

Contrar unor “mituri” care circulă prin cercurile pro-audio și audiofile, ideea că folosirea pereților neparaleli duce la eliminarea undele staționare este falsă. Undele staționare există în orice încăperea, indiferent de forma ei geometrică, dar sunt mult mai greu de calculat și de determinat pentru o cameră neregulată, decât în cazul unei camere paralelipipedice. Chiar și într-o cameră paralelipipedică, există unde staționare nu doar între doi pereți paraleli, ci și între patru pereți ba chiar între toți șase, dar acestea din urmă au o energie ceva mai mică, nefiind în general atât de deranjante cât cele dintre doi pereți paraleli.

Și tot într-o cameră paralelipipedică, dacă două sau toate trei dimensiunile ei sunt egale sau multipli întregi, undele staționare se vor suprapune la anumite frecvențe, ducând la înrăutățirea efectelor negative asupra răspunsului acustic din interior. Conform recomandărilor **EBU** (European Broadcasting Union), pentru a minimiza interferențele dintre undele staționare, dimensiunile unei camere paralelipipedice trebuie să respecte următoarele condiții :

- $[1.1W/H] < [L/H] < [4.5(W/H) - 4]$  ;
- $L < 3H$  ;  $W < 3H$  ;
- rapoartele dintre **L**, **W** și **H** să nu cadă în limitele de +/-5% ale unui număr întreg (**L** , **W** și **H** sunt lungimea, lățimea și respectiv înălțimea camerei)

Rezolvarea cea mai corectă a acestor probleme presupune pentru început găsirea unor poziții pentru difuzoare în care nici una dintre undele staționare specifice camerei respective să nu fie stimulată, ceea ce ar face ca răspunsul acustic pentru orice poziție de ascultare în cameră să fie același, fără denivelările produse de interferența undelor directe cu cele staționare. Din păcate acest lucru este practic imposibil de îndeplinit, datorită multitudinii de frecvențe la care apar unde staționare deranjante într-o cameră, astfel că în mod uzual se recurge la soluții de compromis, care constau în alegerea poziției în care stă ascultătorul și a poziției difuzorului astfel încât să fie stimulate cât mai puține unde staționare, urmată de aplicarea unor tratamente acustice de absorbție a undelor staționare ce nu au putut fi evitate prin prima metodă.

## Amplasarea boxelor în încăpere

Primul pas în acest scop va fi stabilirea orientării sistemului audio/video în cameră, adică determinarea peretelui în fața căruia se vor afla boxele principale (frontale), preferabil fiind ca ușile sau geamurile camerei să se găsească în lateralul sau/și în spatele ascultătorului. Pe axa de simetrie stînga-dreapta a camerei se va alege poziția (locația) principală de ascultare. În nici un caz această poziție nu trebuie să se găsească exact în centrul încăperii (este un punct în care își fac simțită prezența foarte multe unde staționare), ci undeva mai în spatele sau mai în fața lui, în funcție de dimensiunile și forma camerei. O poziție potrivită în acest sens, datorită slabei influențe a undelor staționare principale, este situată la o distanță de 33% - 38% din lungimea (sau respectiv lățimea, în funcție de situație) camerei, față de peretele din față sau cel din spate.

În **Fig.6** și **Fig.7** se pot vedea dispunerile boxelor într-o încăpere destinată audiției muzicale, recomandate de **EBU** pentru un sistem stereofonic și respectiv pentru un sistem surround pe cinci canale (tip **5.0 / 5.1**).

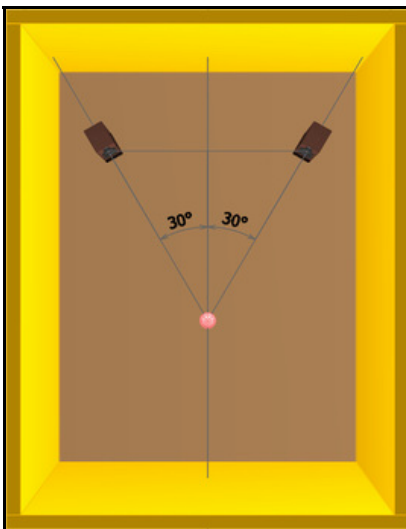


Fig.6

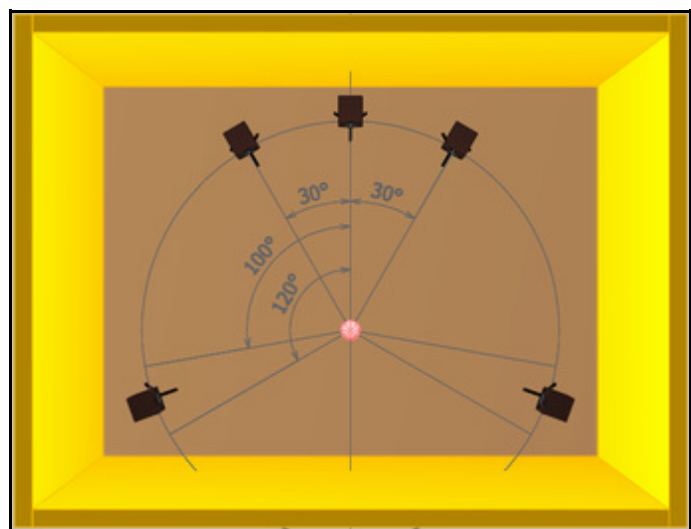


Fig.7

În cazul sistemului stereofonic, lucrurile sunt mai simple : boxele și ascultătorul ar trebui să formeze, într-o situație ideală, un triunghi echilateral cu laturile având o lungime de 2–4m. În practică însă, valorile exacte ale unghiurilor și distanțelor dintre aceste elemente depind de spațiul disponibil și de puterea boxelor, dar și de răspunsul acustic la frecvențe joase al încăperii pentru diferitele poziții ale boxelor.

Pentru determinarea pozițiilor optime în încăpere, atât pentru ascultător cât și pentru boxe, se recomandă efectuarea de măsurători acustice, care permit vizualizarea precisă a răspunsului acustic în fiecare poziție măsurată și ușurează mult alegerea celei mai bune dintre ele, oferind indicii detaliate despre problemele acustice ale încăperii.

Însă, în lipsă de echipamente corespunzătoare, se poate face și o apreciere subiectivă. Prin aplicarea pe o boxă a unui semnal sonor cu multe frecvențe joase succesive (o melodie bogată în note grave, de exemplu o piesă de jazz cu un contrabas cântând un ritm de swing) și ascultarea lui (din poziția de ascultare determinată anterior), se va căuta să se distingă diferențe de intensitate între frecvențele joase emise de boxă (notele cântate de contrabas).

Experimentul trebuie repetat pentru mai multe poziții din încăperea, deplasând boxa cu câte 15 – 20cm într-o anumită direcție pentru fiecare secvență, până când se va determina locul cel mai potrivit de amplasare a boxei, corespunzând celui mai constant răspuns în frecvență în zona joaselor. Boxa cealaltă va fi amplasată simetric (față de axa de simetrie stânga-dreapta) în cealaltă parte a camerei.

Procedeu descris se execută mai ușor în doi, când o persoană ascultă și cealaltă deplasează secvențial boxa.

În situația sistemului surround, cei cinci sateliți sunt distribuiți pe un cerc ce are ca centru locul în care se află ascultătorul, unghiurile dintre ei având valorile indicate în figură (poziția subwoofer-ului va fi discutată mai încolo). Raza acestui cerc, cu valori uzuale între 1.5 și 4 m, depinde de mai mulți factori, cum ar fi dimensiunile și geometria încăperii, puterea sateliților, sau mărimea dispozitivului de afișare video folosit (dacă acesta există) pentru a obține un unghi de vizionare cât mai ergonomic.

În situația în care nu se poate respecta așezarea circulară a sateliților, din motive de lipsă de spațiu sau chiar rațiuni estetice, se admit mici variații ale distanței față de centrul cercului, dar este recomandabilă păstrarea simetriei stânga-dreapta și este indicată operația de compensare a decalajelor de timp ce apar între semnalele sateliților (deoarece toate programele sonore surround sunt mixate în studio în condițiile standard descrise inițial), în caz contrar pierzându-se din atacul semnalelor redade, ba chiar apărând modificări sesizabile în spectrul acestora. În mod normal această operație poate fi ușor efectuată cu ajutorul reglajelor de pe decodorul Dolby, ținându-se seama de faptul că sunetul parcurge (în condiții de temperatură normală a aerului) cam 34 de cm într-o milisecundă și considerându-se ca referință boxa cea mai apropiată de poziția de ascultare. Se măsoară distanțele de la ascultător până la panoul frontal al fiecărei boxe, se determină diferențele față de cea mai scurtă distanță aflată și astfel se pot stabili întârzierile de timp introduse pe fiecare cale față de cea aleasă referință (aprox. 0,3 ms la fiecare 10 cm), urmând să se seteze valorile corespunzătoare în reglajele de Delay Time Compensation de pe decodorul Dolby (dacă acesta permite).

Dacă boxele nu sunt de tip floor-stand, se vor monta pe stativul cu care au fost livrate, sau se pot construi altele mai potrivite mobilierului camerei. Ele trebuie să fie cât mai grele și mai

solide, pentru a preveni balansarea sateliților în timpul funcționării (ceea ce ar genera ușoare voalări ale sunetului) și pentru a transmite prin contact direct cât mai puține unde sonore podelei. Înălțimea optimă la care trebuie poziționați sateliții este înălțimea la care se vor afla urechile ascultătorului, fiind admise și poziții puțin mai ridicate sau mai coborâte, în limita a 15-20°.

## **Găsirea poziției subwoofer-ului**

La fel ca în cazul sistemului stereofonic, dacă este posibil, se recomandă efectuarea de măsurători acustice pentru găsirea celei mai bune poziții. În caz contrar, se va aplica metoda “după ureche”, similară celei aplicate la sistemul stereo. Se stabilește zona în care se vor face măsurătorile, care (din motive de simetrie) poate fi redusă la un sfert din suprafața podelei (de obicei în partea din față a camerei) și se va diviza suprafața în sectoare mai mici (cu latura de 20-25cm), amplasându-se subwoofer-ul pe primul sector. Se va aplica pe subwoofer un semnal de tipul celui descris mai devreme la sistemul stereo și se vor face aceleași observații privind consistența reproducerii diferitelor frecvențe joase.

Experimentul va fi repetat pentru fiecare dintre sectoarele suprafeței stabilite, în final alegându-se poziția în care subwoofer-ul se comportă cel mai bine, în care sunetul perceput de ascultător este cel mai constant în intensitatea notelor.

Deoarece numărul de sectoare poate fi foarte mare, este mai bine să se lucreze cu grupe de sectoare, alegându-se din fiecare grupă poziția cu cel mai bun rezultat și în final să se mai facă o ascultare comparativă a pozițiilor “finaliste” pentru a fi aleasă cea mai bună dintre ele.

## **Tratamentul acustic al pereților**

Chiar dacă amplasarea difuzoarelor s-a făcut după regulile descrise mai sus, astfel încât s-a redus simțitor stimularea undelor staționare, într-o încăpere cu pereți reflectivi vor exista în continuare o mulțime de unde sonore reflectate din pereți, în special de frecvență joasă, ce se vor suprapune peste semnalul sonor util, îngreunând procesul de audiție din cameră, prin fenomene de genul reverberației excesive sau a filtrării de tip pieptene. Pentru a reduce efectele negative ale acestor reflexii vor fi folosite dispozitive de tratament acustic, amplasate în diferite puncte din încăpere în funcție de rolul lor, după cum se va vedea mai departe.

Ca să absoarbă cât mai eficient undele sonore de joasă frecvență dintr-o încăpere, dispozitivele de absorbție acustică trebuie să fie amplasate cât mai aproape de zonele în care acestea se acumulează. Cum îmbinările dintre fiecare doi pereți și mai ales colțurile încăperii sunt zonele cu cele mai mari acumulări de energie acustică de joasă frecvență, acolo vor fi și cele mai indicate locuri pentru aplicarea absorbției la frecvențe joase.

Una dintre cele mai eficiente metode în acest sens o constituie “tăierea colțurilor”, adică plasarea pe diagonală (la aproximativ  $45^\circ$ ) în colțurile camerei a unor panouri formate din plăci de vată minerală presată (se vând de obicei în baxuri a câte 5-10 plăci de dimensiunea 60cm X 100cm și grosime 5-10cm) cu densitatea între 30 și 60 kg/m<sup>3</sup>, ce vor fi acoperite ulterior cu o pânză mai deasă pentru a nu permite fibrelor să iasă în aer. Ideal este ca aceste panouri să acopere toată înălțimea camerei, de la podea până la tavan, grosimea lor trebuind să fie de minim 10-15 cm (**Fig.8**).

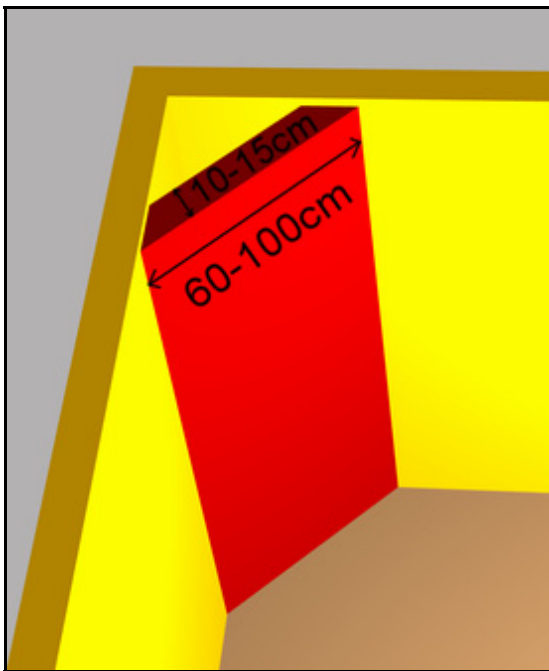


Fig.8

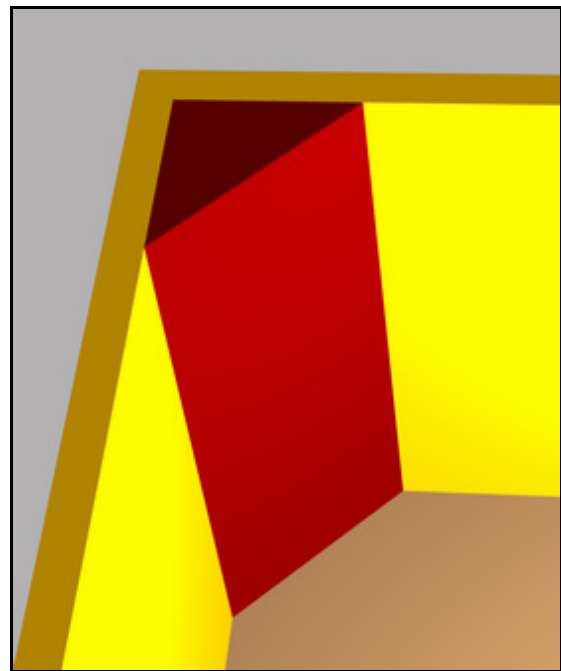


Fig.9

Se pot pune mai multe plăci de vată minerală suprapuse, dar nu se va folosi nici un adeziv între ele. Plăcile pot fi lipite direct de pereți, după ce le-au au fost tăiate marginile la  $45^\circ$  pentru un mai bun contact cu peretele, dar pentru o construcție mai solidă se poate folosi un schelet din scândură sau MDF, prins de perete, pe care se vor fixa plăcile de vată minerală, cu ajutorul unei plase de sârmă sau chiar bucăți de sfoară capsate în lemn. Spațiul de secțiune triunghiulară închis între panouri și pereți poate fi lăsat gol sau poate fi umplut la rândul lui cu vată minerală (chiar și mai puțin densă, de tip sul), pentru a îmbunătăți absorbția (**Fig.9**).

Acest tip de absorbant lucrează într-o bandă largă de frecvențe, fiind foarte potrivit pentru uniformizarea răspunsului acustic la semnale cu frecvențe joase și mediu-joase în orice încăpere. Cu cât lățimea panoului este mai mare, cu atât adâncimea cavității create este mai mare și frecvențele la care acționează sunt mai joase; pentru o lățime a panoului de 60-100cm, coeficienții săi de absorbție au valori maxime în banda de 60-120Hz, scăzând ușor pentru



frecvențele mai ridicate, dar rămânând destul de constanți până aproape de capătul superior al benzii audio.

Obținerea unor rezultate consistente în absorbția undelor de joasă frecvență din încăpere presupune folosirea a cât mai multe asemenea dispozitive de absorbție, amplasate pe cât mai multe muchii ale încăperii (**Fig.10**).

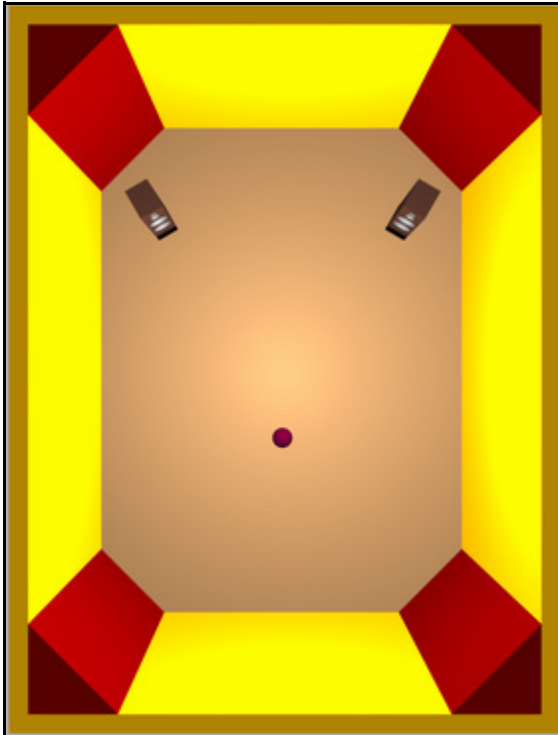


Fig.10

Dacă din diferite motive muchiile verticale nu sunt accesibile, panourile pot fi aplicate cu același succes și pe muchiile orizontale, dintre tavan și pereți (**Fig.11**).

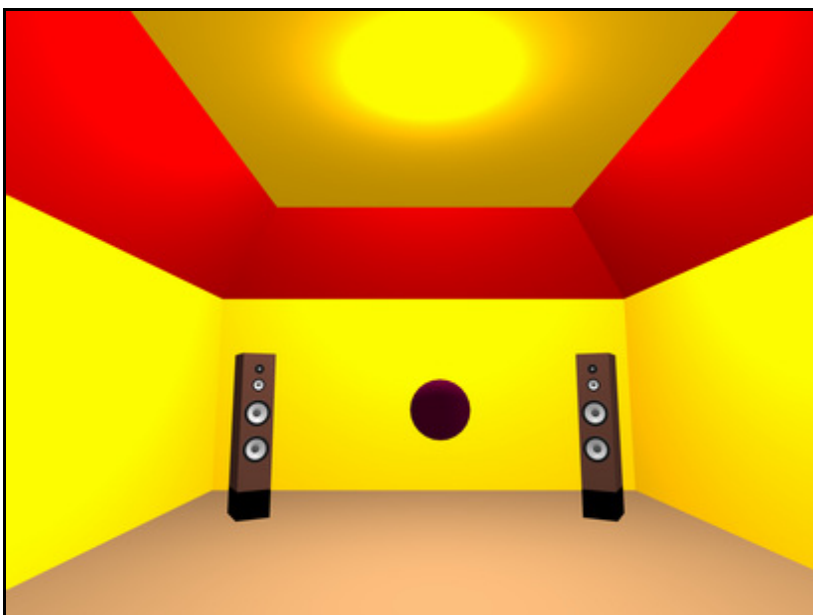
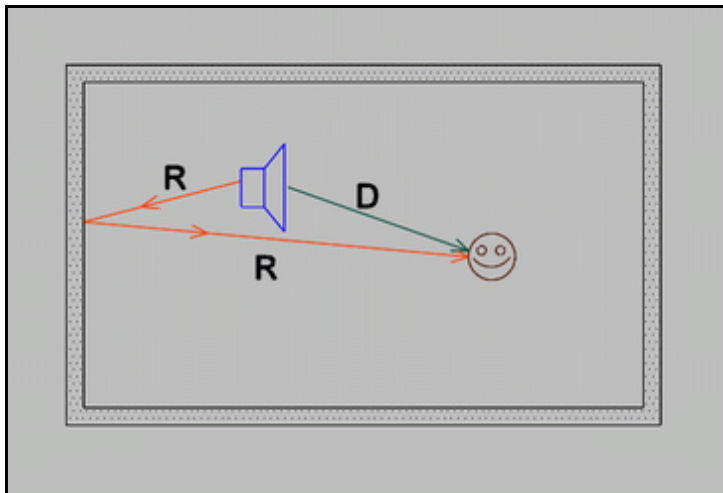


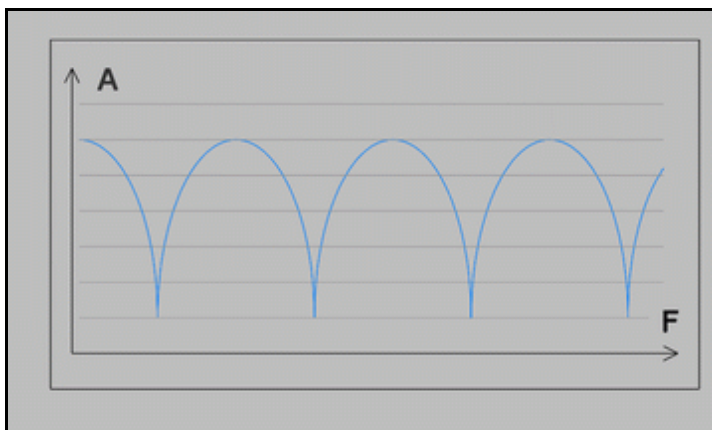
Fig.11



Un factor foarte important în răspunsul acustic al încăperii îl reprezintă distanța difuzoarelor față de pereți. În momentul în care un difuzor începe să emită unde sonore, acestea se îndreaptă în toate direcțiile (în limita directivității difuzorului), atât direct înspre locul ascultătorului cât și spre pereții din jur, din care se reflectă în continuare spre alte direcții (într-un procent mai mic sau mai mare, în funcție de proprietățile peretelui) după regulile precise ale reflexiei, astfel că un anumit fascicol de unde sonore va ajunge după un interval de timp la urechile ascultătorului și se va însuma cu unda directă sosită mai devreme (**Fig.12**).

**Fig.12**

În urma acestei însumări, în funcție de decalajul temporal dintre cele două unde și de diferența de nivel dintre ele, unda rezultată va avea forma echivalentă trecerii printr-un filtru cu multe denivelări în caracteristica de transfer (**Fig.13**), numit și filtru pieptene (eng=**Comb Filter**), semnalul sonor receptat de ascultător fiind diferit de cel original emis de difuzor.

**Fig.13**

Cu cât decalajul temporal este mai mic și cu cât nivelul sonor al undei reflectate este mai apropiat de cel al undei directe, cu atât "dinții" filtrului sunt mai înalți și mai largi, semnalul fiind deci mai distorsionat acustic. Pentru a diminua acest efect, difuzoarele trebuie poziționate cât mai departe de pereți, fapt ce duce la creșterea decalajului temporal, iar pereții trebuie tratați cu materiale fonoabsorbante în vederea reducerii nivelului undelor sonore reflectate. Cum poziționarea boxelor întâmpină, în majoritatea cazurilor, limite impuse de forma și dimensiunile

camerei, precum și de alte condiții funcționale sau estetice, cea mai eficientă metodă rămâne folosirea absorbanților acustici în zonele de pe pereții camerei unde au loc reflexiile principale.

În imaginea din **Fig.14** este reprezentată o variantă simplificată a structurii de unde sonore reflectate de pereți, fiind afișate doar reflexiile principale (reflexiile primare) corespunzătoare canalelor stânga și dreapta dintr-o instalație stereofonică (fără reflexiile din tavan și podea).

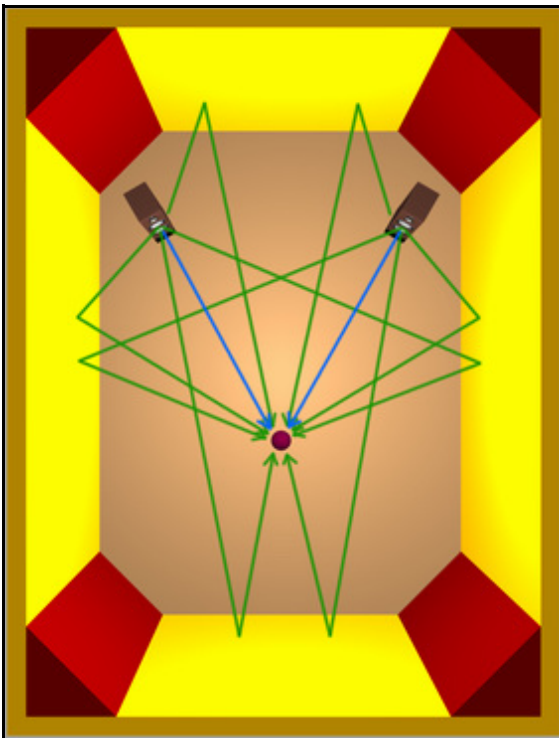


Fig.14

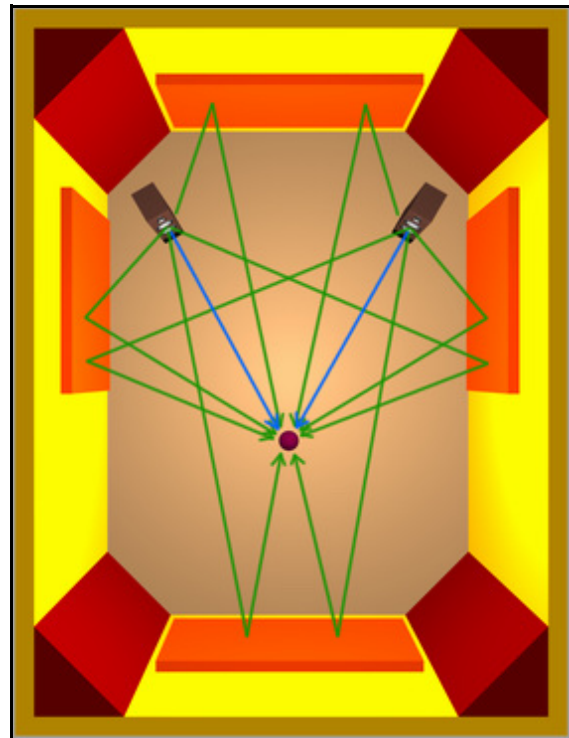


Fig.15

Se poate observa că, pe lângă modificarea timbrală a sunetului datorită efectului de “pieptene”, reflexiile mai produc și o amestecare a semnalelor canalelor stânga și dreapta la urechile ascultătorului, cu efect de deteriorare severă a imaginii stereofonice. Pe fiecare dintre pereți, în zonele supuse reflexiilor primare, vor trebui aplicate materiale fonoabsorbante (**Fig.15**), care pot consta din spumă acustică de calitate sau plăci semirigide de vată minerală acoperite cu pânză, precum cele folosite la absorbția frecvențelor joase, prezentată mai devreme. Se pot construi cadre din scândură, PAL sau placaj, în care se montează plăcile de vată minerală și se acoperă cu pânză, fiind în acest mod mult mai ușoară manipularea și amplasarea lor pe pereți.

Atenție, pentru acoperirea vatei nu se vor folosi materiale impermeabile (nylon, etc.) pentru că undele sonore trebuie să poată ajunge între fibrele vatei minerale spre a fi absorbite. Deasemenea, nu se recomandă folosirea în loc de spume acustice profesionale, având caracteristicile de fonoabsorbție cunoscute, cu buretele ordinar de saltea (profilat sau nu), găsit prin magazinele noastre, deoarece în majoritatea cazurilor are calități acustice îndoielnice, neabsorbând decât unde sonore de frecvențe medii și înalte și dezechilibrând puternic câmpul reverberant din încăpere.

Peretele frontal crează de obicei mari probleme, pentru că reflexiile generate de el denaturează foarte tare acuratețea perceperii scenei sonore stereofonice, astfel că este nevoie de o grosime cât mai mare a stratului de absorbant aplicat pe el. Practic, este nevoie de un strat de minim 10cm de absorbant (recomandat 15-20cm). În cazul pereților laterali se pot folosi și straturi mai subțiri de doar 5-10cm sau, în ultimă instanță, chiar și niște draperii mai grele cu cute adânci, care pot fi atașate pereților laterali, făcând posibilă și mascarea într-un mod elegant a unei uși sau a unor eventuale geamuri.

În ce privește peretele din spatele ascultătorului, există teorii întregi privind modul lui de tratare, dar aceste discuții se referă în general la medii de audiție mult mai pretențioase, precum studiourile de înregistrare, așa că ne vom limita să facem doar câteva observații. În situația mai des întâlnită în care distanța de la poziția de ascultare până la peretele din spate este foarte redusă, este recomandabilă aplicarea unui strat de 10-15cm de fonoabsorbant, pe o suprafață de aproximativ 1m x 1,5m din perete (exact în spatele capului ascultătorului), după modelul folosit la peretele din față.

Pentru o audiție cât mai fidelă însă, este indicat ca distanța până la peretele din spate să fie cât mai mare, recomandat fiind un minim de 3m. În cazul în care se poate atinge această condiție, nu este neapărat necesară aplicarea pe perete a unor fonoabsorbanti, ci se recomandă folosirea unor dispozitive complementare, numite difuzeri acustici, care au rolul de a sparge undele sonore în fragmente mai mici și a le reflecta într-o multitudine de direcții, creându-se un așa numit câmp de difuzie, care îmbunătățește senzația de spațialitate percepută de ascultător.

Pentru a se realiza acest efect, se poate construi un difuzer simplu de tip policilindric sau un grup de asemenea dispozitive, ca în **Fig.16**, din bucăți de placaj sau plexiglas, curbate ușor și ancorate în această formă cu ajutorul unui schelet din șipcă de lemn, sau chiar cu ajutorul unor sfori trecute prin perforații în colțurile lor. Pe perete, în spatele panoului sau chiar pe interiorul panoului, este bine să se aplice un strat subțire de fonoabsorbant pentru a amortiza rezonanțele din cavitatea creată.

Lărgirea câmpului de difuzie se poate obține prin adăugarea în jurul difuzerului a câtorva rafturi cu cărți de diferite mărimi (sau alte obiecte, CD-uri, casete, etc), pe peretele din spate și în lateral. Acum este momentul de a completa încăperea cu restul pieselor de mobilier, folosindu-se doar strictul necesar și avându-se în vedere la amplasarea lor respectarea pe cât posibil a unei simetrii stânga – dreapta.

Nu trebuie uitată nici tratarea punctelor de reflexie primară din tavan și podea, pentru acestea din urmă fiind de regulă suficient un covor gros amplasat în zona reflexiilor.

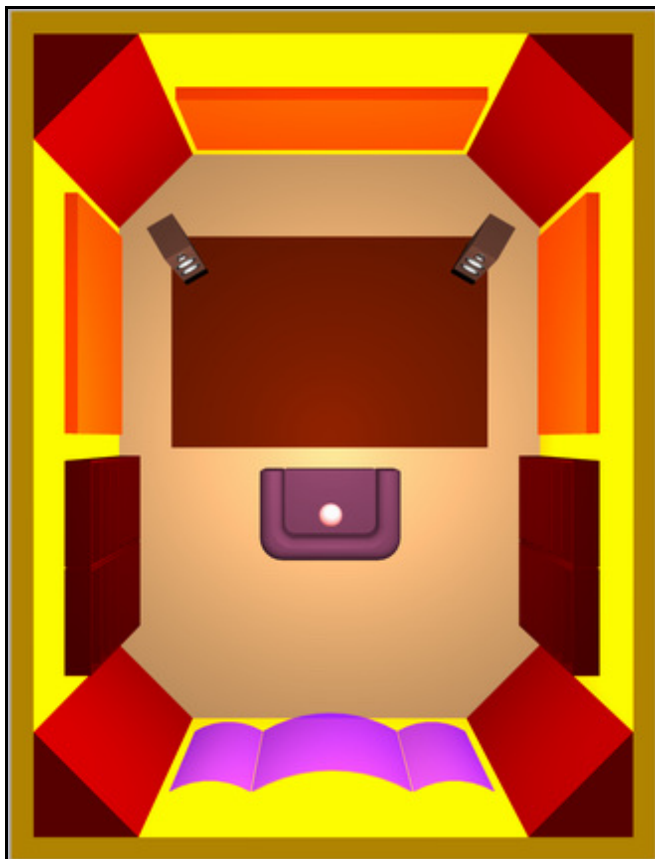


Fig.16

Într-o cameră dotată cu un sistem surround (**Fig.17**), lucrurile se petrec la fel ca în camera stereofonică, dispunerea tratamentelor acustice respectând aceleași principii, cu deosebirile de rigoare cauzate de prezența echipamentelor suplimentare (sateliți, subwoofer, ecran video, etc) și cu observația că într-o cameră dedicată vizionării de filme se preferă o ambianță acustică mai "moartă" (cu mai multă fonoabsorbție) decât într-o cameră de audiții muzicale.

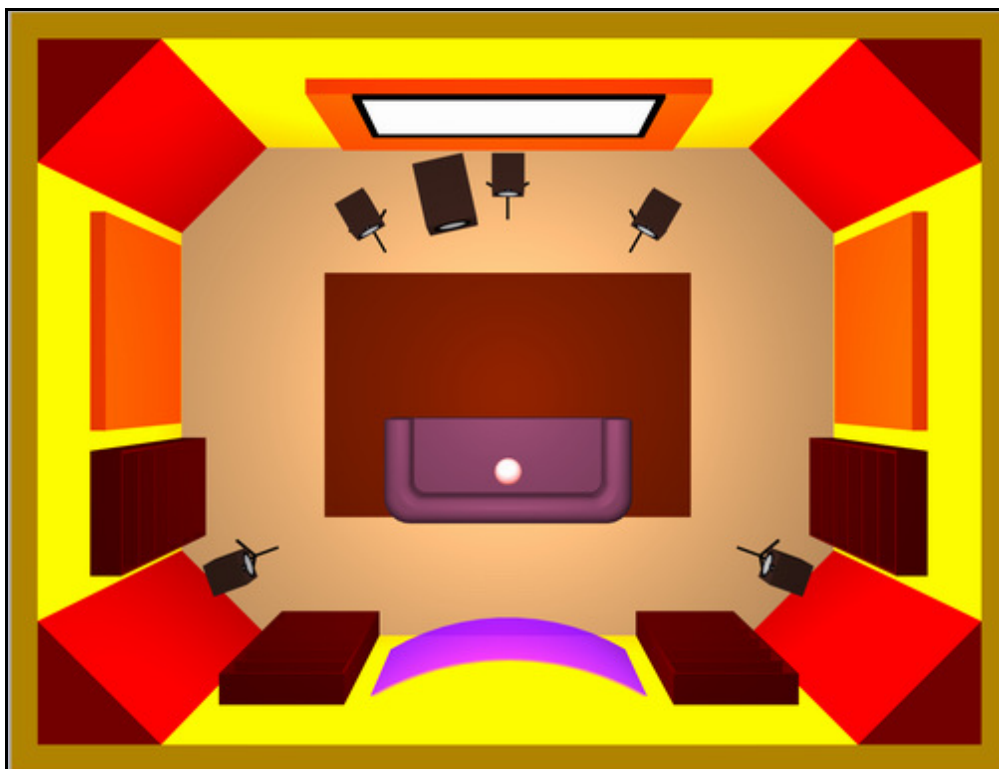


Fig.17

## Considerații finale

Desigur că situațiile descrise aici sunt oarecum ideale, pentru ușurința prezentării fiind omise din imagini prezența ușilor, a geamurilor sau a altor elemente ce ar putea perturba configurația ideală, însă acest lucru nu ar trebui să constituie o dificultate prea mare în aplicarea la situațiile concrete din realitate a tuturor principiilor teoretice prezentate în cuprinsul articolului.

La finalul tuturor acestor eforturi, veți constata cu bucurie că ați devenit posesorul unui mediu de audiție mult mai fidel și mai confortabil auzului. La redarea unui material sonor veți avea acum parte de un bas mai profund și mai consistent, de medii și înalte mai clare și mai transparente, precum și de o scenă sonoră stereofonică mult mai definită și mai lărgită, decât aveți inițial în camera netratată acustic. Explicația constă în faptul că, pe de-o parte, reducând undele staționare, sunetele joase pot să se formeze nestingerite fără să fie anulate sau exagerate (fiind posibilă acum accentuarea lor din corecțiile de ton fără probleme, dacă se dorește acest lucru), iar datorită diminuării reflexiilor din pereți și implicit reducerii efectelor de tip filtru pieptene, s-a ameliorat acuratețea spectrală a reproducerii și a crescut definiția scenei sonore stereofonice, mai ales la nivelul frecvențelor medii-înalte.

Ultimele retușuri aduse camerei pot fi de ordin estetic, după gustul fiecăruia, fiecare detaliu contând până la urmă pentru impresia generală, care trebuie să fie cât mai odihnitoare, deoarece să nu uităm că aceasta va fi o cameră recreativă, destinată unor activități cu rol de deconectare de stresurile de peste zi, fie că prin asta înțelegem vizionarea unui film, jucarea unui joc video în surround, sau chiar simpla lectură a unei cărți, pe acordurile unei muzici liniștitoare.

**Notă :** *Acest articol este o versiune actualizată a articolului "Amenajări acustice" apărut în numărul 1/2003 al revistei "Hi-Fi & Multimedia".*